



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Guilherme Alves Alcantara

**METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO 4D PARA EMPREENDIMENTOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM**

Florianópolis, SC
2017

GUILHERME ALVES ALCANTARA

**METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO 4D PARA EMPREENDIMENTOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.

Florianópolis, SC

2017

GUILHERME ALVES ALCANTARA

**METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO 4D PARA EMPREENDIMENTOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM**

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

Florianópolis, 20 de novembro de 2017

Prof.^a Luciana Rohde, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Cristine do Nascimento Mutti, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Civil Alexandre Davi Felisberto

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia de planejamento 4D para empreendimentos da construção civil utilizando a plataforma BIM, de uma forma viável de ser utilizada por empresas da construção civil. Com isso, pode-se obter planejamentos de obra com maior nível de detalhes constituindo-se em uma importante ferramenta para minimizar problemas comuns ao setor da construção civil, como baixa produtividade, extrapolação de orçamentos e prazos, retrabalhos, entre outros. A metodologia foi validada com um estudo de caso de um hotel de 8 pavimentos, para o qual foi elaborado o modelo 4D. Inicialmente elaborou-se o cronograma da obra utilizando o software Microsoft Project e, em seguida, foi desenvolvido o modelo 3D do empreendimento utilizando o Autodesk Revit. Por último, realizou-se a integração entre cronograma e modelo 3D, obtendo-se, assim, o modelo 4D no software Autodesk Navisworks. O modelo final apresenta uma visualização clara e precisa das atividades que estão em execução na obra em um determinado momento, fornecendo dados para melhores tomadas de decisão. Além disso, foi possível identificar a melhor ordem de execução das etapas necessárias para obtenção do modelo, de forma que os dados obtidos em uma etapa facilitem a execução da etapa seguinte. A modelagem 4D é viável de ser implantada nas empresas e traz benefícios claros no que diz respeito ao planejamento de obras, ajudando a combater os problemas já citados. Por fim, foi possível identificar outras ferramentas da plataforma BIM que podem trazer ainda mais benefícios ao setor da construção civil e são temas importantes para futuros estudos.

Palavras Chave: Planejamento de Obras; BIM; Modelagem 4D.

Abstract

The goal of this paper is to develop a method to create BIM 4D models of building constructions, in a feasible way to be used by construction companies. This model can provide a construction planning with greater level of detail, which is an important tool to minimize problems inherent to the construction industry, such as low productivity, extrapolation of budgets and deadlines, rework, among others. The method was validated through a case study based on the designs of an 8-storey hotel, for which the 4D model was developed. The construction schedule was elaborated first using Microsoft Project, then the 3D model of the project was developed using Autodesk Revit. Finally, the construction schedule and the 3D model were integrated, obtaining the 4D model using Autodesk Navisworks. The final model presents a clear and precise visualization of the activities that are being executed in the construction at a certain moment, providing data for better decision making. In addition, it was possible to identify the best order to execute the necessary steps to obtain the 4D model, so that the data obtained in one step makes the execution of the next step easier. Thus, 4D modeling is feasible to be implemented in construction companies and has clear benefits in terms of construction planning, helping to combat the problems already mentioned. Also, it was possible to identify other tools of the BIM platform that can bring even more benefits to the construction industry and are important subjects for future studies.

Keywords: Construction Planning; BIM; 4D Modeling.

Lista de Figuras

Figura 1 - Ciclo de Planejamento	14
Figura 2 - Planejamento de Médio Prazo	18
Figura 3 - Planejamento de Curto Prazo	19
Figura 4 – Exemplo de Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	20
Figura 5 - Gráfico de Gantt.....	23
Figura 6 - Simbologia PERT/CPM.....	24
Figura 7 - Metodologia	29
Figura 8 – Fluxograma da Metodologia Proposta.....	32
Figura 9 - Interface do Microsoft Project	42
Figura 10 - Atividades Inseridas no Microsoft Project	43
Figura 11 - Atividades com Datas Definidas no Microsoft Project	45
Figura 12 - Fundações no Modelo 3D	46
Figura 13 - Estrutura do Pavimento Térreo no Modelo 3D	47
Figura 14 - Estrutura do Pavimento Tipo no Modelo 3D	47
Figura 15 - Modelo 3D Final do Pavimento Térreo.....	48
Figura 16 - Modelo 3D Final do Pavimento Tipo	49
Figura 17 - Modelo 3D do Hotel TCC	49
Figura 18 - Interface do Autodesk Navisworks	51
Figura 19 - Interface do Autodesk Navisworks Após a Importação do Modelo 3D e do Cronograma	52
Figura 20 - Autodesk Navisworks-36ª Semana de Execução da Obra	54
Figura 21 - Autodesk Navisworks-58ª Semana de Execução da Obra	55

Lista de Quadros

Quadro 1 - Exemplo de Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	21
Quadro 2 - Exemplo de Quadro Duração-Recursos (QDR)	21
Quadro 3 - Exemplo de Quadro de Sequenciação	22
Quadro 4 - EAP - Modelo 4D.....	36
Quadro 5 - Índice de Produtividade-Armação de Sapatas e Vigas de Baldrame	38
Quadro 6 - Índice de Produtividade-Aplicação de Pintura no Teto.....	39
Quadro 7 - QDR para Serviços Preliminares e Infraestrutura	41

Lista de Abreviaturas e Siglas

BIM – Building Information Modeling

EAP – Estrutura Analítica do Projeto

WBS – Work Breakdown Structure

QDR – Quadro Duração-Recursos

PERT – Program Evaluation and Review Technique

CPM – Critical Path Method

PDM – Precedence Diagram Method

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	10
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2. Objetivos Específicos	11
1.3. LIMITAÇÕES DO TRABALHO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	13
2.1.1. Definição	13
2.1.2. Dimensões do Planejamento	14
2.1.2.1. Dimensão Horizontal.....	14
2.1.2.2. Dimensão Vertical.....	16
2.1.3. Horizontes do Planejamento	16
2.1.3.1. Longo Prazo.....	16
2.1.3.2. Médio Prazo.....	17
2.1.3.2. Curto Prazo.....	18
2.1.4. Instrumentos de Apoio à Programação de Obras	19
2.1.4.1. Estrutura analítica do Projeto (EAP).....	20
2.1.4.2. Quadro Duração-Recursos (QDR).....	21
2.1.4.3. Quadro de Sequenciação.....	22
2.1.5. Técnicas de Programação de Obras	22
2.1.5.1. Gráfico de Gantt.....	23
2.1.5.2. Redes PERT/CPM/PDM.....	23
2.2. BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM).....	24
2.2.1. Definição	24

2.2.2. Modelagem 4D	25
2.3. FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS	26
2.3.1. Microsoft Project	26
2.3.2. Autodesk Revit	27
2.3.3. Autodesk Navisworks	28
3. METODOLOGIA	29
4. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO 4D	30
5. ESTUDO DE CASO	33
5.1. O EMPREENDIMENTO	33
5.2. 1ª ETAPA - DESENVOLVIMENTO DO CRONOGRAMA.....	33
5.2.1. Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	33
5.2.2. Quadro Duração-Recursos (QDR)	37
5.2.3. Cronograma	41
5.3. 2ª ETAPA - MODELAGEM 3D	45
5.4. 3ª ETAPA - MODELAGEM 4D	50
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
6.1. DESENVOLVIMENTO DO CRONOGRAMA.....	56
6.2. MODELAGEM 3D	57
6.3. MODELAGEM 4D	57
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
7.1. SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS.....	59
Referências	61

1. INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA

Historicamente a construção civil é um setor conhecido por atrasos nas entregas das obras e por exceder a previsão de gastos dos orçamentos. E esse é um problema que não é exclusividade de pequenas construtoras ou de países em desenvolvimento. A construção do novo aeroporto de Berlin está com cinco anos de atraso e já gastou seis vezes mais do que o previsto. Nos Estados Unidos, a nova sede da Apple será inaugurada com dois anos de atraso e um custo de US\$ 2 bilhões acima do previsto.

Um estudo de 2017 da consultoria McKinsey mostrou que nos últimos 20 anos a produtividade da construção civil teve um aumento médio de 1% ao ano, enquanto que nos setores industriais cresceu 3,6%. Um levantamento da Ernst & Young realizado em 2014 apontou que os custos das principais construtoras brasileiras vêm apresentando um crescimento maior do que as receitas. Esse levantamento ainda destaca que entre as principais alavancas para reverter esse panorama estão o planejamento da execução de empreendimentos, a adoção de métodos de gestão e a melhoria dos projetos. Olhando para este cenário fica claro que empresas que conseguirem reduzir desperdícios e retrabalhos, executar os empreendimentos no prazo previsto e não exceder os custos previstos terão claras vantagens competitivas frente à concorrência.

A utilização da plataforma BIM (Building Information Modeling), uma das mais recentes soluções para o planejamento de construções, vem se mostrando eficiente na obtenção de resultados satisfatórios. O conceito dessa plataforma é a utilização de um sistema que permita integrar todos os projetos que constituem o empreendimento, armazenar informações relativas aos materiais utilizados, tempo e prazo de execução e a possibilidade de visualização do projeto em 3D.

Neste trabalho, será demonstrada a utilização da plataforma BIM para a modelagem 4D de um empreendimento, em que a quarta dimensão é referente ao tempo. Dessa forma, é possível a visualização em três dimensões do andamento da execução da obra em função do cronograma definido.

Essa possibilidade de visualização das informações facilita o entendimento do cronograma de execução da obra, tanto pela equipe gestora quanto pela equipe de

execução. Assim, é possível desenvolver soluções mais eficientes para a obtenção dos resultados e antecipar problemas que podem vir acontecer ao longo da execução.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Desenvolver uma metodologia para o planejamento 4D de um empreendimento utilizando a plataforma BIM e demonstrar a sua viabilidade através de um estudo de caso.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar o cronograma de execução do empreendimento em software de gestão de projetos que permita a importação do arquivo para softwares da plataforma BIM;
- Desenvolver o modelo 3D do empreendimento em software da plataforma BIM;
- Integrar o cronograma de execução da obra com o modelo 3D, em software da plataforma BIM, para se obter a modelagem 4D do empreendimento.

1.3. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho possui algumas limitações que serão apresentadas a seguir. É importante lembrar que o foco do trabalho é mostrar um método de desenvolvimento para modelagem 4D de um empreendimento através de um processo viável de ser utilizado no mercado da engenharia civil. Sendo assim, destaca-se que as limitações que serão apresentadas impactam apenas na precisão do cronograma do empreendimento e, conseqüentemente, do modelo 4D. Contudo, o método proposto para o desenvolvimento do modelo não sofre nenhuma influência das limitações.

A primeira limitação diz respeito aos projetos disponíveis para a realização do trabalho. Não foi possível obter os projetos de instalações hidrossanitárias, de instalações elétricas, de impermeabilização, preventivo contra incêndio e, na área externa, de estruturas em que ficarão um gerador e um reservatório de água de reuso. Dessa forma, tais itens não serão desenvolvidos no modelo e não terão a duração de suas atividades calculadas.

A segunda limitação está associada aos elementos que serão desenvolvidos no modelo 3D. O Autodesk Revit, software utilizado para o desenvolvimento do

modelo 3D, permite a modelagem de elementos construtivos – como formas e andaimes – e de elementos intermediários que compõem um elemento final – como as diversas camadas de revestimento anteriores a pintura de uma parede. Contudo, os elementos construtivos não serão modelados e os elementos intermediários serão modelados apenas quando forem essenciais. A fim de deixar o modelo 4D mais fiel à execução real do empreendimento, os elementos que não forem modelados terão suas durações consideradas, conforme será exposto de forma detalhada na metodologia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

2.1.1. Definição

Planejamento é o processo de tomada de decisão que resulta em um conjunto de ações necessárias para transformar um estágio inicial de um empreendimento em um desejado estágio final (SYAL, 1992 apud BERNARDES, 2001).

Ballard e Howell (1997, apud BERNARDES, 2001) argumentam que o planejamento consiste na identificação e seleção das atividades e na sua ordenação, para que possam ser executadas da maneira mais eficiente possível.

Para Laufer e Tucker (1987), planejamento é considerado como um processo de tomada de decisão realizado para antecipar uma desejada ação futura, utilizando para isso meios eficazes para concretizá-la. Esse processo possui os seguintes aspectos (LAUFER et al., 1988; LAUFER, 1990, apud BERNARDES, 2001):

- a) É um processo de tomada de decisão;
- b) É um processo de antecipação, para decidir o que e como executar ações em determinado ponto no futuro;
- c) É um processo para integrar decisões independentes dentro de um sistema de decisões;
- d) É um processo hierárquico envolvendo a formulação de diretrizes gerais, metas e objetivos, para a elaboração de meios e restrições que levam a um detalhado curso de ações;
- e) É um processo que inclui parte ou toda cadeia de atividades compreendendo fontes de informação e análise, desenvolvimento de alternativas, evolução e análise destas e escolhas de soluções;
- f) É um emprego sistemático de procedimentos;
- g) É a apresentação documentada na forma de planos.

Ainda é válido destacar a importância do controle para que o planejamento seja eficiente. Para Formoso (1991, apud BERNARDES, 2001), planejamento é o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle.

2.1.2. Dimensões do Planejamento

Para Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento e controle da produção pode ser dividido em duas dimensões: horizontal e vertical.

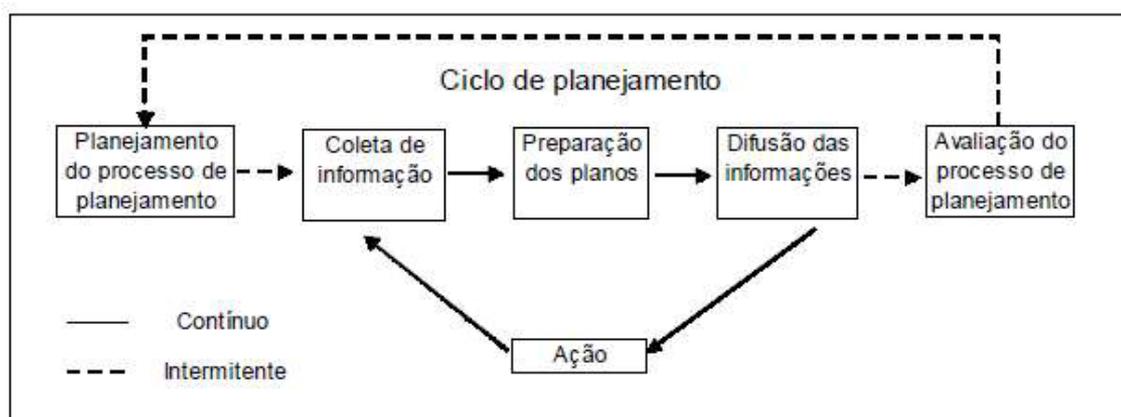
2.1.2.1. Dimensão Horizontal

Laufer e Tucker (1987) dividem a dimensão horizontal do planejamento em cinco fases:

- a) Planejamento do processo de planejamento;
- b) Coleta de informações;
- c) Preparação dos planos;
- d) Difusão da informação;
- e) Avaliação do processo de planejamento.

De acordo com Bernardes (2001), a primeira e a última etapa são intermitentes, ou seja, só acontecem em momentos específicos em função da situação vivida pela empresa com relação ao lançamento de empreendimentos, término de construções e etapas importantes da execução da obra. As demais fases formam um ciclo que ocorre de forma constante durante toda a etapa de produção. A figura 1 mostra o ciclo de planejamento.

Figura 1 - Ciclo de Planejamento



Fonte: LAUFER E TUCKER (1987)

As etapas do processo de planejamento serão brevemente descritas abaixo:

a) Planejamento do Processo de Planejamento: define-se o horizonte e nível de detalhes do planejamento, frequência de replanejamento e o grau de controle que

deve ser efetuado (BERNARDES, 2001). Tais decisões dizem respeito aos planos que irão compor o planejamento, bem como sua forma de utilização, nível de detalhamento, técnicas apropriadas para a sua construção, entre outros aspectos (HARRISON, 1985 apud FORMOSO, 1991).

b) Coleta de Informações: nesta etapa são levantadas informações para a elaboração do planejamento. Entre as informações que devem ser levantadas estão plantas, especificações técnicas, legislação e normas de construção, condições ambiente do local da obra, técnicas de execução, produtividade da mão de obra e metas a serem alcançadas. Após o início da obra a coleta de informações continua, mas com o foco nos recursos consumidos e metas alcançadas (LAUFER e TUCKER, 1987).

c) Preparação dos Planos: nesta etapa, que geralmente é a que recebe maior atenção por parte dos responsáveis pelo planejamento, são tomadas decisões utilizando técnicas adequadas para o planejamento de recursos (SOARES, 2003). Para Formoso et al. (1999), a escolha da técnica a ser utilizada deve levar em consideração as características da obra, o nível do planejamento a ser elaborado e a habilidade dos responsáveis pelo planejamento. Independente da técnica escolhida, elas devem ser hierarquizadas em função do nível de planejamento, pois cada nível possui uma função específica no processo, especialmente com relação a disponibilização e alocação de recursos (HOWELL e BALLARD, 1996 apud BERNARDES, 2001). Os níveis de planejamento serão discutidos no item 2.1.2.2 e algumas técnicas de planejamento serão apresentadas no item 2.1.5.

d) Difusão da Informação: após as informações relevantes ao planejamento terem sido coletadas e as técnicas adequadas terem sido definidas, é necessário difundir a informação às diversas partes interessadas, tais como projetistas, empreiteiros e fornecedores. Para Coelho (2003), a forma dessa difusão deve levar em consideração as características da pessoa que receberá a mensagem e a decisão da forma a ser utilizada deve partir do responsável pelo planejamento.

e) Avaliação do Processo de Planejamento: a última etapa do processo consiste na avaliação do processo de planejamento, e pode ocorrer tanto no final quanto no decorrer do empreendimento (SOARES, 2003). Para se realizar essa avaliação é fundamental o uso de indicadores para aspectos como custo, tempo de execução, produtividade da mão de obra, qualidade do produto, qualidade de

fornecedores, entre outros. Como resultado desse processo, espera-se a identificação de problemas e desenvolvimento de soluções para resolvê-los. Para Bernardes (2001), é fundamental que as ações identificadas sejam efetivamente implementadas.

2.1.2.2. Dimensão Vertical

Conforme discutido quando se explicou a etapa de Preparação dos Planos da dimensão horizontal, é necessária uma hierarquia entre os níveis pois cada um deles possui objetivos diferentes. Dessa forma, define-se os níveis de planejamento em estratégico, tático e operacional

a) Nível Estratégico: neste nível são definidos o escopo e as metas que devem ser alcançadas (SHAPIRA e LAUFER, 1993 apud BERNARDES, 2001). Ou seja, é necessário pensar no perfil do cliente para definir as características do produto a ser vendido, no caso da construção civil, o empreendimento. Para Coelho (2003), nesse nível ainda é necessário definir as estratégias para se atingir os objetivos do empreendimento, como prazo de execução da obra e financiamentos.

b) Nível Tático: refere-se à aquisição dos recursos necessários (como materiais e mão de obra) e à elaboração de um plano para utilizar, armazenar e transportar esses recursos (COELHO, 2003).

c) Nível Operacional: neste nível é realizada uma programação detalhada da produção para permitir o seu controle a curto prazo (HOPP e SPEARMAN, 1996 apud AKKARI, 2003).

2.1.3. Horizontes do Planejamento

Além da divisão do planejamento entre as dimensões horizontal e vertical, ainda é necessário definir os diferentes horizontes de tempo para elaboração do planejamento. São eles: longo prazo, médio prazo e curto prazo.

2.1.3.1. Longo Prazo

Para Coelho (2003), o planejamento de longo prazo está associado aos níveis estratégicos e táticos. Coelho (2003) ainda salienta que esse horizonte de tempo engloba decisões relativas a datas de conclusão de grandes etapas, fluxo de caixa e contratos.

O resultado desse planejamento é chamado de plano mestre. Esse plano deve descrever todo o trabalho a ser executado através de metas gerais e se destina a alta

gerência do empreendimento, além de gerentes do setor financeiro e de produção. (TOMMELEIN e BALLARD, 1997 apud BERNARDES, 2001).

2.1.3.2. Médio Prazo

O planejamento de médio prazo está associado exclusivamente ao nível tático. Ele deve ser elaborado com o objetivo de identificar, a partir do plano de longo prazo, as atividades previstas para as próximas semanas ou meses e garantir que elas sejam executadas (COELHO, 2003). O tempo compreendido pelo planejamento de médio prazo pode variar em função da complexidade da obra e do nível de incerteza envolvido.

Para garantir que as atividades sejam executadas deve-se identificar os recursos que são necessários, quantificar os que já estão disponíveis no canteiro e avaliar possíveis restrições ao desenvolvimento das atividades (TOMMELEIN e BALLARD, 1997 apud BERNARDES, 2001).

Além dos objetivos já citados, o planejamento de médio prazo ainda pode ter outras funções (BALLARD, 1997 apud BERNARDES, 2001):

- a) Modelar o sequenciamento do fluxo de trabalho para facilitar que os objetivos sejam atingidos;
- b) Analisar o fluxo de trabalho de forma a identificar os recursos necessários e a sua carga de trabalho;
- c) Ajustar os recursos disponíveis ao fluxo de trabalho;
- d) Planejar o trabalho de maneira conjunta agrupando trabalhos interdependentes;
- e) Identificar atividades que podem ser executadas em conjunto por diferentes equipes de produção;
- f) Avaliar pacotes de trabalho alternativos para serem executados em caso de problemas para a execução dos pacotes já definidos.

A figura 2 mostra um exemplo de planilha utilizada para o planejamento de médio prazo.

Figura 2 - Planejamento de Médio Prazo

Obra: PORTO PRÍNCIPE Engenheiro: José Mestre: João Data:01/01/1999 Folha: 01																											
ATIVIDADES	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T	NECESSIDADES		
Equipe: Hélio e Miguel																											
PISO CERÂMICO APT. 201 E 202	X	X	X	-	X	X																			Mat. No canteiro até 30/08		
AZULEJO APT. 301							X	X	X	-	X	X													Preparar azulejo até 08/09		
AZULEJO APT. 401													X	X	X	-	X	X							Contratar + 1 azulej. Até 12/09		
AZULEJO APT. 403																			X	X	X	-	X	X	Necessidade.....		
Equipe: Pintores																											
1ª demão apts. 203 e 204							X	X	X	-	X	X													Necessidade.....		
Massa corrida apts. 304													X	X	X										Necessidade.....		
2ª demão apt. 404																			X	X	X	-	X	X	Necessidade.....		
1ª demão apt. 202 e 203	X	X	X	-	X	X																			Necessidade.....		
Massa corrida portaria																			X	X					Necessidade.....		

Fonte: BERNARDES (2001)

2.1.3.3. Curto Prazo

O planejamento de curto prazo está relacionado ao nível operacional. Nesse planejamento é decidido em conjunto com os responsáveis pelas equipes de produção os pacotes de trabalho que devem ser executados, bem como sua sequência, cargas de trabalho e prazo de execução (TOMMELEIN e BALLARD, 1997 apud COELHO, 2003).

Na sua elaboração é necessário proteger a produção contra os efeitos da incerteza através da escolha de pacotes de trabalho passíveis de serem executados (BALLARD e HOWELL, 1997 apud BERNARDES, 2001). Para isso, apenas são liberados para execução planos de trabalho cujos requisitos de precedência foram satisfeitos (COELHO, 2003).

Por último, ainda é necessário, ao final de cada ciclo, realizar um controle dos pacotes de trabalho não realizados e identificar suas causas para que os problemas sejam solucionados nos próximos ciclos (BERNARDES, 2001).

De forma sintética, Ballard e Howell (1997, apud BERNARDES, 2001) apresentam os requisitos que devem ser cumpridos para se realizar um bom planejamento de curto prazo garantindo que os pacotes de trabalho sejam realizados:

a) Definição: deve ser definido de forma clara o tipo e a quantidade de material a ser utilizado para que seja possível se identificar claramente o término da atividade;

b) Disponibilidade: os recursos necessários para a execução das atividades devem estar disponíveis quando requisitados;

c) Sequenciamento: os pacotes de trabalho devem ser definidos considerando a sequência de construção do empreendimento como um todo para garantir a continuidade do trabalho das equipes de produção;

d) Tamanho: o tamanho dos pacotes selecionados deve estar de acordo com a produtividade das equipes de produção;

e) Aprendizagem: deve ser feito o controle dos pacotes não completados, com a identificação das causas do atraso para que se possa definir pacotes passíveis de serem atingidos nos próximos ciclos.

A figura 3 mostra uma planilha utilizada para o planejamento de curto prazo.

Figura 3 - Planejamento de Curto Prazo

LISTA DE TAREFAS SEMANAIS								
Semana: <u>21/07 a 25/07</u>				Mestre: <i>Alberi</i> Engenheiro: <i>Carlos</i>				
Tarefa	S	T	Q	Q	S	S	OK	Problemas
<i>Colocação das fôrmas do 4º pavimento</i>	6	6	6	6			X	OK!
<i>Desformar 2º pavimento</i>		4	4	4	4		X	OK!
<i>Alvenaria área 1 do 1º pavimento</i>			3	3	3			<i>Faltou Material</i>

Fonte: Adaptado de BERNARDES (2001)

2.1.4. Instrumentos de Apoio à Programação de Obras

Para elaboração do plano mestre da obra, representado pelo cronograma, é necessário a utilização de algumas ferramentas de apoio que serão definidas a seguir.

2.1.4.1. Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

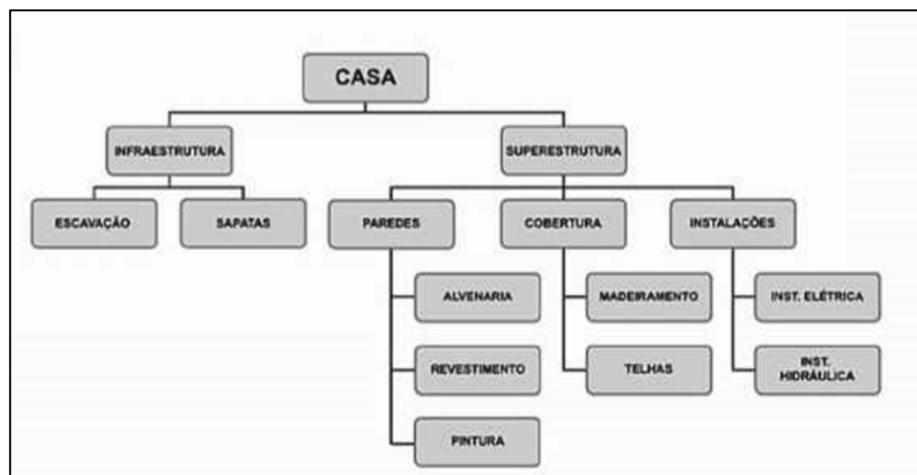
De acordo Mattos (2010), para se planejar uma obra é necessário realizar a sua decomposição, ou seja, subdividi-la em partes menores. A estrutura hierarquizada dessa decomposição resulta na Estrutura Analítica do Projeto (EAP), também conhecida como Work Breakdown Structure (WBS).

O trecho a seguir descreve o procedimento para elaboração da EAP:

O nível superior da EAP representa o escopo total. Nesse nível há apenas um item — o projeto como um todo. A partir desse nível, a EAP começa a se ramificar em tantos galhos quantos forem necessários para representar as grandes feições do projeto. Em seguida, cada "caixinha" do segundo nível é desdobrada em seus componentes menores no terceiro nível e assim sucessivamente. Cada nível representa um aprimoramento de detalhes do nível imediatamente superior. À medida que a EAP se desenrola, os pacotes de trabalho se tomam menores e mais bem definidos. Assim, torna-se mais fácil atribuir uma duração e identificar a tarefa no campo para controlar seu avanço. (MATTOS, 2010)

A figura 4 mostra a EAP de uma casa.

Figura 4 – Exemplo de Estrutura Analítica do Projeto (EAP)



Fonte: MATTOS (2010)

Para projetos maiores, com muitos níveis e pacotes de serviço, costuma-se representar a EAP em forma de tabela. O quadro 1 mostra a mesma EAP já apresentada, apenas representada de outra forma.

Quadro 1 - Exemplo de Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Atividade	
0	Casa
1	1 Infraestrutura
2	1.1 Escavação
3	1.2 Sapatas
4	2 Superestrutura
5	2.1 Paredes
6	2.1.1 Alvenaria
7	2.1.2 Revestimento
8	2.1.3 Pintura
9	2.2 Cobertura
10	2.2.1 Madeiramento
11	2.2.2 Telhas
12	2.3 Instalações
13	2.3.1 Instalação elétrica
14	2.3.2 Instalação hidráulica

Fonte: MATTOS (2010)

2.1.4.2. Quadro Duração-Recursos (QDR)

O Quadro Duração-Recursos (QDR) é uma planilha que indica a duração e a quantidade de recursos necessários para cada atividade da obra. Duração é a quantidade de períodos de trabalho necessários para se executar cada atividade, sendo mais comum definir o período de trabalho como 1 dia (MATTOS, 2010). Já os recursos, são a quantidade de equipes necessárias para executar a atividade, bem como a quantidade de funcionários que compõem cada equipe. O quadro 2 mostra a estrutura do QDR.

Quadro 2 - Exemplo de Quadro Duração-Recursos (QDR)

ATIVIDADE	UN	QTDE	EQUIPE BÁSICA					ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES	RECURSOS						
			Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Ajudante	Serveite						Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Ajudante	Serveite		

Fonte: MATTOS (2010)

Para o preenchimento do quadro, calcula-se os dias da equipe básica – duração da atividade executada por uma única equipe – em função da quantidade da atividade a ser executada, da jornada diária de trabalho e do índice da equipe –

quantidade executada em uma unidade de tempo. Em seguida, adota-se uma duração desejada e se determina a quantidade de equipes necessárias para se executar a atividade na duração desejada. Contudo, conforme Mattos (2010), não se pode aumentar indefinidamente o número de equipes pois se esbarra na limitação física para alocação de tantas equipes.

2.1.4.3. Quadro de Sequenciação

Para entender o quadro de sequenciação é necessário entender primeiramente os conceitos de precedência e predecessora. Precedência é a sequência lógica das atividades, ou seja, a ordem em que elas ocorrem e a relação de dependência entre elas (MATTOS, 2010). Ainda de acordo com o autor, as predecessoras de uma atividade são aquelas que devem necessariamente estar concluídas para que a atividade em questão possa se iniciar.

A definição das precedências de uma obra é uma etapa fundamental do planejamento pois o cronograma final é afetado pela sequência de execução das atividades (MATTOS, 2010).

O quadro de sequenciação é uma tabela que mostra as atividades e a relação de dependência entre elas, como mostrado no quadro 3.

Quadro 3 - Exemplo de Quadro de Sequenciação

<i>Código</i>	<i>Atividade</i>	<i>Predecessoras</i>
A	Locação da fundação	—
B	Escavação da fundação	A
C	Montagem das fôrmas	B
D	Obtenção do aço	—
E	Preparação da armação	D
F	Colocação da armação	C, E
G	Mobilização da betoneira	—
H	Concretagem	F, G

Fonte: MATTOS (2010)

2.1.5. Técnicas de Programação de Obras

As ferramentas de apoio já mostradas fornecem informações importantes à programação da obra, como a lista de atividades, suas durações e relações de dependências. A partir dessas informações é possível realizar a programação propriamente dita, obtendo o plano mestre da obra.

Para Prado (2002), nenhuma das técnicas de programação é completa a ponto de ser, individualmente, um elemento de programação eficiente. Assim, o uso conjunto de diferentes técnicas pode melhorar a eficácia da programação (SCHMITT, 1992 apud PRADO, 2002).

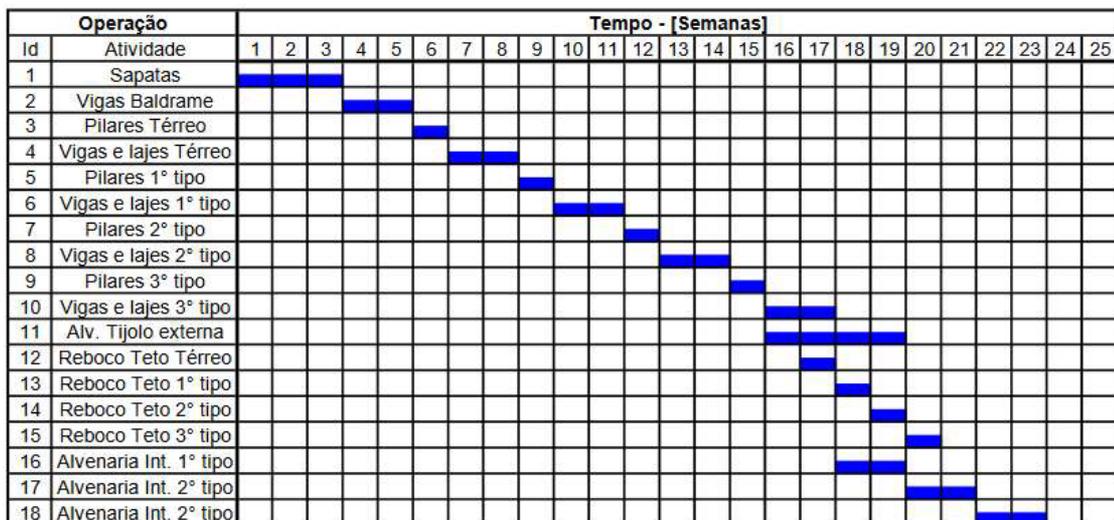
A seguir serão apresentados o Gráfico de Gantt e as Redes PERT/CPM/PDM.

2.1.5.1. Gráfico de Gantt

Essa técnica foi desenvolvida pelo engenheiro norte americano Henry L. Gannt, em 1913 para ser aplicada na produção fabril. Mais tarde, na década de 1930, passou a ser utilizado pela construção civil.

A técnica consiste na utilização de um gráfico com barras horizontais, que representam as atividades. No eixo vertical se tem as atividades que compõem o projeto e no eixo horizontal se tem as durações em escala de tempo (PRADO, 2002). A figura 5 representa um exemplo de Gráfico de Gantt.

Figura 5 - Gráfico de Gantt



Fonte: SILVEIRA (2005)

2.1.5.2. Redes PERT/CPM/PDM

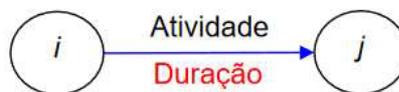
O método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) foi desenvolvido em 1957 por uma empresa de consultoria norte americana em parceria com a Marinha dos Estados Unidos, para ser utilizado na produção de mísseis do Projeto Polaris (MATTOS, 2010).

O método CPM (*Critical Path Method*) foi criado pela companhia DuPont, também em 1957, com o objetivo de aprimorar a programação de projetos relacionados à produtos químicos (PRADO, 2002).

Os dois métodos possuem estrutura semelhante, sendo assim denominados PERT/CPM (SILVEIRA, 2005). Ainda de acordo com o autor, a principal diferença entre eles está na forma de determinar a duração das atividades: o método PERT analisa de forma estatística a duração média de cada atividade; já o CPM assume que a duração de cada atividade é conhecida.

A simbologia do PERT/CPM, também conhecido como método americano ou método das flechas, é caracterizada por uma circunferência “i” que representa o evento inicial da atividade representada pela seta, e uma circunferência “j” que representa o evento final da mesma atividade (SILVEIRA, 2005). A figura 6 mostra a simbologia PERT/COM.

Figura 6 - Simbologia PERT/CPM



Fonte: SILVEIRA (2005)

Além dos métodos para elaboração de diagramas de rede já apresentados existe também o PDM (*Precedence Diagram Method*), também conhecido como método francês ou método dos blocos. Esse método foi desenvolvido em 1964 por Bernard Roy, professor da Universidade de Sorbonne, com o objetivo de simplificar o método CPM possibilitando a determinação das durações através de índices probabilísticos ou determinísticos (PRADO, 2002). Na simbologia deste método os nós representam as atividades e as setas indicam apenas as relações de precedência (ÁVILA, 2002 apud SILVEIRA, 2005).

2.2. BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

2.2.1. Definição

Para o Comitê Nacional de Qualidade BIM dos Estados Unidos, BIM é uma representação das características físicas e funcionais de uma instalação. Ainda de

acordo com o Comitê, é uma plataforma que permite a colaboração de diferentes partes interessadas, em diferentes fases do ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção até a demolição, para inserir, extrair ou atualizar informações com o objetivo de gerar uma base de dados confiável para subsidiar a tomada de decisão.

Para Mordue (2016), BIM é um processo para combinar informações e tecnologia a fim de criar uma representação digital de um projeto que integre dados de diferentes fontes e evolui em conjunto com o ciclo de vida do projeto real.

Com a utilização da plataforma BIM no projeto de um empreendimento é possível se obter diversos benefícios, conforme destacado por Eastman (2008). Alguns deles são mostrados abaixo:

a) Facilidade de trabalho simultâneo por profissionais responsáveis por diferentes partes do projeto, reduzindo o tempo necessário para sua elaboração e o número de erros presente;

b) Possibilidade de visualização antecipada das áreas dos espaços e da quantidade de materiais possibilitando que as estimativas de custo ocorram mais cedo e sejam mais precisas;

c) Sincronização entre projeto e planejamento através da vinculação das etapas do cronograma aos elementos 3D, possibilitando a simulação do processo de construção e a visualização da construção e do canteiro em qualquer momento da obra;

d) Detecção de interferências entre elementos de diferentes projetos com a possibilidade de coordenação entre os projetistas para solucionar as incompatibilidades;

e) Levantamento preciso das quantidades de materiais necessários em um empreendimento.

2.2.2. Modelagem 4D

A modelagem 4D consiste em vincular o modelo 3D ao cronograma do projeto, de forma que cada objeto seja associado a uma data de início e de término da sua execução (EASTMAN, 2008). Essa modelagem possibilita construir o

empreendimento virtualmente possibilitando a identificação de ineficiências no processo construtivo (REDDY, 2012).

Essa modelagem é utilizada para promover uma melhor visualização da sequência de construção e da necessidade de espaço no canteiro de obras (ANUMBA, 2010). Para Eastman (2008), a sua utilização gera os seguintes benefícios:

a) Comunicação: o modelo captura de forma temporal e espacial os dados do cronograma e, dessa forma, possibilita uma comunicação entre os planejadores e os responsáveis pela execução de forma mais eficiente que um Gráfico de Gantt tradicional;

b) Participação de diferentes partes interessadas: os modelos 4D podem ser utilizados para apresentar para leigos, de forma mais eficiente, como um projeto afetará o trânsito ou outros aspectos da comunidade;

c) Logística do canteiro de obras: facilita o planejamento das áreas de armazenamento, dos acessos e deslocamentos dentro do canteiro, e da localização de grandes equipamentos;

d) Coordenação de equipes: facilita a coordenação do fluxo de equipes dentro do canteiro de obras e do trabalho em espaços pequenos;

e) Comparação do cronograma com o andamento da obra: os planejadores podem comparar facilmente o cronograma planejado com o andamento da obra para identificar possíveis atrasos.

2.3. FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

2.3.1. Microsoft Project

O Microsoft Project é um software para gerenciamento de projetos desenvolvido pela Microsoft. Atualmente é considerado o principal software de gerenciamento de projetos por apresentar grande versatilidade, facilidade de utilização e interface amigável (VIANA, 2004 apud SILVEIRA, 2005).

É possível destacar os seguintes recursos disponibilizados pelo software (PRADO, 1998 apud SILVEIRA, 2005):

- a) Planejamento baseado no modelo de diagrama de rede de forma que as tarefas são criadas na forma de blocos interligados;
- b) Possibilidade de fornecer os dados de entrada através de tabelas já padronizadas ou de tabelas próprias criadas pelo usuário;
- c) Adicionar tarefas que ocorrem de forma repetitiva;
- d) Estabelecer relações de precedência do tipo Fim-Início, Início-Início, Fim-Fim e Início-Fim;
- e) Definir níveis hierárquicos entre as tarefas;
- f) Uso de subprojetos;
- g) Definir datas programadas para cada tarefa;
- h) Permite associar os custos às tarefas na forma de custos fixos ou custos dos recursos.

2.3.2. Autodesk Revit

O Revit é um software que teve o início do seu desenvolvimento em 1997 pela companhia Charles River Software e foi comprado pela Autodesk em 2002. Hoje, o Autodesk Revit é um software desenvolvido para o desenvolvimento de modelos 3D compatíveis com os princípios da plataforma BIM.

Entre as diversas funcionalidades do software, pode-se destacar as seguintes:

- a) Desenvolvimento simultâneo do projeto em 2D e 3D de forma que qualquer alteração em um dos modelos seja automaticamente atualizada no outro;
- b) Da mesma forma que no item anterior, também existe uma inter-relação entre as diferentes vistas, como plantas, cortes e elevações. Assim, uma alteração em qualquer uma dessas vistas é automaticamente atualizada nas demais;
- c) Parametrização dos componentes de forma que cada elemento carregue as informações necessárias para sua completa especificação;
- d) Atualização simultânea da tabela de quantitativo de materiais conforme são inseridos no modelo;
- e) Recursos para todas as áreas de um projeto, como arquitetura, estrutura e instalações;

f) Interoperabilidade com outros softwares da plataforma BIM;

g) Colaboração entre diversos profissionais que podem acessar e atualizar os modelos, garantindo uma melhor coordenação e reduzindo interferências entre os diferentes projetos.

2.3.3. Autodesk Navisworks

O Autodesk Navisworks é um software que possibilita que os profissionais envolvidos no projeto de um empreendimento analisem de forma completa os modelos e dados integrados possibilitando um melhor controle dos resultados do projeto.

As ferramentas do software permitem uma análise integrada de todo o empreendimento possibilitando a visualização de incompatibilidades entre projetos com antecedência fazendo com que se encontre soluções antes da etapa de execução. Além disso, o software permite uma coordenação multidisciplinar ao agregar as dimensões 4D (tempo) e 5D (custo) ao projeto (TARRAFA, 2012 apud MERA, 2015). As dimensões 4D e 5D podem ser definidas no próprio software ou através de softwares específicos para gerenciamento de projetos, como o Microsoft Project (MERA, 2015).

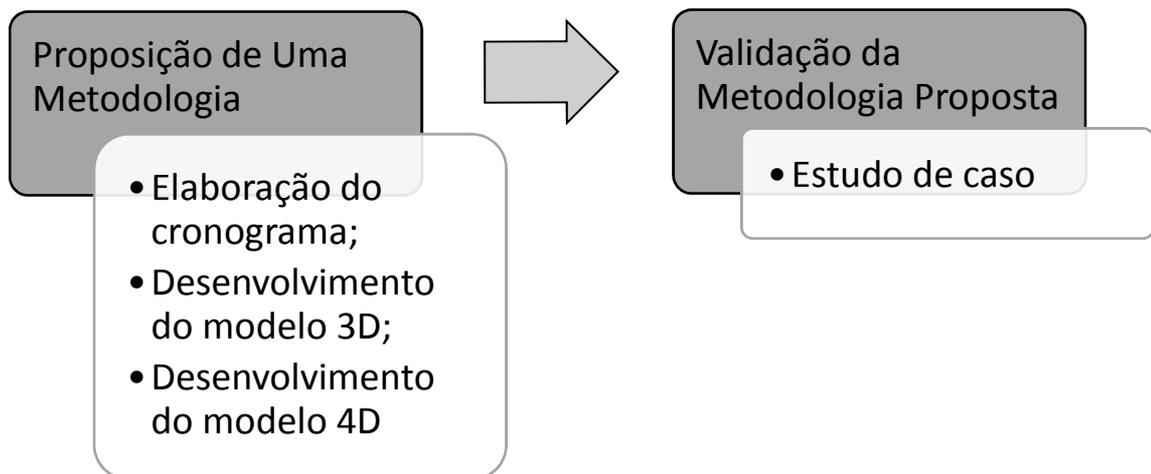
De forma geral, as ferramentas disponibilizadas pelo Autodesk Navisworks auxiliam as áreas de arquitetura, engenharia e planejamento da construção através da centralização de todas as informações do empreendimento em um modelo único e sincronizado (MERA, 2015).

3. METODOLOGIA

O método de desenvolvimento desse trabalho foi elaborado visando desenvolver uma metodologia para a realização do planejamento 4D de um empreendimento e demonstrar a sua viabilidade de utilização. Para isso, o trabalho será constituído de duas fases: proposição de uma metodologia e validação da metodologia proposta.

A metodologia proposta para o planejamento 4D será desenvolvida com foco na integração entre o cronograma e o modelo 3D. Para a integração é necessário que ambos estejam prontos, logo também serão considerados na metodologia proposta os desenvolvimentos do cronograma e do modelo 3D. Para a validação será realizado um estudo de caso, no qual a metodologia proposta será utilizada para o desenvolvimento do planejamento 4D de um empreendimento. A figura 7 apresenta um fluxograma com a metodologia do trabalho.

Figura 7 - Metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor

4. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO 4D

A metodologia proposta busca, inicialmente, desenvolver o cronograma de execução do empreendimento e o seu modelo 3D. Em seguida propõe a integração de ambos resultando no planejamento 4D. Assim, ela possui 3 etapas: elaboração do cronograma da obra, desenvolvimento do modelo 3D e desenvolvimento do modelo 4D. Essas etapas seguem os objetivos específicos que devem ser alcançados e, para serem executadas, utilizam os softwares e técnicas já descritas na revisão bibliográfica.

A primeira etapa consiste na elaboração do cronograma da obra. Para isso, inicialmente será desenvolvida a EAP, fragmentando a obra em diferentes níveis em função dos pavimentos e dos serviços a serem executados. Com relação a EAP, é válido destacar a influência das limitações, apresentadas no item 1.3. Embora não tenha havido o acesso aos projetos já citados, será desenvolvida uma EAP que considere essas atividades, intitulada “EAP – Completa”, para se obter um entendimento mais completo do empreendimento. Em seguida essas atividades serão removidas restando apenas as atividades que terão suas durações determinadas, intitulada “EAP – Cronograma”. Para finalizar o desenvolvimento da EAP, considerando que apenas os elementos finais serão desenvolvidos no modelo 3D, as atividades intermediárias serão agrupadas resultando na “EAP – Modelo 4D”.

Em seguida, serão determinadas as durações das atividades presentes na “EAP – Cronograma”. Para isso, será utilizado o Quadro Duração-Recursos (QDR) apresentado na revisão bibliográfica. Como a alocação de funcionários não faz parte do objetivo desse trabalho, será considerado apenas o número de equipes, desconsiderando a composição dessas equipes. Para realizar o preenchimento do quadro será feito o levantamento de quantitativos de cada serviço e o índice de produtividade das equipes em cada atividade será retirado do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Para finalizar a primeira etapa, as atividades da “EAP – Cronograma”, com suas respectivas durações determinadas no QDR, serão inseridas no software Microsoft Project. A precedência entre atividades será inserida no próprio software, através de uma de suas funcionalidades, dispensando, assim, a necessidade de utilização de outra ferramenta apenas para indicar as precedências. Também é importante destacar a influência das limitações sobre o cronograma desenvolvido no Microsoft Project. O

cronograma foi inicialmente desenvolvido a partir das atividades da “EAP – Cronograma”, porém, para se adequar ao modelo 3D que será composto apenas dos elementos finais, também terá suas atividades intermediárias agrupadas, resultando em um cronograma que utilize as atividades da “EAP – Modelo 4D”. Destaca-se que ao se realizar o agrupamento das atividades, a duração das atividades resultantes é dada pelo intervalo entre o início da primeira atividade agrupada e o término da última atividade agrupada. Assim, mesmo sem os elementos aparecerem explicitamente no modelo, suas durações estão sendo consideradas.

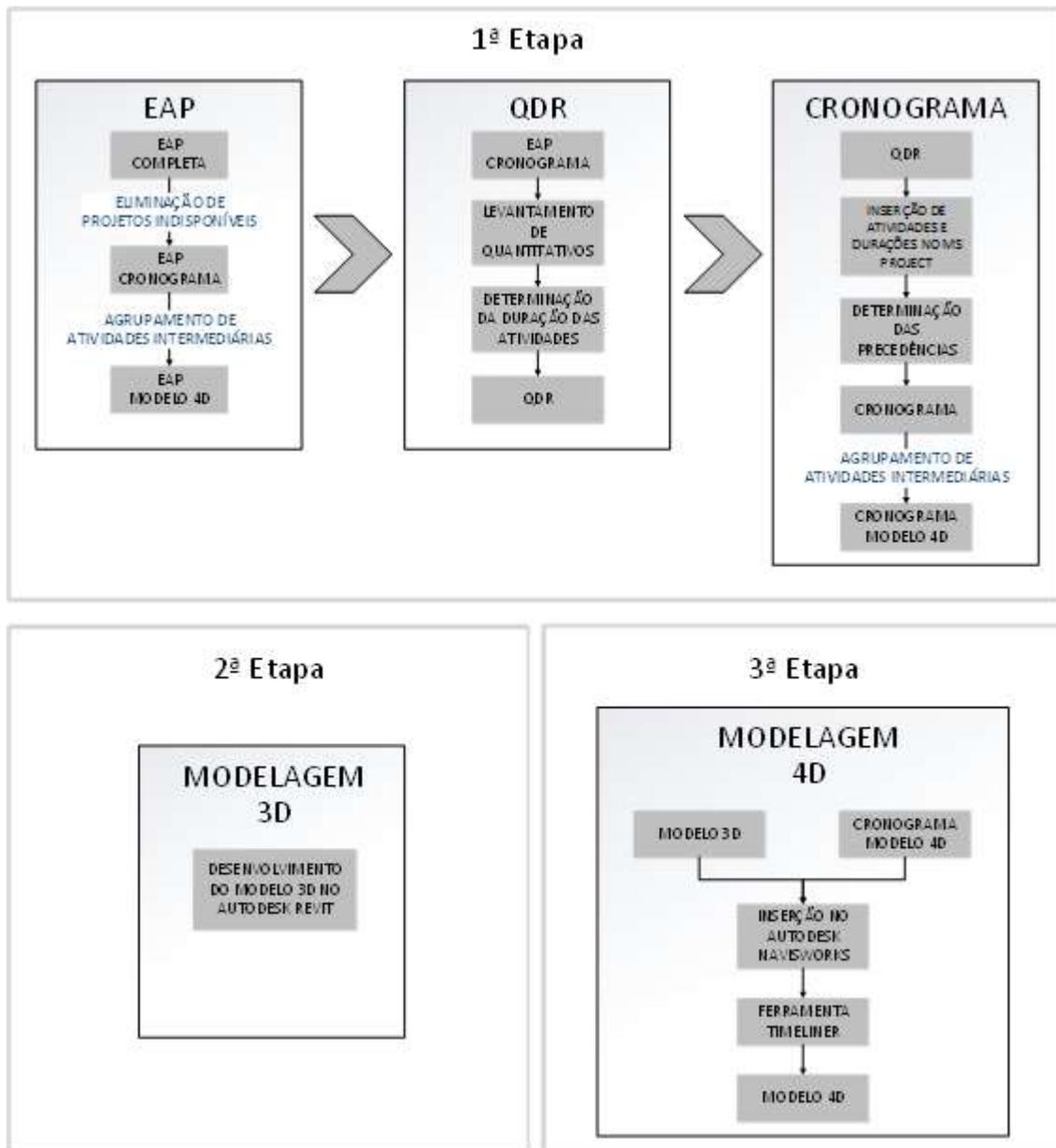
A segunda etapa consiste no desenvolvimento do modelo 3D do empreendimento utilizando o software Autodesk Revit. De acordo com as limitações já citadas, o modelo irá contemplar apenas os elementos finais.

A terceira etapa consiste na obtenção do modelo 4D do empreendimento utilizando o software Autodesk Navisworks. Inicialmente serão importados para o Autodesk Navisworks os arquivos correspondentes ao cronograma com as atividades da “EAP – Modelo 4D”, desenvolvido no Microsoft Project, e ao modelo 3D, desenvolvido no Autodesk Revit. Em seguida será utilizada a ferramenta *TimeLiner*, presente no software, para atrelar cada elemento do modelo 3D à sua atividade correspondente no cronograma.

Após a realização dessas três etapas o modelo 4D do empreendimento estará finalizado. Para apresentação do modelo será utilizada a ferramenta *Simulate*, presente no software, para mostrar imagens pontuais de diferentes momentos da execução da obra e um vídeo mostrando toda a sua evolução. O uso dessa ferramenta permite uma melhor visualização e compreensão do avanço da obra ao longo do seu prazo de execução.

O fluxograma presente na figura 8 apresenta de forma detalhada a metodologia proposta para o desenvolvimento do planejamento 4D.

Figura 8 – Fluxograma da Metodologia Proposta



Fonte: Elaborado pelo autor

5. ESTUDO DE CASO

5.1. O EMPREENDIMENTO

O empreendimento escolhido para o estudo de caso foi um hotel localizado na cidade de São Paulo. Devido à confidencialidade requisitada pela construtora responsável pelo empreendimento, os nomes da construtora e do hotel não serão divulgados. Ao longo do trabalho o empreendimento será chamado de Hotel TCC.

O hotel está localizado em um terreno de 2700m² e possui uma área construída de 4205 m². A edificação é composta pelo térreo, 7 pavimentos tipo, 1 pavimento destinado as instalações de barrilete – denominado “barrilete” – e 1 pavimento destinado às caixas d’água, denominado “ático”.

As fundações da edificação são compostas por sapatas e por estacas do tipo hélice contínua. A estrutura do pavimento térreo é de concreto armado. Nos pavimentos tipo, barrilete e ático a estrutura é composta por alvenaria estrutural de blocos de concreto.

A área externa do empreendimento possui 1200 m² destinados à circulação de veículos e estacionamento. A área externa também possui espaços destinados a circulação de pessoas e áreas verdes.

5.2. 1ª ETAPA - DESENVOLVIMENTO DO CRONOGRAMA

5.2.1. Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Conforme já discutido na metodologia, o desenvolvimento do cronograma tem início com a elaboração da EAP. O objetivo dessa tarefa é desmembrar o projeto em pequenas atividades que devem ser executadas para completar o todo. Com isso, obtêm-se pequenos pacotes de trabalho que são mais fáceis de serem estudados e de terem suas durações determinadas.

Na revisão bibliográfica, foram apresentadas duas formas de representação da EAP. Uma delas utiliza a forma de organograma e a outra utiliza a forma de tabela. Para a elaboração da EAP do Hotel TCC optou-se por utilizar a representação em forma de tabela devido à grande quantidade de atividades. Para melhor organização, a hierarquia entre as atividades foi definida através de índice numérico e de representações gráficas diferentes. Nessa etapa foi utilizado o software Microsoft Excel.

Para elaboração da EAP do Hotel TCC, inicialmente dividiu-se o empreendimento entre 10 grandes grupos de serviços que devem ser executados, sendo eles:

- Serviços preliminares;
- Infraestrutura;
- Superestrutura;
- Alvenaria de Vedação;
- Instalações;
- Impermeabilização;
- Revestimento/Acabamento;
- Esquadrias;
- Cobertura;
- Área externa.

Em seguida, prosseguiu-se com a divisão dos grupos até se atingir um nível de detalhamento possível de ter sua duração determinada. Alguns grupos, como “Serviços preliminares” e “Área externa”, sofreram apenas mais uma divisão. Para o caso dos “Serviços preliminares”, o segundo nível foi composto pelos serviços de limpeza do terreno, montagem do tapume, montagem do canteiro de obra, e locação da obra. Já para o caso da “Área externa”, teve-se no segundo nível as atividades de pavimentação do estacionamento, execução das calçadas, paisagismo, e execução do gradil.

Em outros grupos, como “Infraestrutura” e “Instalações” foi preciso realizar mais duas divisões. O grupo de “Infraestrutura” foi inicialmente dividido em sapatas, estacas hélice contínua, e vigas de baldrame. Em seguida, cada uma dessas atividades foi dividida entre os serviços necessários para sua execução. Utilizando as sapatas como exemplo, tem-se como atividades necessárias: escavação, montagem das formas, montagem da armadura, concretagem e reaterro. Já para o grupo de “Instalações”, primeiro foi feito a separação entre instalações elétricas, instalações hidrossanitárias. Em seguida, as instalações hidrossanitárias foram separadas entre instalações de

água fria, instalações de água quente, instalações de esgoto e instalações do projeto preventivo contra incêndio.

É importante destacar o caso de grupos em que as atividades eram diferentes em função do pavimento. Essa situação ocorreu com “Impermeabilização”, “Superestrutura” e “Revestimento/Acabamento”. No caso da “Impermeabilização” é necessário impermeabilizar as vigas de baldrame no nível de fundação, impermeabilizar as áreas molhadas e a fachada no térreo e nos pavimentos tipo, e impermeabilizar a laje de cobertura no nível do barrilete. Para a “Superestrutura”, tem-se no pavimento térreo piso armado na sua base, e escada, pilares e vigas de concreto armado. Nos pavimentos tipo, se tem laje e escadas de concreto armado, e alvenaria de bloco de concreto. No caso das estruturas de concreto armado, ainda é necessário realizar mais uma divisão que compreende montagem das formas, montagem da armadura, e concretagem.

Após todo esse processo de desmembramento das atividades em serviços menores foi possível obter a EAP do empreendimento. O modelo final da EAP do Hotel TCC apresenta todos os pacotes de serviço que servem de base para os 10 grandes grupos de serviços já citados anteriormente e, no caso de atividades que se repetem em diferentes pavimentos, possui a divisão por pavimento. Conforme já citado na metodologia, a EAP desenvolvida até aqui foi chamada de “EAP – Completa”.

Devido à falta de acesso aos projetos de instalações hidrossanitárias, de instalações elétricas, de impermeabilização, preventivo contra incêndio e, na área externa, de estruturas em que ficarão um gerador e um reservatório de água de reuso, tais atividades foram retiradas da EAP. Após a retirada dessas atividades obteve-se como resultado uma EAP intitulada “EAP – Cronograma”. O motivo dessa nomenclatura é que as atividades presentes nessa EAP terão suas durações determinadas para a elaboração do cronograma.

Por fim, sabendo-se das limitações que o modelo 3D irá encontrar, as atividades construtivas e intermediárias da “EAP – Cronograma” foram condensadas dentro do produto final que elas representam. O objetivo dessa ação é obter uma EAP em que conste apenas os elementos que serão modelados em 3D. Assim, atividades como “Lajes” e “Vigas” compreendem as atividades de montagem das formas, montagem da armadura e concretagem. Outro exemplo são as “Paredes internas”, “Paredes externas” e “Teto”, que compreendem as atividades de chapisco, reboco,

aplicação de selador e pintura. Essa EAP foi denominada “EAP- Modelo 4D” e será utilizada futuramente para orientar a condensação de atividades do cronograma, no software Microsoft Project. A “EAP – Modelo 4D” é apresentada no quadro 4.

Quadro 4 - EAP - Modelo 4D

EAP - MODELO 4D	
ÍNDICE	ATIVIDADE
1	SERVIÇOS PRELIMINARES
2	INFRAESTRUTURA
2.1	SAPATAS
2.2	ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA
2.3	VIGAS DE BALDRAME
3	SUPERESTRUTURA
3.1	TÉRREO
3.1.1	<i>Piso amado</i>
3.1.2	<i>Pilares</i>
3.1.3	<i>Escada</i>
3.2	1º PAVIMENTO
3.2.1	<i>Vigas</i>
3.2.2	<i>Lajes</i>
3.2.3	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.2.4	<i>Escada</i>
3.3	2º PAVIMENTO
3.3.2	<i>Lajes</i>
3.3.3	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.3.4	<i>Escada</i>
3.4	3º PAVIMENTO
3.4.1	<i>Lajes</i>
3.4.2	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.4.3	<i>Escada</i>
3.5	4º PAVIMENTO
3.5.1	<i>Lajes</i>
3.5.2	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.5.3	<i>Escada</i>
3.6	5º PAVIMENTO
3.6.1	<i>Lajes</i>
3.6.2	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.6.3	<i>Escada</i>
3.7	6º PAVIMENTO
3.7.1	<i>Lajes</i>
3.7.2	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.7.3	<i>Escada</i>
3.8	7º PAVIMENTO
3.8.1	<i>Lajes</i>
3.8.2	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.8.3	<i>Escada</i>
3.9	BARRILETE
3.9.1	<i>Lajes</i>
3.9.2	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.9.3	<i>Escada</i>
3.10	ÁTICO
3.10.1	<i>Lajes</i>
3.10.2	<i>Alvenaria estrutural</i>
3.10.3	<i>Laje da Cobertura</i>
4	ALVENARIA DE VEDAÇÃO
4.1	TÉRREO
4.2	BARRILETE

5	REVESTIMENTO/ACABAMENTO
5.1	TÉRREO
5.1.1	<i>Piso</i>
5.1.2	<i>Paredes Internas</i>
5.1.3	<i>Paredes Externas</i>
5.1.4	<i>Forro</i>
5.2	1º PAVIMENTO
5.2.1	<i>Piso</i>
5.2.2	<i>Paredes Internas</i>
5.2.3	<i>Paredes Externas</i>
5.2.4	<i>Teto</i>
5.2.5	<i>Forro</i>
5.3	2º PAVIMENTO
5.3.1	<i>Piso</i>
5.3.2	<i>Paredes Internas</i>
5.3.3	<i>Paredes Externas</i>
5.3.4	<i>Teto</i>
5.3.5	<i>Forro</i>
5.4	3º PAVIMENTO
5.4.1	<i>Piso</i>
5.4.2	<i>Paredes Internas</i>
5.4.3	<i>Paredes Externas</i>
5.4.4	<i>Teto</i>
5.4.5	<i>Forro</i>
5.5	4º PAVIMENTO
5.5.1	<i>Piso</i>
5.5.2	<i>Paredes Internas</i>
5.5.3	<i>Paredes Externas</i>
5.5.4	<i>Teto</i>
5.5.5	<i>Forro</i>
5.6	5º PAVIMENTO
5.6.1	<i>Piso</i>
5.6.2	<i>Paredes Internas</i>
5.6.3	<i>Paredes Externas</i>
5.6.4	<i>Teto</i>
5.6.5	<i>Forro</i>
5.7	6º PAVIMENTO
5.7.1	<i>Piso</i>
5.7.2	<i>Paredes Internas</i>
5.7.3	<i>Paredes Externas</i>
5.7.4	<i>Teto</i>
5.7.5	<i>Forro</i>
5.8	7º PAVIMENTO
5.8.1	<i>Piso</i>
5.8.2	<i>Paredes Internas</i>
5.8.3	<i>Paredes Externas</i>
5.8.4	<i>Teto</i>
5.8.5	<i>Forro</i>
5.9	BARRILETE
5.9.1	<i>Paredes Externas</i>
5.10	ÁTICO
5.10.1	<i>Paredes Externas</i>

6	ESQUADRIAS
6.1	TÉRREO
6.1.1	<i>Instalação de portas</i>
6.1.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.2	1º PAVIMENTO
6.2.1	<i>Instalação de portas</i>
6.2.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.3	2º PAVIMENTO
6.3.1	<i>Instalação de portas</i>
6.3.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.4	3º PAVIMENTO
6.4.1	<i>Instalação de portas</i>
6.4.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.5	4º PAVIMENTO
6.5.1	<i>Instalação de portas</i>
6.5.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.6	5º PAVIMENTO
6.6.1	<i>Instalação de portas</i>
6.6.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.7	6º PAVIMENTO
6.7.1	<i>Instalação de portas</i>
6.7.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.8	7º PAVIMENTO
6.8.1	<i>Instalação de portas</i>
6.8.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.9	BARRILETE
6.9.1	<i>Instalação de portas</i>
6.9.2	<i>Instalação de janelas</i>
6.10	ÁTICO
6.10.1	<i>Instalação de portas</i>
6.10.2	<i>Instalação de janelas</i>
7	COBERTURA
8	ÁREA EXTERNA
8.1	PAVIMENTAÇÃO DO ESTACIONAMENTO
8.2	EXECUÇÃO DAS CALÇADAS
8.3	PAISAGISMO
8.4	EXECUÇÃO DO GRADIL

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.2. Quadro Duração-Recursos (QDR)

Seguindo o que foi exposto na metodologia, após o desenvolvimento da EAP prosseguiu-se para o desenvolvimento do QDR, com o objetivo de determinar a duração de cada atividade. O QDR já foi apresentado na revisão bibliográfica, porém o modelo utilizado sofreu alterações em relação ao que já foi apresentado. No modelo presente na revisão bibliográfica é possível observar a composição das equipes, formadas por diferentes tipos de profissionais. Contudo, como o foco do trabalho não envolve alocação de mão de obra em equipes, esses itens foram desconsiderados e trabalhou-se apenas com a quantidade de equipes.

O primeiro passo para calcular a duração das atividades é saber a quantidade de cada serviço que deve ser executado. Todos os serviços relacionados a estruturas de concreto armado, ou seja, área de formas, massa da armadura e volume de

concreto, já apresentavam seus quantitativos no projeto estrutural que foi disponibilizado pela construtora do empreendimento. Para os demais serviços, o levantamento de quantitativos foi feito através do AutoCAD, utilizando os projetos disponibilizados pela construtora.

Também é necessário conhecer o índice das equipes para cada serviço. O índice indica a o tempo necessário para a equipe executar uma unidade do serviço. Geralmente a unidade de tempo utilizada é a hora (h) e a unidade da quantidade executada varia em função do serviço. Utilizando como exemplos os serviços de concretagem e de montagem da armadura, tem-se como unidades o metro cúbico (m³) e o quilograma (Kg), respectivamente.

Para uma maior precisão na determinação das durações é recomendado que as construtoras calculem seus próprios índices de produtividade baseado nos dados de obras anteriores. A construtora do Hotel TCC não dispunha de tais índices, portanto foram utilizados os índices do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). As tabelas do SINAPI são desenvolvidas em conjunto pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e são disponibilizadas no site da Caixa. Os índices utilizados nesse trabalho são referentes a Agosto/2017. A seguir serão apresentados os exemplos de duas composições utilizadas.

O primeiro exemplo é do serviço de armação das sapatas e vigas de baldrame. A composição retirada do SINAPI encontra-se no quadro 5.

Quadro 5 - Índice de Produtividade-Armação de Sapatas e Vigas de Baldrame

FUES	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF 06/2017	KG	ÍNDICE
INSUMO	337	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000
INSUMO	411	ABRACADEIRA DE NYLON PARA AMARRAÇÃO DE CABOS, COMPRIMENTO DE 200 X *4,6* MM	UN	0,4655000
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0290000
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0890000
COMPOSICAO	92794	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF 12/2015	KG	1,0000000

Fonte: Adaptado do SINAPI

Como pode ser visto na composição, além das horas de trabalho necessárias de cada profissional, também é disponibilizada a quantidade de material necessária.

Outro ponto importante é que são necessários dois tipos de profissionais diferentes – ajudante de armador e armador. Para definir o índice da equipe deve-se olhar para a produtividade do oficial, ou seja, o profissional que é o líder da equipe. Nesse caso, como destacado na composição, o líder da equipe é o armador e o índice da equipe é 0,089h/Kg.

Outro exemplo a ser destacado é o serviço de pintura do teto. A composição retirada do SINAPI encontra-se no quadro 6.

Quadro 6 - Índice de Produtividade-Aplicação de Pintura no Teto

PINT	88486	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA EM TETO, DUAS DEMÃOS. AF_06/2014	M2	ÍNDICE
INSUMO	7345	TINTA LÁTEX PVA PREMIUM, COR BRANCA	L	0,3300000
COMPOSICAO	88310	PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1700000
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0620000

Fonte: Adaptado do SINAPI

Como destacado na composição, o líder da equipe é o pintor e o índice dessa equipe é 0,170h/m².

Além das quantidades de cada serviço a ser executado e do índice das equipes, ainda é necessário definir a jornada de trabalho diária. Para a elaboração do cronograma do Hotel TCC adotou-se 8 horas diárias.

Agora que todas essas informações já foram definidas pode-se proceder para a determinação das durações. Inicialmente calcula-se a duração necessária para o serviço ser executado por uma única equipe, chamada de “Dias da Equipe Básica”. Para isso, multiplica-se a quantidade de serviço a ser executada pelo índice da equipe e, em seguida, esse produto é dividido pela jornada de trabalho diária, como mostrado na equação 1.

$$Dias da Equipe Básica = \frac{Quantidade \times Índice}{Jornada} \quad (1)$$

Após o cálculo da quantidade de dias necessários para a realização do serviço por uma equipe, determina-se a duração desejada para esse serviço, chamada de “Duração Adotada”. Em seguida calcula-se quantas equipes serão necessárias para realizar o serviço no prazo determinado. Para isso deve-se dividir os “Dias da Equipe Básica” pela “Duração Adotada”, como mostrado na equação 2.

$$\textit{Quantidade de Equipes} = \frac{\textit{Dias da Equipe Básica}}{\textit{Duração Adotada}} \quad (2)$$

A escolha da duração adotada deve levar em consideração o prazo total para execução da obra e os recursos disponíveis pela empresa. Além disso, é importante lembrar que a diminuição do prazo de execução não ocorre de forma linear conforme o aumento do número de equipes. Devido a limitações de espaço nos locais em que os serviços serão executados, após um determinado número de equipes a duração não é mais reduzida.

Na determinação da duração das atividades do Hotel TCC buscou-se um ritmo acelerado de trabalho sem exceder uma quantidade viável de equipes em cada serviço. A escolha por um ritmo acelerado se deu por se tratar da construção de um hotel, tipo de empreendimento que gera retorno ao proprietário após entrar em funcionamento. Com isso, uma obra rápida permite que os ganhos gerados pelo empreendimento comecem mais cedo.

Será mostrado abaixo o processo de determinação da duração e da quantidade de equipes necessárias para executar o serviço de pintura do teto de um pavimento tipo. A quantidade a ser executada é de 367,79 m² e o índice da equipe, como já mostrado no quadro 6, é 0,170h/m².

$$\textit{Dias da Equipe Básica} = \frac{367,79 \times 0,170}{8} = 7,82 \textit{ dias} \quad (3)$$

$$\textit{Duração Adotada} = 2 \textit{ dias} \quad (4)$$

$$\textit{Quantidade de Equipes} = \frac{7,82}{2} = 3,91 \textit{ equipes} \quad (5)$$

$$\textit{Quantidade de Equipes Adotada} = 4 \textit{ equipes} \quad (6)$$

No exemplo acima adotou-se uma duração de 2 dias visando garantir o bom andamento da obra. Analisando a quantidade de equipes, uma vez que o resultado

não foi um número inteiro, deve-se arredondar para o número inteiro seguinte pois um arredondamento para o número inteiro anterior não iria atender a quantidade mínima de equipes para executar o serviço no prazo estipulado. Além disso, pode-se observar que 4 equipes para pintar uma área de cerca de 370m² não causa nenhuma interferência devido à falta de espaço.

O quadro 7 mostra o QDR para os “Serviços preliminares” e para a “Infraestrutura”. O QDR completo pode ser encontrado no apêndice A.

Quadro 7 - QDR para Serviços Preliminares e Infraestrutura

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
1	SERVIÇOS PRELIMINARES							
1.1	LIMPEZA DO TERRENO	m ²	2700,00	0,25	8	84,38	10	9
1.2	MONTAGEM DO TAPUME	m ²	536,00	0,8	8	53,60	7	8
1.3	MONTAGEM DO CANTEIRO DE OBRA	m ²	50,00	0,98	8	6,13	6	1
1.4	LOCAÇÃO DA OBRA	m ²	2700,00	0,1	8	33,75	7	5
2	INFRAESTRUTURA							
2.1	SAPATAS							
2.1.1	Escavação	m ³	1,20	2,36	8	0,35	1	1
2.1.2	Montagem das formas	m ²	2,90	4,37	8	1,58	1	2
2.1.3	Montagem da armadura	Kg	93,50	0,089	8	1,04	1	1
2.1.4	Concretagem	m ³	0,90	4,9	8	0,55	1	1
2.1.5	Reaterro	m ³	0,30	3	8	0,11	1	1
2.2	ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA							
2.2.1	Montagem da armadura	Kg	5689,50	0,057	8	40,54	10	4
2.2.2	Execução da estaca hélice contínua	m	803,00	0,063	8	6,32	3	2
2.3	VIGAS DE BALDRAME							
2.3.1	Montagem das formas	m ²	157,30	1,56	8	30,67	5	6
2.3.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,089	8	8,46	5	2
2.3.3	Concretagem	m ³	11,10	0,36	8	0,50	1	1

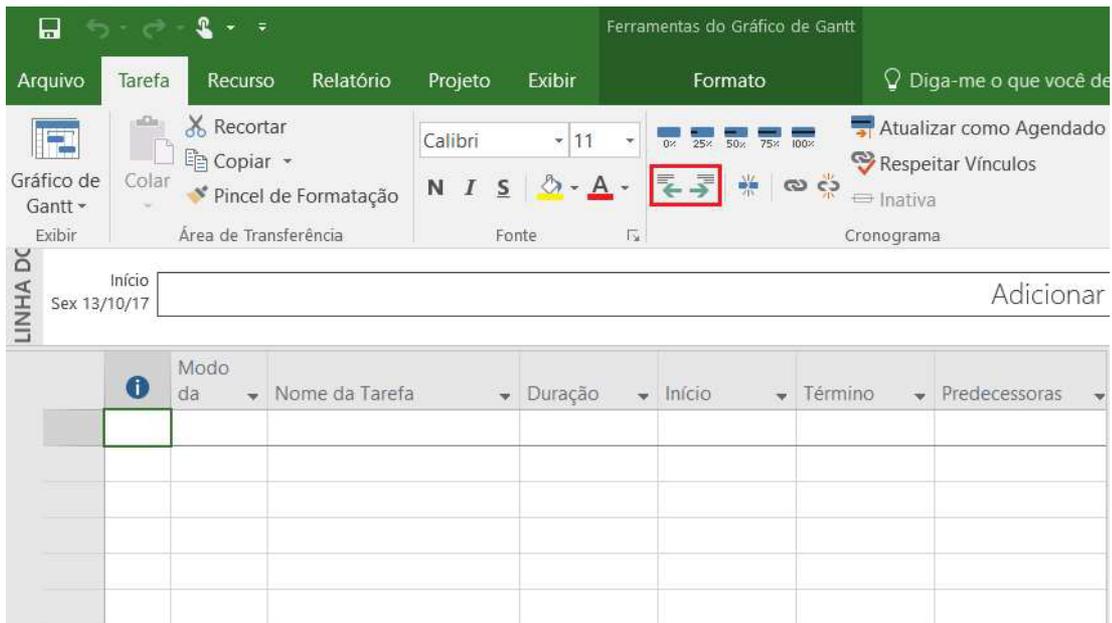
Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.3. Cronograma

O último passo da primeira etapa do desenvolvimento do modelo 4D consiste na elaboração do cronograma propriamente dito. Neste passo, o objetivo é organizar as atividades na sequência em que serão executadas e representar suas durações de forma que seja possível visualizar o momento de início e de término da execução de cada atividade. Também deve ser possível visualizar todas as atividades que estão sendo realizadas em um dado momento da execução do empreendimento.

A elaboração do cronograma se deu através do Gráfico de Gantt, já descrito na revisão bibliográfica. O software utilizado para a elaboração do cronograma foi o Microsoft Project, também já descrito na revisão bibliográfica. A figura 9 mostra parte da interface do software e apresenta as funcionalidades necessárias para entender como o cronograma foi elaborado.

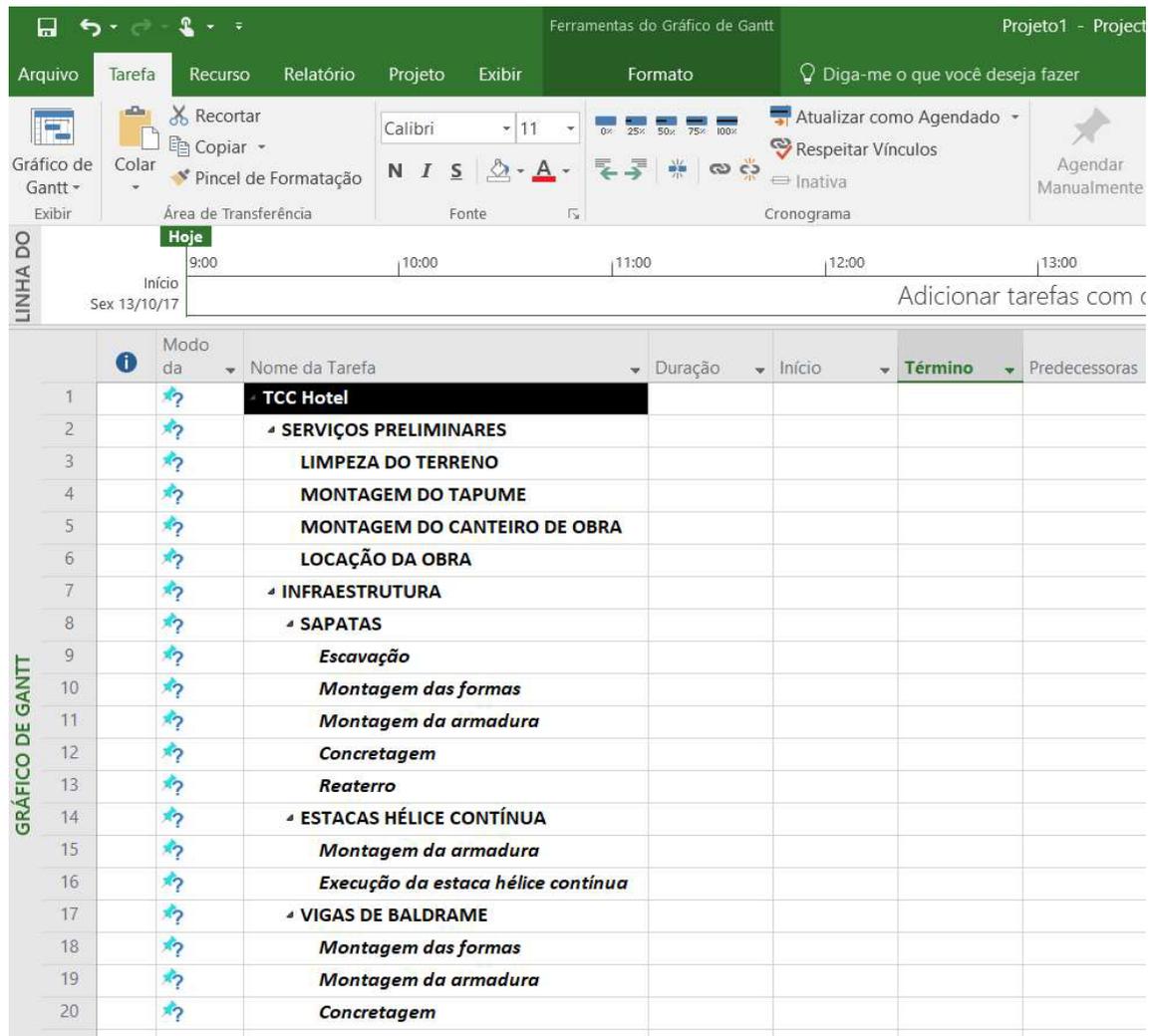
Figura 9 - Interface do Microsoft Project



Fonte: Elaborado pelo autor

Inicialmente todas as atividades presentes no QDR foram inseridas na coluna “Nome da Tarefa”. Em seguida foi feita a vinculação entre as atividades através da hierarquia entre elas, que foi definida na EAP e utilizada também no QDR. O objetivo dessa vinculação é fazer com que atividades de um determinado nível hierárquico estejam contempladas dentro das atividades de um nível hierárquico superior. Para essa vinculação utilizam-se as setas presentes na interface do software, destacadas na figura 9. O resultado da inserção de atividades e vinculação hierárquica entre elas é mostrado para os “Serviços Preliminares” e para a “Infraestrutura” na figura 10.

Figura 10 - Atividades Inseridas no Microsoft Project



Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, todas as durações determinadas no QDR, para as atividades de níveis hierárquicos finais, foram inseridas no Microsoft Project, na coluna “Duração”. Após a inserção das durações, a sequência de execução das atividades foi determinada através da definição das predecessoras de cada atividade, isto é, as atividades que já devem ter sido executadas para que a atividade em questão possa ser iniciada. Para isso, utiliza-se a coluna “Predecessoras” onde se insere, para cada atividade, o número das linhas de suas predecessoras.

O principal ponto considerado na definição das predecessoras foi a sequência tradicional de execução de um empreendimento, de forma que, para cada atividade a ser realizada, as atividades necessariamente anteriores estejam concluídas. Para exemplificar o conceito, considera-se a atividade de pintura de uma parede de alvenaria estrutural. Para a pintura ser realizada é necessário que já tenha ocorrido o

assentamento dos blocos de concreto, a aplicação do chapisco, a execução do reboco e a aplicação do selador. Todas essas atividades devem ser executadas na ordem em que foram citadas e, para o caso da pintura, a atividade imediatamente anterior à sua execução é a aplicação do selador. Sendo assim, a aplicação do selador é a atividade predecessora da pintura.

Também é importante destacar a existência de situações em que, para a execução de uma determinada atividade, além das suas predecessoras já estarem finalizadas também é necessário esperar um determinado tempo em função de necessidades construtivas, como a cura do concreto ou a secagem do selador. Alguns exemplos são o assentamento dos blocos de alvenaria estrutural que devem esperar 7 dias após o término da concretagem da laje, a aplicação do selador que deve esperar 7 dias após o término da aplicação do reboco, a execução da pintura que deve esperar 1 dia após o término da aplicação do selador, entre outros. Outro ponto considerado na determinação das predecessoras foi a execução das atividades de forma a minimizar o impacto da execução de uma determinada atividade sobre atividades já concluídas. Por esse motivo, a pintura da fachada, por exemplo, se inicia no ático e termina no térreo.

Ao final da definição das predecessoras, a data de início e término de cada atividade já terá sido calculada pelo software e pode ser visualizada em suas respectivas colunas. Para níveis hierárquicos superiores, a data de início é a data em que se inicia a primeira atividade vinculada a ele e a data de término é a data em que se finaliza a última atividade vinculada a ele. A duração da execução desses níveis, calculada pelo software, é a diferença entre essas duas datas. A figura 11 mostra as atividades com suas respectivas durações, datas de início e datas de término para as atividades de “Serviços Preliminares” e “Infraestrutura”. O cronograma completo poder ser encontrado no apêndice B.

Figura 11 - Atividades com Datas Definidas no Microsoft Project

The screenshot shows the Microsoft Project interface with the 'Tarefa' (Task) tab selected. The task list is as follows:

	Modo da	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1		TCC Hotel	434 dias	Seg 02/10/17	Qui 30/05/19	
2		▸ SERVIÇOS PRELIMINARES	24 dias	Seg 02/10/17	Qui 02/11/17	
3		LIMPEZA DO TERRENO	10 dias	Seg 02/10/17	Sex 13/10/17	
4		MONTAGEM DO TAPUME	7 dias	Seg 16/10/17	Ter 24/10/17	3
5		MONTAGEM DO CANTEIRO DE OBRA	6 dias	Seg 16/10/17	Seg 23/10/17	3
6		LOCAÇÃO DA OBRA	7 dias	Qua 25/10/17	Qui 02/11/17	4;5
7		▸ INFRAESTRUTURA	22 dias	Sex 03/11/17	Seg 04/12/17	
8		▸ SAPATAS	10 dias	Sex 03/11/17	Qui 16/11/17	
9		<i>Escavação</i>	1 dia	Sex 03/11/17	Sex 03/11/17	6
10		<i>Montagem das formas</i>	1 dia	Sex 03/11/17	Sex 03/11/17	6
11		<i>Montagem da armadura</i>	1 dia	Sex 03/11/17	Sex 03/11/17	6
12		<i>Concretagem</i>	1 dia	Seg 06/11/17	Seg 06/11/17	9;10;11
13		<i>Reaterro</i>	1 dia	Qui 16/11/17	Qui 16/11/17	12TI+7 dias
14		▸ ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA	14 dias	Sex 03/11/17	Qua 22/11/17	
15		<i>Montagem da armadura</i>	10 dias	Sex 03/11/17	Qui 16/11/17	6
16		<i>Execução da estaca hélice contínua</i>	4 dias	Sex 17/11/17	Qua 22/11/17	15
17		▸ VIGAS DE BALDRAME	8 dias	Qui 23/11/17	Seg 04/12/17	
18		<i>Montagem das formas</i>	5 dias	Qui 23/11/17	Qua 29/11/17	16
19		<i>Montagem da armadura</i>	5 dias	Qui 23/11/17	Qua 29/11/17	16
20		<i>Concretagem</i>	1 dia	Seg 04/12/17	Seg 04/12/17	16TI+7 dias;18;19

Fonte: Elaborado pelo autor

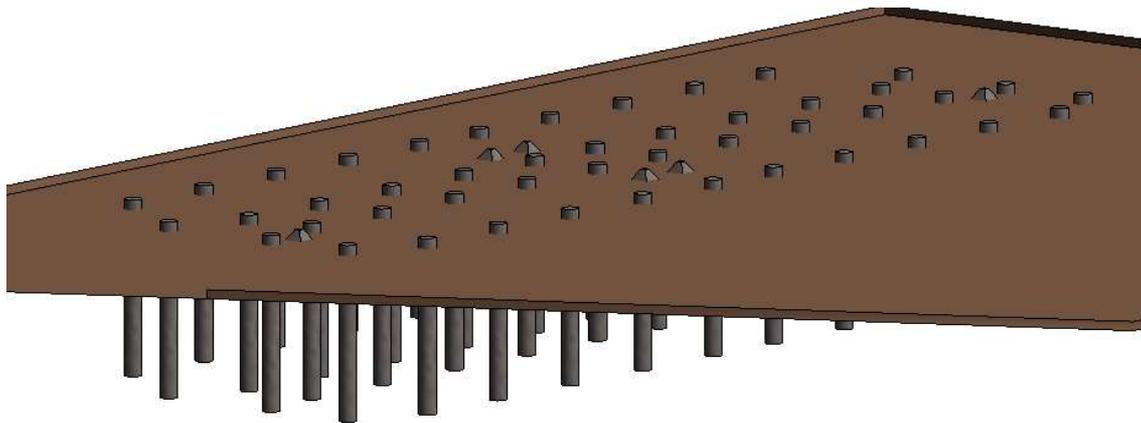
Após o término do cronograma as atividades construtivas e intermediárias foram condensadas dentro do produto final que representam, conforme as atividades da “EAP – Modelo 4D”, de forma a considerar apenas os elementos que serão modelados em 3D. Esse passo foi feito utilizando uma funcionalidade do software que permite agrupar as tarefas de níveis hierárquicos inferiores dentro dos níveis superiores aos quais pertencem, tendo suas durações consideradas. O resultado do agrupamento de atividades foi o “Cronograma Modelo 4D”.

5.3. 2ª ETAPA - MODELAGEM 3D

A segunda etapa do trabalho se deu com a modelagem 3D do Hotel TCC. Nesta etapa foi utilizado o software Autodesk Revit, já apresentado na revisão bibliográfica. Foi disponibilizado pela construtora do empreendimento, em arquivos DWG (formato de arquivos utilizado pelo AutoCAD), os projetos de fundação, estrutural e arquitetônico. De posse de todos esses projetos, foi feita a modelagem dos elementos no Autodesk Revit.

O desenvolvimento do modelo 3D se iniciou com a definição dos limites do terreno e sua topografia. Os limites do terreno eram conhecidos através dos projetos disponibilizados pela construtora. Já a topografia não era conhecida e, por isso, adotou-se um terreno plano. Após a definição do terreno, prosseguiu-se com a modelagem dos elementos de fundação. No Hotel TCC foram utilizadas estacas hélice contínua e sapatas. Esses dois elementos de fundação estão disponíveis no Autodesk Revit, tendo sido necessário apenas alterar suas dimensões para ficar de acordo com o projeto estrutural. A figura 12 mostra as fundações do Hotel TCC no modelo 3D.

Figura 12 - Fundações no Modelo 3D



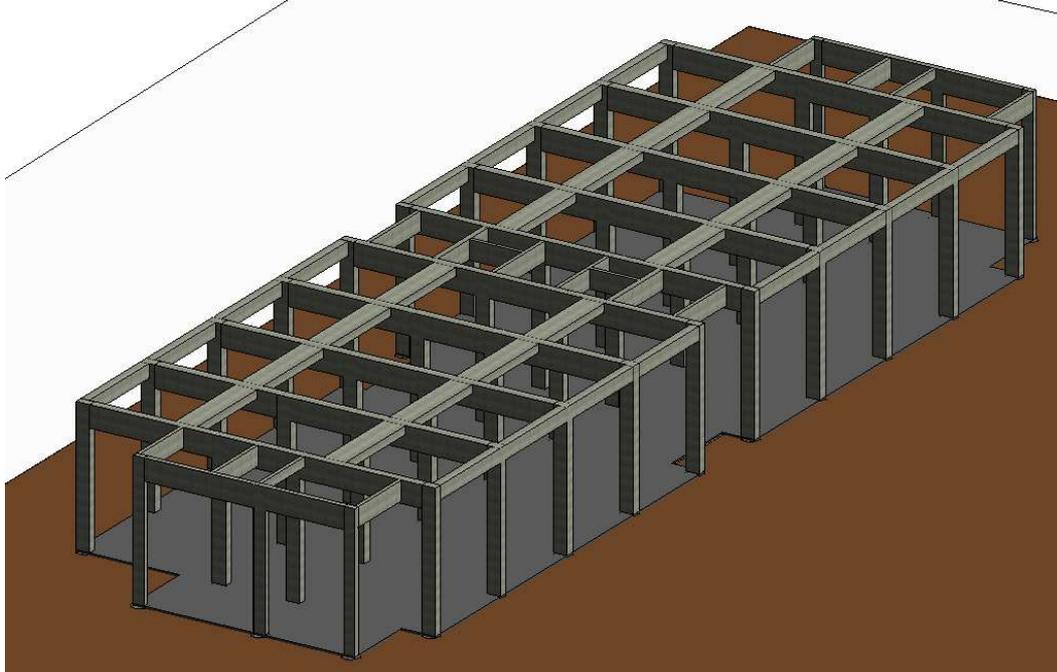
Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida foi feita a modelagem da superestrutura do Hotel TCC. Como já comentado anteriormente, a estrutura do pavimento térreo é formada por pilares e vigas de concreto armado e nos demais pavimentos é formada por alvenaria estrutural de bloco de concreto. Em todos os pavimentos as lajes são maciças de concreto armado. Todos os elementos utilizados na modelagem da superestrutura já estão disponíveis no Autodesk Revit. Foram feitas modificações apenas nas dimensões dos elementos para se adequar ao projeto estrutural.

É importante destacar o caso das paredes de alvenaria estrutural. O Autodesk Revit permite que a parede seja modelada considerando todos os elementos que a compõem, ou seja, blocos de concreto, chapisco, reboco e pintura. Porém, como já destacado nas limitações do trabalho, foram modelados apenas os elementos finais. Dessa forma, a parede foi desenvolvida apenas com os blocos de concreto. A pintura, que faz parte do acabamento, será inserida posteriormente utilizando outra

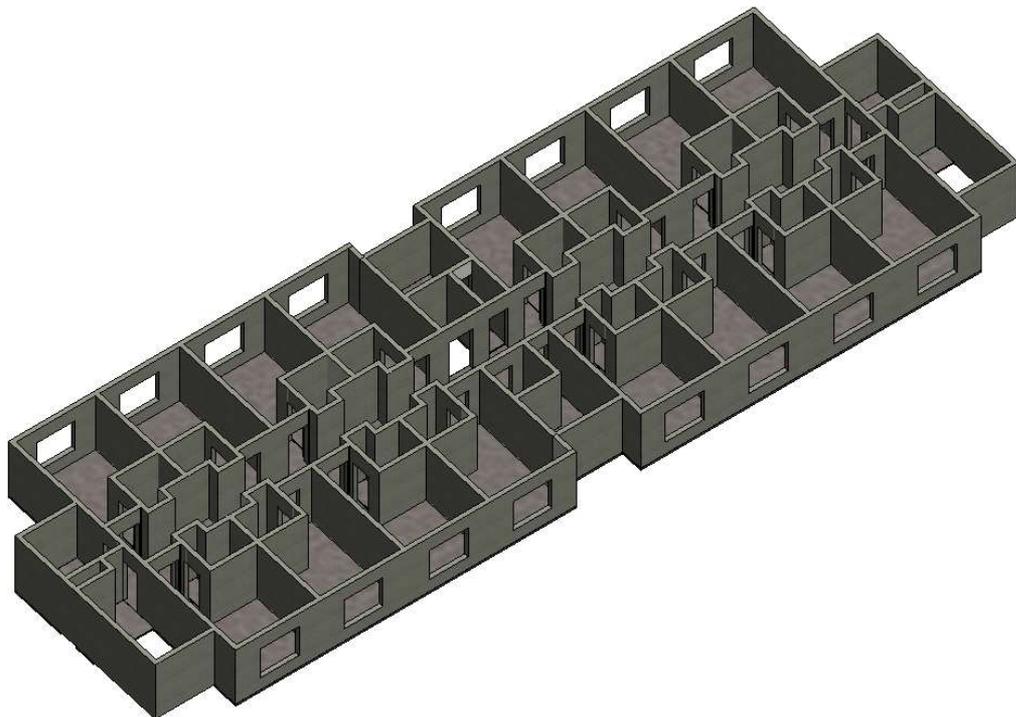
funcionalidade do software. A figura 13 mostra a estrutura do pavimento térreo e a figura 14 mostra a estrutura de um pavimento tipo.

Figura 13 - Estrutura do Pavimento Térreo no Modelo 3D



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 - Estrutura do Pavimento Tipo no Modelo 3D



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a modelagem da superestrutura, foram modeladas as paredes de alvenaria de vedação, com blocos cerâmicos, no pavimento térreo. Assim como no caso da alvenaria estrutural, a alvenaria de vedação foi desenvolvida apenas com os blocos cerâmicos. A alvenaria com blocos cerâmicos também está presente no software e foi necessário apenas modificar a espessura da parede.

Em seguida, foram inseridos os elementos de esquadria, ou seja, portas e janelas. Foram utilizadas portas de madeira e de alumínio e janelas de alumínio. As portas de madeira e as janelas de alumínio já estão presentes no Autodeks Revit e tiveram apenas suas dimensões ajustadas. As portas de alumínio não estão presentes no software e precisaram ser desenvolvidas antes de serem inseridas no modelo.

Para finalizar o desenvolvimento da área construída, foram adicionados ao modelo os forros, os pisos, e as pinturas interna e externa. Também foi desenvolvida a cobertura com telhas de fibrocimento. Os modelos de forro e de cobertura já estão presentes no software. Os pisos e as pinturas foram desenvolvidos considerando as cores presentes nos projetos disponibilizados pela construtora. A figura 15 mostra o modelo final do pavimento térreo e a figura 16 mostra o modelo final de um pavimento tipo.

Figura 15 - Modelo 3D Final do Pavimento Térreo



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 - Modelo 3D Final do Pavimento Tipo



Fonte: Elaborado pelo autor

Por último, foram modelados os elementos referentes a área externa, sendo eles a execução do piso das áreas destinadas a pedestres e a veículos, a aplicação de grama nas áreas verdes e a instalação do gradil nos limites do terreno. A figura 17 mostra uma imagem renderizada do modelo 3D final do Hotel TCC.

Figura 17 - Modelo 3D do Hotel TCC



Fonte: Elaborado pelo autor

5.4. 3ª ETAPA - MODELAGEM 4D

A terceira etapa do estudo de caso constitui a parte final do desenvolvimento da modelagem 4D do Hotel TCC. O objetivo dessa etapa é promover a integração entre o modelo 3D, desenvolvido no Autodesk Revit, e o cronograma de execução do empreendimento, desenvolvido no Microsoft Project. Ao se realizar essa integração é possível visualizar em 3D o andamento da execução da obra.

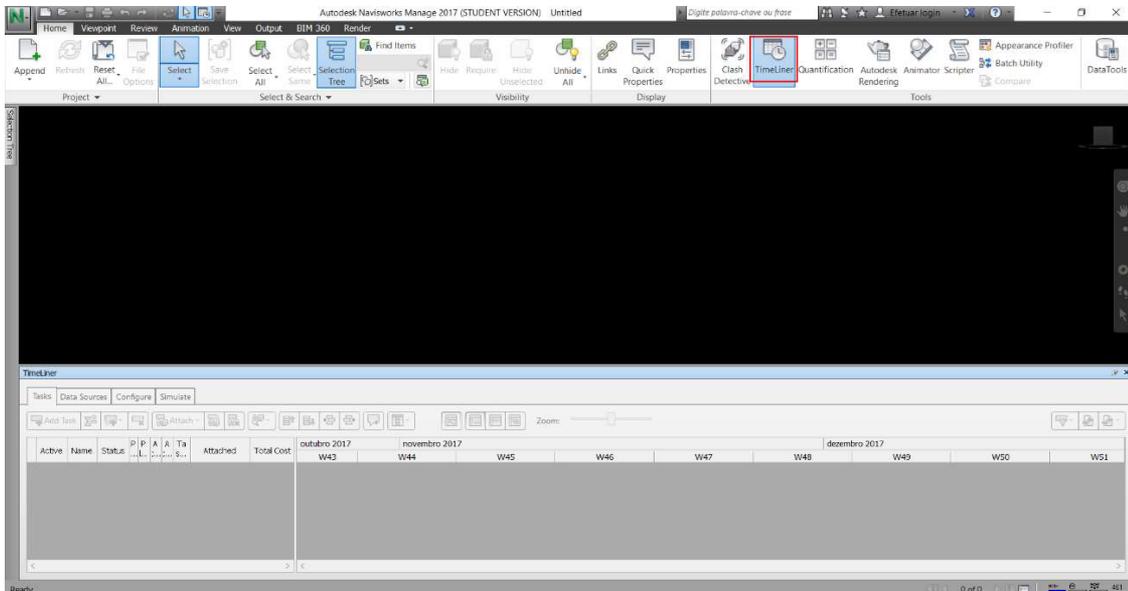
O software utilizado nessa etapa foi o Autodesk Navisworks, que permite a importação de arquivos desenvolvidos no Autodesk Revit e no Microsoft Project. Contudo, inicialmente foi necessário utilizar o Autodesk Revit para preparar o arquivo para importação. No caso do arquivo do Microsoft Project essa preparação não é necessária.

A atividade de gerar o arquivo para a importação é bastante simples, visto que os softwares envolvidos são desenvolvidos pela mesma empresa e foram elaborados para trabalhar em conjunto. Porém, existe uma importante diferença entre eles que faz com que seja preciso realizar algumas alterações no modelo 3D. O Autodesk Revit tem foco no desenvolvimento de modelos 3D, apresentando essas funcionalidades mais desenvolvidas e, por isso, os elementos são modelados como sólidos. Já o Autodesk Navisworks, visa a integração entre os diversos projetos que compõem um empreendimento, além de permitir que o prazo e o custo de execução sejam considerados nos modelos. Devido a essa grande quantidade de informações, o software trabalha apenas com a superfície dos elementos para que o modelo seja mais leve.

Essa diferença entre os softwares causa problemas para elementos que possuem mais de uma camada no modelo 3D, como uma parede de alvenaria – que possui os blocos cerâmicos, chapisco, reboco e pintura. Para esses elementos, o Autodesk Navisworks reconhece apenas a superfície da última camada, impedindo a visualização da execução de todas as camadas do elemento. Devido a essa diferença foi necessário realizar uma alteração no modelo 3D. Utilizando uma funcionalidade do Autodesk Revit, chamada “Criar Peças”, os elementos que possuem mais de uma camada foram desmembrados em diversos elementos, de forma que cada camada passou a ser um elemento único. Assim, todas as camadas passavam a ser reconhecidas pelo Autodesk Navisworks. Após essa alteração, o arquivo para importação foi gerado através de uma ferramenta específica.

Em seguida, foi iniciado o desenvolvimento do modelo 4D propriamente dito. Para isso, utilizou-se a ferramenta “Timeliner”, presente no Autodesk Navisworks. Essa ferramenta permite a integração entre o modelo 3D e o cronograma. A figura 18 mostra a interface do software para a utilização dessa ferramenta.

Figura 18 - Interface do Autodesk Navisworks

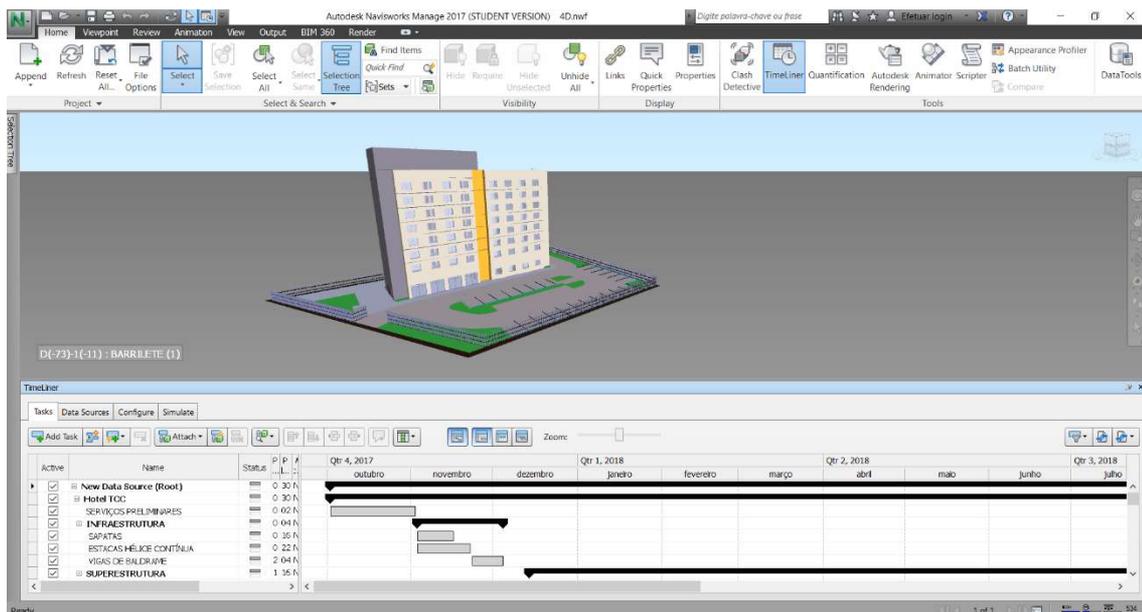


Fonte: Elaborado pelo autor

No painel superior da interface do software estão presentes diversas funcionalidades. A ferramenta “Timeliner” está destacada na figura 18. Abaixo do painel superior tem-se a região na qual o modelo 3D será inserido. O painel inferior representa as funcionalidades da ferramenta “Timeliner”. Nele é possível importar o arquivo do cronograma da obra, configurar especificações do modelo 4D e simular a execução do empreendimento. Além disso, na parte esquerda do painel inferior, após a importação do cronograma, é possível visualizar todas as atividades com suas respectivas durações e na parte direita é possível visualizar as barras horizontais que constituem o Gráfico de Gantt.

O modelo 4D começou a ser desenvolvido com a importação do cronograma e do modelo 3D. Essas atividades são simples de serem executadas através de ferramentas específicas. A figura 19 mostra a interface do software após a importação do modelo 3D e do cronograma de execução do empreendimento.

Figura 19 - Interface do Autodesk Navisworks Após a Importação do Modelo 3D e do Cronograma



Fonte: Elaborado pelo autor

Após as importações serem realizadas, efetuou-se a configuração do tipo de cada atividade. O software permite que as atividades sejam configuradas em três tipos diferentes, sendo eles:

- Demolição: para elementos pré-existentes que não façam parte do modelo final;
- Temporária: para elementos que surgem no decorrer da execução do empreendimento, mas não fazem parte do modelo final, como formas e andaimes;
- Construção: para elementos que serão construídos no decorrer da execução do empreendimento e fazem parte do modelo final.

Como não foram utilizados elementos construtivos intermediários no desenvolvimento do modelo e não havia nenhum elemento pré-existente, todas as atividades foram definidas como “Construção”.

Em seguida, foi realizada a principal tarefa necessária para a modelagem 4D: a vinculação de todos os elementos do modelo 3D às suas respectivas atividades no cronograma. O primeiro passo foi criar grupos de elementos que serão vinculados a uma mesma atividade, como todas as janelas de um pavimento ou todas as estacas da fundação. Para realizar esse passo foi necessário selecionar todos os elementos

do grupo e salvá-los em conjunto, criando diversos “Selection Sets” que devem ser nomeados. O ideal, para facilitar a vinculação entre os “Selection Sets” e as atividades do cronograma, é nomeá-los da mesma forma. Contudo, como o cronograma não foi desenvolvido com o número dos pavimentos no nome das atividades, não foi possível nomeá-los da mesma forma para não se criar grupos de elementos com o mesmo nome, no caso de atividades repetitivas entre os pavimentos.

Após a criação dos grupos procedeu-se à vinculação propriamente dita. O Autodesk Navisworks permite que essa vinculação seja feita de duas formas: automática e manual. A vinculação automática é mais prática e pode ser utilizada quando os “Selection Sets” possuem o mesmo nome das atividades do cronograma. Nesse caso o software reconhece a nomenclatura em comum e realiza a vinculação por conta própria. Já a vinculação manual exige que cada “Selection Set” seja vinculado à sua atividade correspondente de forma individual. Esse método de vinculação é mais trabalhoso e demorado pois exige que o procedimento seja repetido tantas vezes quantas forem a quantidade de atividades. No processo de modelagem 4D do Hotel TCC foi utilizado o método de vinculação manual, uma vez que os “Selection Sets” e as atividades do cronograma possuíam nomenclaturas diferentes.

Para finalizar é preciso configurar a forma de visualização das atividades que estão em execução em um dado momento, a fim de diferenciá-las das atividades já concluídas. O software permite que sejam definidas configurações diferentes para cada um dos três tipos de atividades já citados. Como o modelo utiliza apenas o tipo de “Construção”, este foi o único que teve suas configurações definidas. As atividades em execução foram configuradas para serem visualizadas na cor verde.

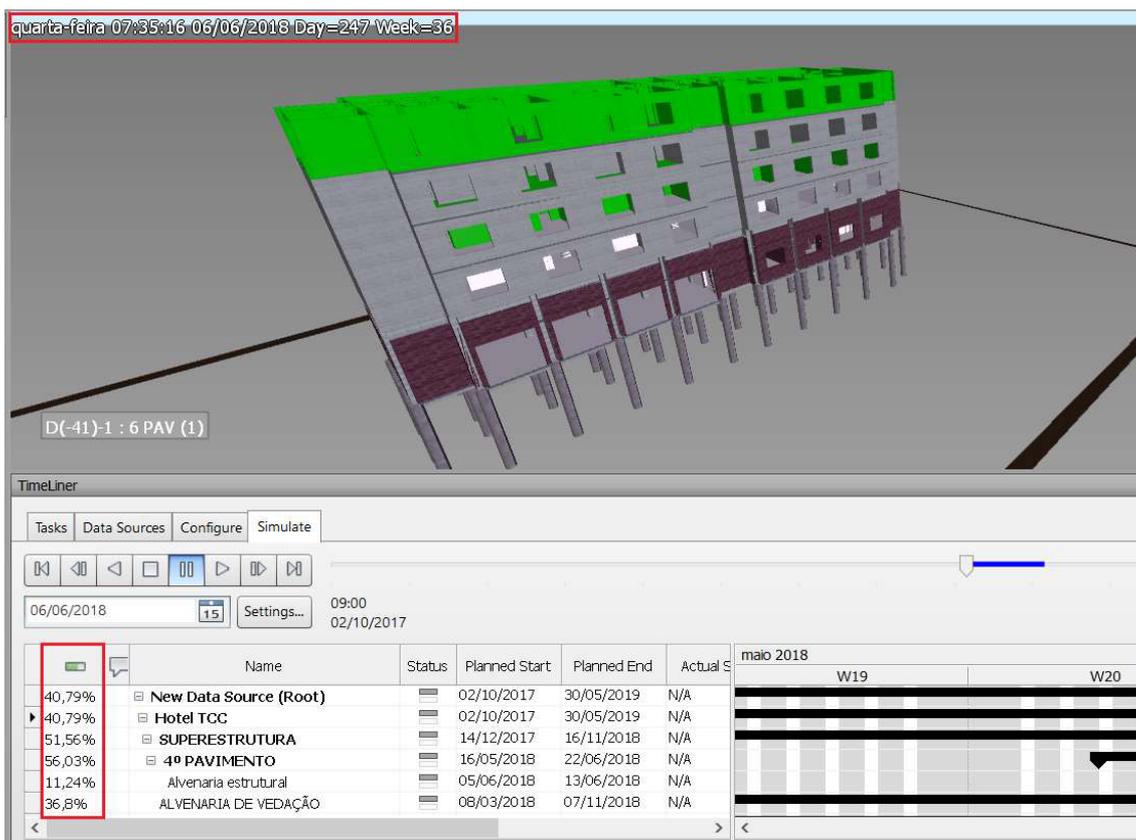
Com isso, o modelo 4D do Hotel TCC está finalizado. O modelo permite a visualização em 3D, em um dado momento, de todas as atividades já finalizadas e de todas as atividades em execução, além de mostrar a porcentagem de conclusão do que está sendo executado. É possível a visualização do modelo no formato de vídeo – que mostra toda a execução do empreendimento – e no formato de imagens – que mostram o avanço da execução em momentos determinados.

A figura 20 mostra a 36ª semana de obra. No seu canto superior esquerdo é possível visualizar a data correspondente àquele avanço na execução do empreendimento, conforme destacado na figura 20. Também foi destacado, no canto inferior esquerdo, a porcentagem de conclusão das atividades que estão sendo

executadas naquele momento. Devido ao espaço limitado, a figura 20 não mostra a porcentagem de conclusão de todas as atividades que estão em execução, porém é possível visualizar esses dados para todas as atividades usando a barra de rolamento presente no software.

Olhando para o modelo 3D na figura 20 é possível ver a cor verde nos pavimentos 2, 3 e 4, indicando que existem atividades em execução nesses pavimentos. No pavimento 2 a cor verde está presente nas paredes, indicando a execução dos serviços de acabamento das paredes. No pavimento 3 a cor verde está presente no piso, indicando a execução dos serviços de acabamento do piso com a colocação do porcelanato. Por último, no pavimento 4, está indicado o serviço de execução da alvenaria estrutural.

Figura 20 - Autodesk Navisworks-36ª Semana de Execução da Obra

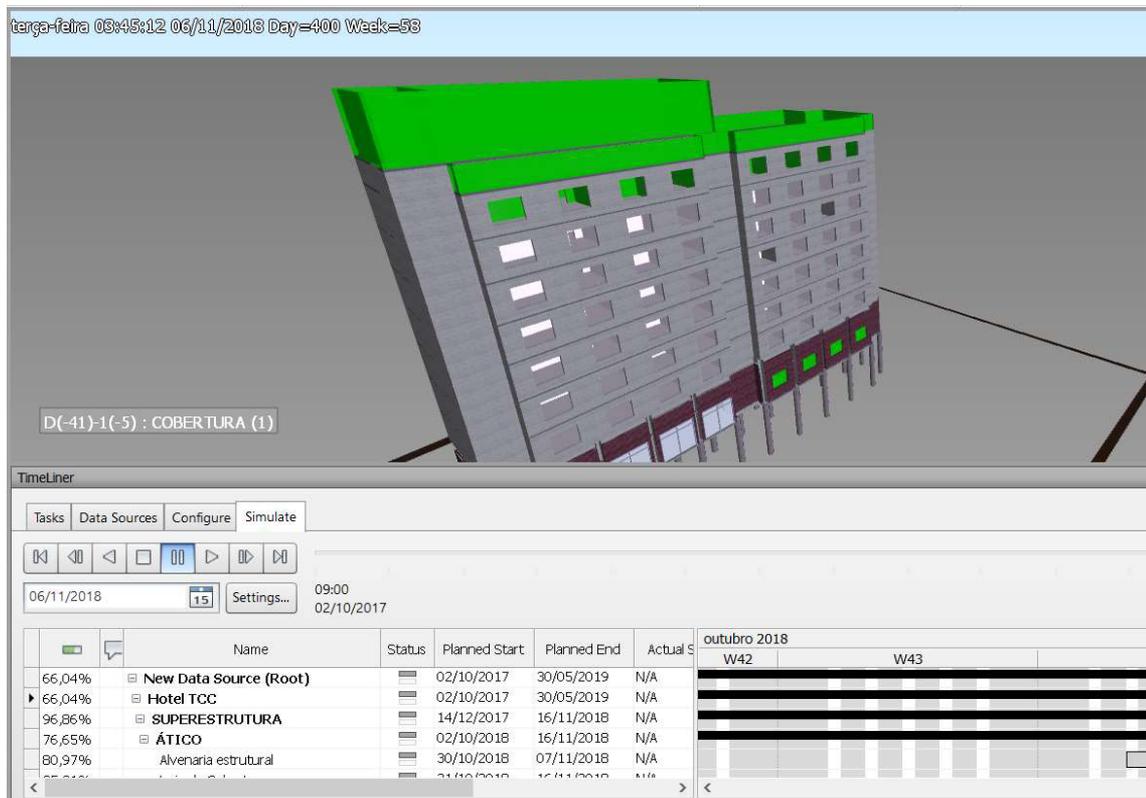


Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 21 mostra mais um exemplo de um momento da execução do empreendimento, permitindo a visualização do modelo na 58ª semana de obra. No momento representado existem atividades em execução em 4 pavimentos diferentes. No térreo está sendo feita a instalação de janelas; no pavimento 7 está

sendo feito o acabamento das paredes; no barrilete e no ático está ocorrendo a execução de alvenaria de vedação.

Figura 21 - Autodesk Navisworks-58ª Semana de Execução da Obra



Fonte: Elaborado pelo autor

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1. DESENVOLVIMENTO DO CRONOGRAMA

O empreendimento em questão, após ter a obra finalizada, será um hotel. É importante no caso de empreendimentos comerciais, com destaque para hotéis, que a execução da obra seja rápida, mesmo que isso resulte em um maior custo de execução, pois o proprietário do empreendimento espera um retorno financeiro que só ocorre após o início da utilização do hotel. Dessa forma, buscou-se no desenvolvimento do cronograma garantir um curto prazo de execução para a obra. Como os custos não estavam envolvidos nesse estudo, considerou-se apenas limitações técnicas quanto ao número de equipes e período necessário de espera entre certas atividades.

O desenvolvimento da EAP não apresentou grandes dificuldades, visto que as atividades necessárias para a execução do empreendimento eram bem conhecidas, bem como os pacotes de trabalho que devem ser realizados para que essas atividades sejam concluídas. A “EAP – Completa” é uma boa representação das atividades que compõem o Hotel TCC. O modelo de EAP apresentado no trabalho, denominado “EAP – Modelo 4D”, foi necessário apenas para estar de acordo com as limitações do modelo 3D.

A determinação da duração das atividades foi mais trabalhosa devido à necessidade de levantar os quantitativos de cada atividade e de retirar os índices de produtividade da tabela do SINAPI, uma planilha com mais de 30 mil linhas. O ideal é que as construtoras desenvolvam seus próprios índices, customizados às características da sua mão de obra, para ter um resultado mais preciso. Como já comentado, a construtora não possui esses índices, o que resultou na necessidade de consulta ao SINAPI. Com relação ao tempo de execução das atividades, foi possível obter durações suficientemente curtas sem que isso resultasse em uma quantidade excessiva de equipes.

A elaboração do cronograma no Microsoft Project, com a definição do sequenciamento entre as atividades, buscou reduzir ao máximo o tempo entre elas, sempre respeitando limitações técnicas e de movimentação no canteiro, com objetivo de garantir um curto prazo para conclusão da obra. Foi possível programar a execução da estrutura dos pavimentos com duração de 28 dias. Diferentes serviços de

acabamento aconteciam simultaneamente no mesmo pavimento, o que é possível de ser executado em uma área de 370 m². Além disso, os serviços de acabamento foram iniciados no prazo mínimo necessário para garantir frente de trabalho em todos os pavimentos mantendo um ritmo de execução constante. Os mesmos princípios utilizados na programação do acabamento foram repetidos para as esquadrias.

Com isso, foi possível garantir que o acabamento interno dos pavimentos tipo estivesse finalizado no mesmo dia da concretagem da última laje, na cobertura do ático. As esquadrias de toda a obra foram programadas para estarem instaladas apenas 12 dias após a concretagem da última laje. O prazo total de execução da obra foi de 1 ano e 7 meses.

6.2. MODELAGEM 3D

O Autodesk Revit, software utilizado na modelagem 3D, se mostrou uma boa escolha para o desenvolvimento do modelo. O software possui muitos elementos em sua biblioteca, o que elimina a necessidade de desenvolvê-los por conta própria. Além disso, é possível armazenar os elementos desenvolvidos para serem utilizados novamente, em caso de necessidade. Outro ponto positivo do software que garantiu dinamicidade e rapidez no desenvolvimento do modelo é a possibilidade de copiar elementos e colá-los em níveis diferentes. Com isso, o pavimento tipo precisou ser modelado uma única vez e em seguida foi apenas replicado nos demais níveis.

Foi verificado ao longo do desenvolvimento do modelo 3D a possibilidade de se explorar outras funcionalidades do software com o objetivo de extrair informações que contribuam para o desenvolvimento do modelo 4D. É possível extrair do Autodesk Revit uma planilha com os quantitativos de cada elemento e, com isso, não é preciso realizar esse levantamento como foi feito na etapa de desenvolvimento do cronograma.

6.3. MODELAGEM 4D

O Autodesk Navisworks, software utilizado na modelagem 4D, também se mostrou uma boa escolha. A interoperabilidade com demais softwares da Autodesk e até mesmo com softwares desenvolvidos por outras empresas, como o Microsoft Project, garante a possibilidade de integração completa entre projetos. Além disso, a interface do software é bastante amigável ao usuário facilitando o aprendizado e a utilização completa das ferramentas disponíveis por iniciantes.

O modelo 4D gerado pelo software é muito completo e permite uma visualização fácil, clara e precisa das atividades que estão acontecendo na obra em um determinado momento. O acesso a essas informações é uma importante ferramenta na tomada de decisões relativas ao andamento da obra.

É importante destacar a existência de dois métodos de vinculação entre elementos do modelo 3D e atividades do cronograma: automática e manual. O método manual, utilizado nesse trabalho, é muito demorado e trabalhoso uma vez que exige a repetição da vinculação para cada atividade do cronograma. Sabendo do método de vinculação automática, o desenvolvimento do cronograma com os nomes das atividades definidos de forma a possibilitar a utilização desse método é a melhor opção.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho atendeu aos objetivos propostos. Obteve-se o modelo 4D do empreendimento e, como requisitos para o seu desenvolvimento, também foram desenvolvidos o cronograma de execução e o modelo 3D do empreendimento. Contudo, mais do que desenvolver um modelo 4D, foi possível mostrar a viabilidade do processo de desenvolvimento do modelo e os benefícios trazidos pelo seu produto final.

O modelo 4D permite o acesso fácil e claro a importantes dados do processo de execução da obra. Esses dados são elementos importantes para a tomada de decisão com relação a alocação de equipes, compra de materiais, disponibilidade de frentes de trabalho, movimentação de pessoas e equipamentos no canteiro de obras, local de armazenagem de materiais, entre outros. O acesso a todas essas informações é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de um melhor planejamento da execução de empreendimentos, apontado pela Ernst & Young, através de um levantamento já apresentado no item 1.1, como uma das principais alavancas para impulsionar a produtividade na construção civil, como já citado na introdução.

É importante destacar que se observaram benefícios de alterar a ordem entre a primeira e a segunda etapa da metodologia proposta. Iniciando o processo pelo desenvolvimento do modelo 3D é possível extrair os quantitativos desse modelo, poupando trabalho e tempo na etapa de desenvolvimento do cronograma. Quanto ao desenvolvimento do cronograma, se verificou a importância de inserir o número do pavimento no nome das atividades para possibilitar uma vinculação automática entre elementos do modelo 3D e atividades do cronograma, no Autodesk Navisworks. Dessa forma, o processo proposto para o desenvolvimento do modelo não apresenta grandes dificuldades, além de garantir maior precisão no levantamento de quantitativos, constituindo, assim, um modelo viável de ser implantado em empresas do setor.

7.1. SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

Através do contato mais próximo que se teve com a plataforma BIM ao longo do desenvolvimento do trabalho foi possível identificar outras ferramentas que fornecem importantes informações relativas a compatibilização de projetos,

orçamentação, cronograma físico-financeiro, controle do avanço da execução da obra e logística do canteiro de obras. Sendo assim, serão apresentadas sugestões para futuros trabalhos visando o desenvolvimento de métodos para utilização de outras ferramentas da plataforma BIM em empresas de construção civil, o que certamente é fundamental para reverter o panorama de baixa produtividade apresentado na introdução. Tem-se como sugestões:

- A utilização de ferramenta do Autodesk Navisworks que permite a identificação de incompatibilização entre projetos, permitindo a solução dessas interferências antes do início da obra;
- O desenvolvimento da modelagem 3D de forma altamente detalhada, como ferramenta para se obter um levantamento de quantitativos preciso, permitindo a elaboração de um orçamento mais fiel a realidade;
- A utilização da ferramenta de modelagem 5D do Autodesk Navisworks através da vinculação dos elementos do modelo 3D aos seus respectivos custos de execução;
- A retroalimentação dos modelos 4D e 5D no Autodesk Navisworks através da inserção de dados reais da execução da obra, facilitando a visualização dos dados relativos ao controle da execução;
- Modelagem de elementos construtivos – como formas e escoras – e de equipamentos – como elevadores de obra e guias – permitindo uma visualização mais completa do canteiro de obras para subsidiar uma melhor tomada de decisões referentes à sua logística.

REFERÊNCIAS

- AKKARI, A. **Interligação Entre o Planejamento de Longo, Médio e Curto Prazo com o Uso do Pacote Computacional MS Project**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2003.
- ANUMBA, C. et al. **BIM – Project Execution and Planning Guide**. Estados Unidos da América: The Computer Integrated Construction Research Project, 2010.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção**. Tese (Doutorado em Engenharia) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2001.
- COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de Médio Prazo na Construção Civil**. Porto Alegre: UFRGS/PPGEC, 2003.
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 1st ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.; OLIVEIRA, L.F.; OLIVEIRA, K. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS/SINDUSCON/SP, 1999.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process**. Construction Management and Economics, London, United States, 1987.
- MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Editora Pini, 2010.
- MERA, J. L. **Modelagem e Compatibilização de Projetos, com Ênfase no Uso de Softwares**. Ijuí, 2015.
- MORDUE, S., et al. **Bulding Information Modeling for Dummies**. 1a. edição. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2016.
- PRADO, R. **Aplicação e Acompanhamento da Programação de Obras em Edifícios de Múltiplos Pavimentos Utilizando a Técnica Linha de Balanço**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2002.

REDDY, K. P. **BIM For Building Owners and Developers – Making a Business Case for Using BIM on Projects.** Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2012.

SILVEIRA, S. J. **Programa para Interoperabilidade entre Softwares de Planejamento e Editoração Gráfica para o Desenvolvimento do Planejamento 4D.** Florianópolis, 2005.

SITE DA CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices.** Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_556> Acesso em: 12 de setembro de 2017.

SITE DA ERNST & YOUNG. **Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil.** Disponível em: <[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY_Estudo_Produtividade_na_Construcao_Civil/\\$FILE/Estudo_Real_Estate.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY_Estudo_Produtividade_na_Construcao_Civil/$FILE/Estudo_Real_Estate.pdf)> Acesso em: 08 de novembro de 2017.

SITE DA MCKINSEY. **Reinventando o setor de construção por meio de uma revolução na produtividade.** Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution/pt-br>> Acesso em: 08 de novembro de 2017.

SOARES, A. C. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Porto Alegre: UFRGS, 2003.

Apêndice A – Quadro Duração-Recursos

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
1	SERVIÇOS PRELIMINARES							
1.1	LIMPEZA DO TERRENO	m ²	2700,00	0,25	8	84,38	10	9
1.2	MONTAGEM DO TAPUME	m ²	536,00	0,8	8	53,60	7	8
1.3	MONTAGEM DO CANTEIRO DE OBRA	m ²	50,00	0,98	8	6,13	6	1
1.4	LOCAÇÃO DA OBRA	m ²	2700,00	0,1	8	33,75	7	5
2	INFRAESTRUTURA							
2.1	SAPATAS							
2.1.1	<i>Escavação</i>	m ³	1,20	2,36	8	0,35	1	1
2.1.2	<i>Montagem das formas</i>	m ²	2,90	4,37	8	1,58	1	2
2.1.3	<i>Montagem da armadura</i>	Kg	93,50	0,089	8	1,04	1	1
2.1.4	<i>Concretagem</i>	m ³	0,90	4,9	8	0,55	1	1
2.1.5	<i>Reaterro</i>	m ³	0,30	3	8	0,11	1	1
2.2	ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA							
2.2.1	<i>Montagem da armadura</i>	Kg	5689,50	0,057	8	40,54	10	4
2.2.2	<i>Execução da estaca hélice contínua</i>	m	803,00	0,063	8	6,32	3	2
2.3	VIGAS DE BALDRAME							
2.3.1	<i>Montagem das formas</i>	m ²	157,30	1,56	8	30,67	5	6
2.3.2	<i>Montagem da armadura</i>	Kg	760,00	0,089	8	8,46	5	2
2.3.3	<i>Concretagem</i>	m ³	11,10	0,36	8	0,50	1	1
3	SUPERESTRUTURA							
3.1	TÉRREO							
3.1.1	<i>Piso armado</i>							
3.1.1.1	<i>Execução do piso de concreto com armação</i>	m ²	436,47	0,26	8	14,19	5	3
3.1.2	<i>Pilares</i>							
3.1.2.1	<i>Montagem das formas</i>	m ²	370,94	3,42	8	158,58	15	11
3.1.2.2	<i>Montagem da armadura</i>	Kg	3077,00	0,053	8	20,39	10	2
3.1.2.3	<i>Concretagem</i>	m ³	35,68	1,19	8	5,31	1	5
3.1.3	<i>Escada</i>							
3.1.3.1	<i>Montagem das formas</i>	m ²	86,68	1,88	8	20,37	5	4
3.1.3.2	<i>Montagem da armadura</i>	Kg	760,00	0,094	8	8,93	9	1
3.1.3.3	<i>Concretagem</i>	m ³	10,20	0,56	8	0,71	1	1
3.2	1º PAVIMENTO							
3.2.1	<i>Vigas</i>							
3.2.1.1	<i>Montagem das formas</i>	m ²	382,71	2,48	8	118,64	11	11
3.2.1.2	<i>Montagem da armadura</i>	m ³	2439,00	0,053	8	16,16	8	2
3.2.1.3	<i>Concretagem</i>	m ³	57,82	0,59	8	4,26	1	4
3.2.2	<i>Lajes</i>							
3.2.2.1	<i>Montagem das formas</i>	m ²	353,30	0,42	8	18,55	6	3
3.2.2.2	<i>Montagem da armadura</i>	Kg	4952,00	0,035	8	21,67	6	4
3.2.2.3	<i>Concretagem</i>	m ³	53,00	0,59	8	3,91	1	4
3.2.3	<i>Alvenaria estrutural</i>							

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
3.2.3.1	Assentamento dos blocos	m ²	768,70	0,74	8	71,10	7	10
3.2.4	Escada							
3.2.4.1	Montagem das formas	m ²	86,68	1,88	8	20,37	6	3
3.2.4.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,094	8	8,93	6	1
3.2.4.3	Concretagem	m ³	10,20	0,56	8	0,71	1	1
3.3	2º PAVIMENTO							
3.3.1	Lajes							
3.3.1.1	Montagem das formas	m ²	353,30	0,42	8	18,55	6	3
3.3.1.2	Montagem da armadura	Kg	4952,00	0,035	8	21,67	6	4
3.3.1.3	Concretagem	m ³	53,00	0,59	8	3,91	1	4
3.3.2	Alvenaria estrutural							
3.3.2.1	Assentamento dos blocos	m ²	768,70	0,74	8	71,10	7	10
3.3.3	Escada							
3.3.3.1	Montagem das formas	m ²	86,68	1,88	8	20,37	6	3
3.3.3.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,094	8	8,93	6	1
3.3.3.3	Concretagem	m ³	10,20	0,56	8	0,71	1	1
3.4	3º PAVIMENTO							
3.4.1	Lajes							
3.4.1.1	Montagem das formas	m ²	353,30	0,42	8	18,55	6	3
3.4.1.2	Montagem da armadura	Kg	4952,00	0,035	8	21,67	6	4
3.4.1.3	Concretagem	m ³	53,00	0,59	8	3,91	1	4
3.4.2	Alvenaria estrutural							
3.4.2.1	Assentamento dos blocos	m ²	768,70	0,74	8	71,10	7	10
3.4.3	Escada							
3.4.3.1	Montagem das formas	m ²	86,68	1,88	8	20,37	6	3
3.4.3.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,094	8	8,93	6	1
3.4.3.3	Concretagem	m ³	10,20	0,56	8	0,71	1	1
3.5	4º PAVIMENTO							
3.5.1	Lajes							
3.5.1.1	Montagem das formas	m ²	353,30	0,42	8	18,55	6	3
3.5.1.2	Montagem da armadura	Kg	4952,00	0,035	8	21,67	6	4
3.5.1.3	Concretagem	m ³	53,00	0,59	8	3,91	1	4
3.5.2	Alvenaria estrutural							
3.5.2.1	Assentamento dos blocos	m ²	768,70	0,74	8	71,10	7	10
3.5.3	Escada							
3.5.3.1	Montagem das formas	m ²	86,68	1,88	8	20,37	6	3
3.5.3.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,094	8	8,93	6	1
3.5.3.3	Concretagem	m ³	10,20	0,56	8	0,71	1	1
3.6	5º PAVIMENTO							
3.6.1	Lajes							
3.6.1.1	Montagem das formas	m ²	353,30	0,42	8	18,55	6	3

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
3.6.1.2	Montagem da armadura	Kg	4952,00	0,035	8	21,67	6	4
3.6.1.3	Concretagem	m³	53,00	0,59	8	3,91	1	4
3.6.2	Alvenaria estrutural							
3.6.2.1	Assentamento dos blocos	m²	768,70	0,74	8	71,10	7	10
3.6.3	Escada							
3.6.3.1	Montagem das formas	m²	86,68	1,88	8	20,37	6	3
3.6.3.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,094	8	8,93	6	1
3.6.3.3	Concretagem	m³	10,20	0,56	8	0,71	1	1
3.7	6º PAVIMENTO							
3.7.1	Lajes							
3.7.1.1	Montagem das formas	m²	353,30	0,42	8	18,55	10	2
3.7.1.2	Montagem da armadura	Kg	4952,00	0,035	8	21,67	10	2
3.7.1.3	Concretagem	m³	53,00	0,59	8	3,91	1	4
3.7.2	Alvenaria estrutural							
3.7.2.1	Assentamento dos blocos	m²	768,70	0,74	8	71,10	7	10
3.7.3	Escada							
3.7.3.1	Montagem das formas	m²	86,68	1,88	8	20,37	6	3
3.7.3.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,094	8	8,93	6	1
3.7.3.3	Concretagem	m³	10,20	0,56	8	0,71	1	1
3.8	7º PAVIMENTO							
3.8.1	Lajes							
3.8.1.1	Montagem das formas	m²	353,30	0,42	8	18,55	6	3
3.8.1.2	Montagem da armadura	Kg	4952,00	0,035	8	21,67	6	4
3.8.1.3	Concretagem	m³	53,00	0,59	8	3,91	1	4
3.8.2	Alvenaria estrutural							
3.8.2.1	Assentamento dos blocos	m²	768,70	0,74	8	71,10	7	10
3.8.3	Escada							
3.8.3.1	Montagem das formas	m²	86,68	1,88	8	20,37	6	3
3.8.3.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,094	8	8,93	6	1
3.8.3.3	Concretagem	m³	10,20	0,56	8	0,71	1	1
3.9	BARRILETE							
3.9.1	Lajes							
3.9.1.1	Montagem das formas	m²	353,30	0,42	8	18,55	6	3
3.9.1.2	Montagem da armadura	Kg	4952,00	0,035	8	21,67	6	4
3.9.1.3	Concretagem	m³	53,00	0,59	8	3,91	1	4
3.9.2	Alvenaria estrutural							
3.9.2.1	Assentamento dos blocos	m²	183,73	0,74	8	17,00	7	3
3.9.3	Escada							
3.9.3.1	Montagem das formas	m²	86,68	1,88	8	20,37	12	2
3.9.3.2	Montagem da armadura	Kg	760,00	0,094	8	8,93	2	4
3.9.3.3	Concretagem	m³	10,20	0,56	8	0,71	1	1

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
3.10	ÁTICO							
3.10.1	Lajes							
3.10.1.1	Montagem das formas	m ²	158,60	3,97	8	78,71	12	7
3.10.1.2	Montagem da armadura	Kg	2305,00	0,035	8	10,08	3	3
3.10.1.3	Concretagem	m ³	24,60	0,59	8	1,81	1	2
3.10.2	Alvenaria estrutural							
3.10.2.1	Assentamento dos blocos	m ²	271,11	0,74	8	25,08	7	4
3.10.3	Laje da Cobertura							
3.10.3.1	Montagem das formas	m ²	170,70	3,97	8	84,71	12	7
3.10.3.2	Montagem da armadura	Kg	159,80	0,035	8	0,70	1	1
3.10.3.3	Concretagem	m ³	26,80	0,59	8	1,98	1	2
4	ALVENARIA DE VEDAÇÃO							
4.1	TÉRREO							
4.1.1	Assentamento dos blocos	m ²	993,26	2,72	8	337,71	15	23
4.2	BARRILETE							
4.2.1	Assentamento dos blocos	m ²	133,7	2,72	8	45,46	7	7
5	REVESTIMENTO/ACABAMENTO							
5.1	TÉRREO							
5.1.1	Piso							
5.1.1.1	Execução do contrapiso	m ²	436,47	0,33	8	18,00	3	6
5.1.1.3	Assentamento do porcelanato	m ²	436,47	0,61	8	33,28	4	8
5.1.2	Paredes Internas							
5.1.2.1	Chapisco	m ²	409,80	0,042	8	2,15	2	1
5.1.2.2	Reboco	m ²	409,80	0,47	8	24,08	4	6
5.1.2.3	Selador	m ²	409,80	0,027	8	1,38	1	2
5.1.2.4	Pintura	m ²	409,80	0,13	8	6,66	3	2
5.1.3	Paredes Externas							
5.1.3.1	Chapisco	m ²	211,00	0,11	8	2,90	3	1
5.1.3.2	Reboco	m ²	211,00	0,78	8	20,57	4	5
5.1.3.3	Selador	m ²	211,00	0,047	8	1,24	1	1
5.1.3.4	Pintura	m ²	211,00	0,26	8	6,86	3	2
5.1.4	Forro							
5.1.4.1	Execução do Forro	m ²	386,42	0,8	8	38,64	9	4
5.2	1º PAVIMENTO							
5.2.1	Piso							
5.2.1.1	Execução do contrapiso	m ²	421,23	0,33	8	17,38	3	6
5.2.1.3	Assentamento do porcelanato	m ²	421,23	0,61	8	32,12	4	8
5.2.2	Paredes Internas							
5.2.2.1	Chapisco	m ²	1317,35	0,042	8	6,92	4	2
5.2.2.2	Reboco	m ²	1317,35	0,47	8	77,39	10	8
5.2.2.3	Selador	m ²	1317,35	0,027	8	4,45	2	2

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
5.2.2.4	Pintura	m ²	1317,35	0,13	8	21,41	4	5
5.2.3	Paredes Externas							
5.2.3.1	Chapisco	m ²	208,11	0,11	8	2,86	3	1
5.2.3.2	Reboco	m ²	208,11	0,78	8	20,29	4	5
5.2.3.3	Selador	m ²	208,11	0,047	8	1,22	1	1
5.2.3.4	Pintura	m ²	208,11	0,26	8	6,76	3	2
5.2.4	Teto							
5.2.4.1	Chapisco	m ²	367,79	0,038	8	1,75	1	2
5.2.4.2	Reboco	m ²	367,79	0,79	8	36,32	5	7
5.2.4.3	Selador	m ²	367,79	0,036	8	1,66	1	2
5.2.4.4	Pintura	m ²	367,79	0,17	8	7,82	2	4
5.2.5	Forro							
5.2.5.1	Execução do Forro	m ²	53,44	0,8	8	5,34	2	3
5.3	2º PAVIMENTO							
5.3.1	Piso							
5.3.1.1	Execução do contrapiso	m ²	421,23	0,33	8	17,38	3	6
5.3.1.3	Assentamento do porcelanato	m ²	421,23	0,61	8	32,12	4	8
5.3.2	Paredes Internas							
5.3.2.1	Chapisco	m ²	1317,35	0,042	8	6,92	4	2
5.3.2.2	Reboco	m ²	1317,35	0,47	8	77,39	10	8
5.3.2.3	Selador	m ²	1317,35	0,027	8	4,45	2	2
5.3.2.4	Pintura	m ²	1317,35	0,13	8	21,41	4	5
5.3.3	Paredes Externas							
5.3.3.1	Chapisco	m ²	208,11	0,11	8	2,86	3	1
5.3.3.2	Reboco	m ²	208,11	0,78	8	20,29	4	5
5.3.3.3	Selador	m ²	208,11	0,047	8	1,22	1	1
5.3.3.4	Pintura	m ²	208,11	0,26	8	6,76	3	2
5.3.4	Teto							
5.3.4.1	Chapisco	m ²	367,79	0,038	8	1,75	1	2
5.3.4.2	Reboco	m ²	367,79	0,79	8	36,32	5	7
5.3.4.3	Selador	m ²	367,79	0,036	8	1,66	1	2
5.3.4.4	Pintura	m ²	367,79	0,17	8	7,82	2	4
5.3.5	Forro							
5.3.5.1	Execução do Forro	m ²	53,44	0,8	8	5,34	2	3
5.4	3º PAVIMENTO							
5.4.1	Piso							
5.4.1.1	Execução do contrapiso	m ²	421,23	0,33	8	17,38	3	6
5.4.1.2	Assentamento do porcelanato	m ²	421,23	0,61	8	32,12	4	8
5.4.2	Paredes Internas							
5.4.2.1	Chapisco	m ²	1317,35	0,042	8	6,92	4	2
5.4.2.2	Reboco	m ²	1317,35	0,47	8	77,39	10	8

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
5.4.2.3	Selador	m ²	1317,35	0,027	8	4,45	2	2
5.4.2.4	Pintura	m ²	1317,35	0,13	8	21,41	4	5
5.4.3	Paredes Externas							
5.4.3.1	Chapisco	m ²	208,11	0,11	8	2,86	3	1
5.4.3.2	Reboco	m ²	208,11	0,78	8	20,29	4	5
5.4.3.3	Selador	m ²	208,11	0,047	8	1,22	1	1
5.4.3.4	Pintura	m ²	208,11	0,26	8	6,76	3	2
5.4.4	Teto							
5.4.4.1	Chapisco	m ²	367,79	0,038	8	1,75	1	2
5.4.4.2	Reboco	m ²	367,79	0,79	8	36,32	5	7
5.4.4.3	Selador	m ²	367,79	0,036	8	1,66	1	2
5.4.4.4	Pintura	m ²	367,79	0,17	8	7,82	2	4
5.4.5	Forro							
5.4.5.1	Execução do Forro	m ²	53,44	0,8	8	5,34	2	3
5.5	4º PAVIMENTO							
5.5.1	Piso							
5.5.1.1	Execução do contrapiso	m ²	421,23	0,33	8	17,38	3	6
5.5.1.2	Assentamento do porcelanato	m ²	421,23	0,61	8	32,12	4	8
5.5.2	Paredes Internas							
5.5.2.1	Chapisco	m ²	1317,35	0,042	8	6,92	4	2
5.5.2.2	Reboco	m ²	1317,35	0,47	8	77,39	10	8
5.5.2.3	Selador	m ²	1317,35	0,027	8	4,45	2	2
5.5.2.4	Pintura	m ²	1317,35	0,13	8	21,41	4	5
5.5.3	Paredes Externas							
5.5.3.1	Chapisco	m ²	208,11	0,11	8	2,86	3	1
5.5.3.2	Reboco	m ²	208,11	0,78	8	20,29	4	5
5.5.3.3	Selador	m ²	208,11	0,047	8	1,22	1	1
5.5.3.4	Pintura	m ²	208,11	0,26	8	6,76	3	2
5.5.4	Teto							
5.5.4.1	Chapisco	m ²	367,79	0,038	8	1,75	1	2
5.5.4.2	Reboco	m ²	367,79	0,79	8	36,32	5	7
5.5.4.3	Selador	m ²	367,79	0,036	8	1,66	1	2
5.5.4.4	Pintura	m ²	367,79	0,17	8	7,82	2	4
5.5.5	Forro							
5.5.5.1	Execução do Forro	m ²	53,44	0,8	8	5,34	2	3
5.6	5º PAVIMENTO							
5.6.1	Piso							
5.6.1.1	Execução do contrapiso	m ²	421,23	0,33	8	17,38	3	6
5.6.1.2	Assentamento do porcelanato	m ²	421,23	0,61	8	32,12	4	8
5.6.2	Paredes Internas							
5.6.2.1	Chapisco	m ²	1317,35	0,042	8	6,92	4	2

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
5.6.2.2	Reboco	m ²	1317,35	0,47	8	77,39	10	8
5.6.2.3	Selador	m ²	1317,35	0,027	8	4,45	2	2
5.6.2.4	Pintura	m ²	1317,35	0,13	8	21,41	4	5
5.6.3	<i>Paredes Externas</i>							
5.6.3.1	Chapisco	m ²	208,11	0,11	8	2,86	3	1
5.6.3.2	Reboco	m ²	208,11	0,78	8	20,29	4	5
5.6.3.3	Selador	m ²	208,11	0,047	8	1,22	1	1
5.6.3.4	Pintura	m ²	208,11	0,26	8	6,76	3	2
5.6.4	<i>Teto</i>							
5.6.4.1	Chapisco	m ²	367,79	0,038	8	1,75	1	2
5.6.4.2	Reboco	m ²	367,79	0,79	8	36,32	5	7
5.6.4.3	Selador	m ²	367,79	0,036	8	1,66	1	2
5.6.4.4	Pintura	m ²	367,79	0,17	8	7,82	2	4
5.6.5	<i>Forro</i>							
5.6.5.1	Execução do Forro	m ²	53,44	0,8	8	5,34	2	3
5.7	6º PAVIMENTO							
5.7.1	<i>Piso</i>							
5.7.1.1	Execução do contrapiso	m ²	421,23	0,33	8	17,38	3	6
5.7.1.2	Assentamento do porcelanato	m ²	421,23	0,61	8	32,12	4	8
5.7.2	<i>Paredes Internas</i>							
5.7.2.1	Chapisco	m ²	1317,35	0,042	8	6,92	4	2
5.7.2.2	Reboco	m ²	1317,35	0,47	8	77,39	10	8
5.7.2.3	Selador	m ²	1317,35	0,027	8	4,45	2	2
5.7.2.4	Pintura	m ²	1317,35	0,13	8	21,41	4	5
5.7.3	<i>Paredes Externas</i>							
5.7.3.1	Chapisco	m ²	208,11	0,11	8	2,86	3	1
5.7.3.2	Reboco	m ²	208,11	0,78	8	20,29	4	5
5.7.3.3	Selador	m ²	208,11	0,047	8	1,22	1	1
5.7.3.4	Pintura	m ²	208,11	0,26	8	6,76	3	2
5.7.4	<i>Teto</i>							
5.7.4.1	Chapisco	m ²	367,79	0,038	8	1,75	1	2
5.7.4.2	Reboco	m ²	367,79	0,79	8	36,32	5	7
5.7.4.3	Selador	m ²	367,79	0,036	8	1,66	1	2
5.7.4.4	Pintura	m ²	367,79	0,17	8	7,82	2	4
5.7.5	<i>Forro</i>							
5.7.5.1	Execução do Forro	m ²	53,44	0,8	8	5,34	2	3
5.8	7º PAVIMENTO							
5.8.1	<i>Piso</i>							
5.8.1.1	Execução do contrapiso	m ²	421,23	0,33	8	17,38	3	6
5.8.1.2	Assentamento do porcelanato	m ²	421,23	0,61	8	32,12	4	8
5.8.2	<i>Paredes Internas</i>							

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
5.8.2.1	Chapisco	m ²	1317,35	0,042	8	6,92	4	2
5.8.2.2	Reboco	m ²	1317,35	0,47	8	77,39	10	8
5.8.2.3	Selador	m ²	1317,35	0,027	8	4,45	2	2
5.8.2.4	Pintura	m ²	1317,35	0,13	8	21,41	4	5
5.8.3	Paredes Externas							
5.8.3.1	Chapisco	m ²	208,11	0,11	8	2,86	3	1
5.8.3.2	Reboco	m ²	208,11	0,78	8	20,29	4	5
5.8.3.3	Selador	m ²	208,11	0,047	8	1,22	1	1
5.8.3.4	Pintura	m ²	208,11	0,26	8	6,76	3	2
5.8.4	Teto							
5.8.4.1	Chapisco	m ²	367,79	0,038	8	1,75	1	2
5.8.4.2	Reboco	m ²	367,79	0,79	8	36,32	5	7
5.8.4.3	Selador	m ²	367,79	0,036	8	1,66	1	2
5.8.4.4	Pintura	m ²	367,79	0,17	8	7,82	2	4
5.8.5	Forro							
5.8.5.1	Execução do Forro	m ²	53,44	0,8	8	5,34	2	3
5.9	BARRILETE							
5.9.1	Paredes Externas							
5.9.1.1	Chapisco	m ²	235,02	0,11	8	3,23	3	1
5.9.1.2	Reboco	m ²	235,02	0,78	8	22,91	5	5
5.9.1.3	Selador	m ²	235,02	0,047	8	1,38	1	1
5.9.1.4	Pintura	m ²	235,02	0,26	8	7,64	4	2
5.10	ÁTICO							
5.10.1	Paredes Externas							
5.10.1.1	Chapisco	m ²	240,87	0,11	8	3,31	3	1
5.10.1.2	Reboco	m ²	240,87	0,78	8	23,48	5	5
5.10.1.3	Selador	m ²	240,87	0,047	8	1,42	1	1
5.10.1.4	Pintura	m ²	240,87	0,26	8	7,83	4	2
6	ESQUADRIAS							
6.1	TÉRREO							
6.1.1	Instalação de portas internas	un.	27	1,55	8	5,23	3	2
6.1.2	Instalação de portas externas	un.	4	0,36	8	0,18	1	1
6.1.3	Instalação de janelas	un.	13	1,1	8	1,79	2	1
6.2	1º PAVIMENTO							
6.2.1	Instalação de portas	un.	39	1,55	8	7,56	3	3
6.2.2	Instalação de janelas	un.	16	1,1	8	2,20	2	1
6.3	2º PAVIMENTO							
6.3.1	Instalação de portas	un.	39	1,55	8	7,56	3	3
6.3.2	Instalação de janelas	un.	16	1,1	8	2,20	2	1
6.4	3º PAVIMENTO							
6.4.1	Instalação de portas	un.	39	1,55	8	7,56	3	3

ÍNDICE	ATIVIDADE	UN	QTDE	ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (hora)	DIAS DE EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES
6.4.2	<i>Instalação de janelas</i>	un.	16	1,1	8	2,20	2	1
6.5	4º PAVIMENTO							
6.5.1	<i>Instalação de portas</i>	un.	39	1,55	8	7,56	3	3
6.5.2	<i>Instalação de janelas</i>	un.	16	1,1	8	2,20	2	1
6.6	5º PAVIMENTO							
6.6.1	<i>Instalação de portas</i>	un.	39	1,55	8	7,56	3	3
6.6.2	<i>Instalação de janelas</i>	un.	16	1,1	8	2,20	2	1
6.7	6º PAVIMENTO							
6.7.1	<i>Instalação de portas</i>	un.	39	1,55	8	7,56	3	3
6.7.2	<i>Instalação de janelas</i>	un.	16	1,1	8	2,20	2	1
6.8	7º PAVIMENTO							
6.8.1	<i>Instalação de portas</i>	un.	39	1,55	8	7,56	3	3
6.8.2	<i>Instalação de janelas</i>	un.	16	1,1	8	2,20	2	1
6.9	BARRILETE							
6.8.1	<i>Instalação de portas</i>	un.	2	1,55	8	0,39	1	1
6.10	ÁTICO							
6.8.1	<i>Instalação de portas</i>	un.	1	1,55	8	0,19	1	1
7	COBERTURA							
7.1	MONTAGEM DA ESTRUTURA	m²	137,1	0,12	8	2,06	2	1
7.2	COLOCAÇÃO DAS TELHAS	m²	137,1	0,11	8	1,89	2	1
8	ÁREA EXTERNA							
8.1	ESTACIONAMENTO	m²	1200	0,35	8	52,50	7	8
8.2	CALÇAMENTO	m²	303,71	0,14	8	5,31	6	1
8.3	PAISAGISMO	m²	694,84	0,1	8	8,69	3	3
8.4	GRADIL	m²	460,68	0,75	8	43,19	7	6

Apêndice B – Cronograma

Id	Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Tri 4/2017		Tri 1/2018			Tri 2/2018			Tri 3/2018			Tri 4/2018			Tri 1/2019			Tri 2/2019		
						Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr
280	+	Selador	1 dia	Qui 04/10/18	Qui 04/10/18																				
281	+	Pintura	2 dias	Qui 11/10/18	Sex 12/10/18																				
282	+	Forro	2 dias	Qui 11/10/18	Sex 12/10/18																				
283	+	Execução do Forro	2 dias	Qui 11/10/18	Sex 12/10/18																				
284	+	7º PAVIMENTO	139 dias	Seg 01/10/18	Qui 11/04/19																				
285	+	Piso	22 dias	Seg 01/10/18	Ter 30/10/18																				
286	+	Execução do contrapiso	3 dias	Seg 01/10/18	Qua 03/10/18																				
287	+	Assentamento do porcelanato	4 dias	Qui 25/10/18	Ter 30/10/18																				
288	+	Paredes Internas	29 dias	Qui 04/10/18	Ter 13/11/18																				
289	+	Chapisco	4 dias	Qui 04/10/18	Ter 09/10/18																				
290	+	Reboco	10 dias	Qui 11/10/18	Qua 24/10/18																				
291	+	Selador	2 dias	Seg 05/11/18	Ter 06/11/18																				
292	+	Pintura	4 dias	Qui 08/11/18	Ter 13/11/18																				
293	+	Paredes Externas	87 dias	Qua 12/12/18	Qui 11/04/19																				
294	+	Chapisco	3 dias	Qua 12/12/18	Sex 14/12/18																				
295	+	Reboco	4 dias	Ter 29/01/19	Sex 01/02/19																				
296	+	Selador	1 dia	Seg 18/03/19	Seg 18/03/19																				
297	+	Pintura	3 dias	Ter 09/04/19	Qui 11/04/19																				
298	+	Teto	27 dias	Qua 10/10/18	Qui 15/11/18																				
299	+	Chapisco	1 dia	Qua 10/10/18	Qua 10/10/18																				
300	+	Reboco	5 dias	Qui 25/10/18	Qua 31/10/18																				
301	+	Selador	1 dia	Qua 07/11/18	Qua 07/11/18																				
302	+	Pintura	2 dias	Qua 14/11/18	Qui 15/11/18																				
303	+	Forro	2 dias	Qua 14/11/18	Qui 15/11/18																				
304	+	Execução do Forro	2 dias	Qua 14/11/18	Qui 15/11/18																				
305	+	BARRILETE	87 dias	Sex 07/12/18	Seg 08/04/19																				
306	+	Paredes Externas	87 dias	Sex 07/12/18	Seg 08/04/19																				
307	+	Chapisco	3 dias	Sex 07/12/18	Ter 11/12/18																				
308	+	Reboco	5 dias	Ter 22/01/19	Seg 28/01/19																				
309	+	Selador	1 dia	Sex 15/03/19	Sex 15/03/19																				
310	+	Pintura	4 dias	Qua 03/04/19	Seg 08/04/19																				
311	+	ÁTICO	86 dias	Ter 04/12/18	Ter 02/04/19																				
312	+	Paredes Externas	86 dias	Ter 04/12/18	Ter 02/04/19																				
313	+	Chapisco	3 dias	Ter 04/12/18	Qui 06/12/18																				
314	+	Reboco	5 dias	Ter 15/01/19	Seg 21/01/19																				
315	+	Selador	1 dia	Qui 14/03/19	Qui 14/03/19																				
316	+	Pintura	4 dias	Qui 28/03/19	Ter 02/04/19																				
317	+	ESQUADRIAS	25 dias	Qui 25/10/18	Qua 28/11/18																				
318	+	TÉRREO	9 dias	Qui 25/10/18	Ter 06/11/18																				
319	+	<i>Instalação de portas internas</i>	3 dias	Qui 25/10/18	Seg 29/10/18																				
320	+	<i>Instalação de portas externas</i>	1 dia	Qui 25/10/18	Qui 25/10/18																				
321	+	<i>Instalação de janelas</i>	2 dias	Seg 05/11/18	Ter 06/11/18																				
322	+	1º PAVIMENTO	8 dias	Ter 30/10/18	Qui 08/11/18																				
323	+	<i>Instalação de portas</i>	3 dias	Ter 30/10/18	Qui 01/11/18																				
324	+	<i>Instalação de janelas</i>	2 dias	Qua 07/11/18	Qui 08/11/18																				
325	+	2º PAVIMENTO	7 dias	Sex 02/11/18	Seg 12/11/18																				
326	+	<i>Instalação de portas</i>	3 dias	Sex 02/11/18	Ter 06/11/18																				
327	+	<i>Instalação de janelas</i>	2 dias	Sex 09/11/18	Seg 12/11/18																				
328	+	3º PAVIMENTO	6 dias	Qua 07/11/18	Qua 14/11/18																				
329	+	<i>Instalação de portas</i>	3 dias	Qua 07/11/18	Sex 09/11/18																				
330	+	<i>Instalação de janelas</i>	2 dias	Ter 13/11/18	Qua 14/11/18																				
331	+	4º PAVIMENTO	5 dias	Seg 12/11/18	Sex 16/11/18																				
332	+	<i>Instalação de portas</i>	3 dias	Seg 12/11/18	Qua 14/11/18																				
333	+	<i>Instalação de janelas</i>	2 dias	Qui 15/11/18	Sex 16/11/18																				
334	+	5º PAVIMENTO	4 dias	Qui 15/11/18	Ter 20/11/18																				
335	+	<i>Instalação de portas</i>	3 dias	Qui 15/11/18	Seg 19/11/18																				
336	+	<i>Instalação de janelas</i>	2 dias	Seg 19/11/18	Ter 20/11/18																				
337	+	6º PAVIMENTO	3 dias	Ter 20/11/18	Qui 22/11/18																				
338	+	<i>Instalação de portas</i>	3 dias	Ter 20/11/18	Qui 22/11/18																				
339	+	<i>Instalação de janelas</i>	2 dias	Qua 21/11/18	Qui 22/11/18																				
340	+	7º PAVIMENTO	3 dias	Sex 23/11/18	Ter 27/11/18																				
341	+	<i>Instalação de portas</i>	3 dias	Sex 23/11/18	Ter 27/11/18																				
342	+	<i>Instalação de janelas</i>	2 dias	Sex 23/11/18	Seg 26/11/18																				
343	+	BARRILETE	1 dia	Qua 28/11/18	Qua 28/11/18																				
344	+	<i>Instalação de portas</i>	1 dia	Qua 28/11/18	Qua 28/11/18																				
345	+	ÁTICO	1 dia	Qua 28/11/18	Qua 28/11/18																				
346	+	<i>Instalação de portas</i>	1 dia	Qua 28/11/18	Qua 28/11/18																				
347	+	COBERTURA	4 dias	Qua 28/11/18	Seg 03/12/18																				
348	+	MONTAGEM DA ESTRUTURA	2 dias	Qua 28/11/18	Qui 29/11/18																				
349	+	COLOCAÇÃO DAS TELHAS	2 dias	Sex 30/11/18	Seg 03/12/18																				
350	+	ÁREA EXTERNA	14 dias	Seg 13/05/19	Qui 30/05/19																				
351	+	ESTACIONAMENTO	7 dias	Seg 13/05/19	Ter 21/05/19																				
352	+	CALÇAMENTO	6 dias	Seg 13/05/19	Seg 20/05/19																				
353	+	PAISAGISMO	3 dias	Qua 22/05/19	Sex 24/05/19																				
354	+	GRADIL	7 dias	Qua 22/05/19	Qui 30/05/19																				