

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Carlise Schmitz

**REPRESENTAÇÃO DO ESCOPO DA CONSTRUÇÃO EM UM
MODELO BIM VISANDO O PLANEJAMENTO E CONTROLE
DA PRODUÇÃO ATRAVÉS DE FERRAMENTAS 4D**

Porto Alegre
julho 2014

CARLISE SCHMITZ

**REPRESENTAÇÃO DO ESCOPO DA CONSTRUÇÃO EM UM
MODELO BIM VISANDO O PLANEJAMENTO E CONTROLE
DA PRODUÇÃO ATRAVÉS DE FERRAMENTAS 4D**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheira Civil

Orientador: Eduardo Luis Isatto

Porto Alegre
julho 2014

CARLISE SCHMITZ

**REPRESENTAÇÃO DO ESCOPO DA CONSTRUÇÃO EM UM
MODELO BIM VISANDO O PLANEJAMENTO E CONTROLE
DA PRODUÇÃO ATRAVÉS DE FERRAMENTAS 4D**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 18 de julho de 2014

Prof. Eduardo Luis Isatto
Dr. pelo PPGEC/UFRGS
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Caroline Kehl (FEEVALE)
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Raquel Hoffmann Reck (NEX Group)
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Mário e Adelaide, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Eduardo Luis Isatto, orientador deste trabalho, pela dedicação de seu tempo, atenção e comprometimento e por partilhar comigo de seus conhecimentos.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt, coordenadora deste trabalho, pelo empenho dedicado para ajudar não apenas a fazer deste um trabalho de boa apresentação, mas também por ensinar a atentar mais a apresentação de tudo que produzirei na minha vida profissional.

Agradeço à minha família, meus pais Mário e Adelaide e minha irmã Lisiane, pelo apoio durante toda a graduação.

Agradeço aos meus amigos e colegas pela força em alguns momentos em que tive dificuldades e pelo companheirismo e amizade nos momentos de alegria.

Agradeço à empresa que me forneceu o material para o meu estudo de caso, por possibilitar a realização deste.

Agradeço aos bolsistas do Norie / UFRGS (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação / Universidade Federal do Rio Grande do Sul), que contribuíram com este trabalho, fornecendo material para estudo, informações verbais e o modelo BIM do projeto utilizado no estudo de caso.

O mais importante de tudo é nunca deixar de se perguntar.
A curiosidade tem sua própria razão de existir.

Albert Einstein

RESUMO

Um grande passo em direção ao avanço do uso de tecnologia da informação na indústria da construção civil vem sendo dado lentamente. O BIM (*Building Information Modeling*) é um conceito que vem sendo desenvolvido de maneira a reunir todas as informações de um projeto numa única base de dados, gerando um modelo único do projeto que utiliza conceitos como o da interoperabilidade e integridade paramétrica. O objetivo é que qualquer informação útil à descrição do projeto possa ser retirada deste modelo. Uma ferramenta bastante útil, principalmente na execução do projeto, é a modelagem 4D. Este trabalho versa sobre a correta representação do projeto em três dimensões, utilizando tecnologia BIM, de maneira que informações do modelo possam ser ligadas ao planejamento a fim de gerar um modelo 4D do projeto.

Este trabalho fez uso de um estudo de caso para formular as diretrizes propostas. Foram estudados os pacotes de trabalho e o modelo BIM de uma edificação vertical. Como resultado deste estudo, foi feita a apresentação da estruturação dos objetos neste modelo e da estruturação destes pacotes de trabalho. Com isto, foi feita uma proposta de ligação destes pacotes de trabalho a objetos de um modelo BIM que fosse criado com a finalidade de ser usado na execução do projeto. Baseadas nos estudos realizados, diretrizes sobre os aspectos a serem observados na criação de um modelo BIM foram elaboradas, com a finalidade de ligá-lo aos pacotes de trabalho do projeto, possibilitando a criação de um modelo 4D, visando o planejamento e controle da produção.

Palavras-chave: BIM (*Building Information Modeling*). Modelagem 4D empregando tecnologia BIM.

ABSTRACT

A major step towards the advancement of the information technology use in the construction industry has been taken slowly. BIM (Building Information Modeling) is a concept that has been developed in order to get all information of the project together in a single database, generating a unique model of the project that uses concepts such as interoperability and parametric integrity. The goal is that all relevant information to the project description can be taken from this model. A very useful tool, especially in the execution of the project, is the 4D modeling. This work deals with the correct representation of the design in three dimensions, using BIM technology, so that the model information can be linked to the planning in order to generate a 4D model of the project.

This work made use of a case study to formulate the proposed guidelines. The work packages and the BIM model of a vertical building were studied. As a result of this study, was made the presentation of the objects structure in this model and the structure of these work packages. Herewith, a proposal was made to link these work packages to the objects of a BIM model that would be created with the purpose of being used in the generation of a 4D model. Based on the researches, guidelines on aspects to be observed on the creation of a BIM model were prepared, in order to connect it to the work packages of the project, enabling the creation of a 4D model, in order to plan and control production.

Key Words: BIM (Building Information Modeling). 4D Modeling using BIM technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática das etapas do delineamento do trabalho	18
Figura 2 – Etapas do processo de planejamento.....	23
Figura 3 – Atividades de conversão de uma janela.....	28
Figura 4 – Processo de modelagem 4D baseado em CAD e em BIM.....	40
Figura 5 – Vista do modelo BIM geral do projeto estudado.....	44
Figura 6 – Vista do modelo BIM tridimensional do pavimento tipo do projeto estudado.....	44
Figura 7 – Vista da planta baixa em BIM do pavimento tipo do projeto estudado.....	45
Figura 8 – Tipos de pacotes de trabalho identificados.....	51
Figura 9 – Partes que constituem as paredes estruturais.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo da representação dos objetos no modelo BIM.....	46
Quadro 2 – Exemplo de forma de separação das atividades em ação e local.....	50
Quadro 3 – Generalização do local de aplicação.....	51
Quadro 4 – Etapas de execução dos elementos de fundação.....	52
Quadro 5 – Etapas de execução do contrapiso do térreo.....	53
Quadro 6 – Etapas de elevação da alvenaria estrutural.....	54
Quadro 7 – Revestimento e algumas das paredes do empreendimento.....	55
Quadro 8 – Etapas de execução das lajes.....	55
Quadro 9 – Etapas de execução da escadaria.....	56
Quadro 10 – Etapas de execução das esquadrias.....	56
Quadro 11 – Etapas de execução das instalações elétricas, de antena e de telefone.....	57
Quadro 12 – Etapas de execução das instalações hidráulicas.....	58
Quadro 13 – Etapas de execução das instalações sanitárias.....	59
Quadro 14 – Etapas de execução das instalações de gás.....	59
Quadro 15 – Etapas de execução das esperas para ar condicionado <i>split</i>	60
Quadro 16 – Etapas de execução da cobertura do Bloco.....	60
Quadro 17 – Etapas de execução da cobertura da entrada do Bloco.....	61
Quadro 18 – Etapas de execução das instalações para o elevador.....	61
Quadro 19 – Atividades relacionadas a objetos que não fazem parte do produto final....	62
Quadro 20 – Retrabalho e finalização de atividades.....	65
Quadro 21 – Proposta de ligação dos pacotes de trabalho a objetos de um modelo BIM	66
Quadro 22 – Resumo das diretrizes a serem observadas na elaboração de um modelo BIM com a finalidade de gerar um modelo 4D.....	82

LISTA DE SIGLAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

API – Application Programming Interface

BIM – Building Information Modeling

CD – Caixa de Distribuição

DG – Distribuidor Geral

EAP – Estrutura Analítica do Projeto

CAD – Computer-Aided Design

IFC – Industry Foundation Classes

IPD – Integrated Project Delivery

Norie – Núcleo Orientando para a Inovação da Edificação

PCP – Planejamento e Controle da Produção

QM – Quadro de Medição

TI – Tecnologia da Informação

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	16
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	16
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA	16
2.3 PREMISSA	16
2.4 DELIMITAÇÕES	16
2.5 LIMITAÇÕES	17
2.6 DELINEAMENTO	17
3 PLANEJAMENTO.....	20
3.1 CONCEITO.....	20
3.2 PROBLEMAS RELACIONADOS À FALTA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE.....	21
3.3 ETAPAS E NÍVEIS HIERÁRQUICOS.....	22
3.4 ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO (EAP).....	24
3.5 PACOTES DE TRABALHO.....	27
4 A TECNOLOGIA BIM.....	29
4.1 FERRAMENTAS CAD.....	29
4.2 PARAMETRIZAÇÃO.....	30
4.3 INTEROPERABILIDADE.....	31
4.4 BUILDINGSMART e IFC.....	31
4.5 OMNICLASS.....	32
4.6 BIM: A ORIGEM DO CONCEITO E A DIFICULDADE DE IMPLEMENTAÇÃO.....	32
4.7 BIM: CONCEITO E BENEFÍCIOS.....	33
5 MODELAGEM 4D.....	38
5.1 DEFINIÇÃO.....	38
5.2 BENEFÍCIOS.....	38
5.3 POR QUE MODELAGEM 4D EMPREGANDO TECNOLOGIA BIM?.....	39
5.4 OBSERVAÇÕES PARA MODELAGEM 4D USANDO TECNOLOGIA BIM.....	41
6 ESTUDO DE CASO.....	43
6.1 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO.....	43
6.2 O MODELO BIM.....	43

6.2.1 MÉTODO UTILIZADO PARA A ANÁLISE DO MODELO BIM.....	45
6.2.2 ESTRUTURAÇÃO DO MODELO BIM.....	45
6.3 PACOTES DE TRABALHO (PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO).....	49
6.3.1 MÉTODO UTILIZADO PARA A ANÁLISE DOS PACOTES DE TRABALHO.....	49
6.3.2 ESTRUTURAÇÃO VERIFICADA DOS PACOTES DE TRABALHO.....	51
6.3.2.1 PACOTES DE TRABALHO QUE GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D..	52
6.3.2.2 PACOTES DE TRABALHO QUE NÃO GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D.....	62
6.4 PROPOSTA DE LIGAÇÃO DOS PACOTES DE TRABALHO A OBJETOS DE UM MODELO BIM.....	66
7 DIRETRIZES PARA A REPRESENTAÇÃO DOS ELEMENTOS EM UM MODELO BIM VISANDO SUA LIGAÇÃO COM O PLANEJAMENTO A FIM DE GERAR UM MODELO 4D.....	77
7.1 PACOTES DE TRABALHO QUE GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D.....	78
7.2 PACOTES DE TRABALHO QUE NÃO GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D.....	81
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
REFERÊNCIAS	86

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Rodrigues (2012, p. 14), “Um dos maiores problemas enfrentados pelas empresas da construção civil atualmente é a dificuldade de visualização do planejamento de uma obra em três dimensões [...]”. A mesma autora ainda destaca que, a fim de resolver este problema, aumentando também a confiabilidade no empreendimento, surgem as ferramentas 4D. As ferramentas de modelagem 4D acrescem ao modelo 3D a variável tempo. Segundo Koo e Fischer (1998), o modelo 4D representa o produto graficamente e incorpora as informações do cronograma do planejamento, possibilitando a visualização da sequência de execução.

Eastman et al. (2011) relatam que a modelagem 4D começou a ser desenvolvida no final dos anos 1980. Desde então a modelagem 4D evoluiu das imagens instantâneas combinadas a cada fase do projeto, até a modelagem de elementos parametrizados em *softwares* que usam o conceito BIM (*Building Information Modeling*).

De acordo com Mattei (2008, p. 61), o BIM é uma ferramenta que permite que todos os envolvidos num projeto trabalhem numa única base de dados, permitindo que qualquer parte deste projeto possa ser vista e analisada com relação ao todo. Com isso, ainda de acordo com o mesmo autor, “[...] todas as atividades envolvidas podem ser mais facilmente controladas e relatadas enquanto uma estratégia coerente pode ser mantida durante todo o processo.”. Além disso, a representação de cada item no projeto não é feita apenas por um conjunto de linhas, mas sim como um objeto completo, com suas dimensões, materiais e outras características (AUTODESK INC.¹, 2008 apud MATTEI, 2008, p. 24). De acordo com Eastman et al. (2011), uma das características dos modelos construtivos produzidos pelo BIM é a representação dos componentes com informações consistentes e não redundantes. Desta maneira, alterações num componente são representadas em todas as vistas e outros componentes que trabalham em conjunto com aquele alterado, são readequados. Autodesk Inc. (2013) salienta sobre a interação e a comunicação entre as equipes envolvidas num projeto, proporcionadas pela tecnologia BIM:

¹ AUTODESK INC. **Revit Architecture and BIM**. San Rafael, 2008. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/index?siteID=I003425&id=10555122>>. Acesso em: 30 mai. 2008.

A tecnologia BIM é um processo integrado que amplia consideravelmente a compreensão do empreendimento e viabiliza a visibilidade dos resultados. Essa visibilidade permite que todos os membros da equipe do empreendimento permaneçam coordenados, melhorem a precisão, diminuam o desperdício e tomem decisões fundamentadas nas etapas iniciais do processo – promovendo o sucesso do empreendimento.

Considerando-se os diferenciais da tecnologia BIM acima citados, pretende-se desenvolver o presente trabalho empregando esta tecnologia.

Eastman et al. (2011) explicam que, para a geração de um modelo 4D, os objetos do modelo 3D precisam ser ligados de maneira apropriada às atividades no planejamento. Além disso, se um elemento construtivo for executado em, por exemplo, três etapas, todos os seus componentes, como o aço e o concreto, devem ser representados no modelo em três partes, a fim de viabilizar a ilustração da sequência.

Faz-se necessária então, a formulação de diretrizes para a representação apropriada dos objetos no modelo 3D, a fim de possibilitar esta ligação com os pacotes de trabalho do planejamento. Pois, modelos gerados sem essa preocupação antecipada, dificultam a sua ligação com o planejamento. Segundo Formoso (2001, p. 13), “Cada pacote de trabalho deve ter explicitados a ação a ser executada, a equipe responsável, o elemento a ser construído, e o local onde o trabalho será realizado.”.

A formulação destas diretrizes envolve a análise da necessidade de agrupamento ou segmentação de objetos no modelo, a representação ou não no modelo de pacotes de trabalho que não tratam do produto (como a instalação de grua), o nível de detalhamento que os objetos necessitam ter no modelo e a representação de todo o escopo da construção.

A proposta deste trabalho, por sua vez, envolve a formulação destas diretrizes. Usando todos os pacotes de trabalho referentes às etapas construtivas de uma edificação vertical, provenientes de seu planejamento de curto prazo, pretende-se estudar seus pacotes de trabalho e seu modelo BIM e com base neste estudo elaborar diretrizes para a modelagem BIM de edificações verticais, visando ligar este ao seu planejamento para gerar um modelo 4D.

O trabalho está estruturado em oito capítulos, sendo o primeiro este capítulo introdutório. Os demais capítulos que compõem este trabalho são descritos a seguir.

O segundo capítulo aborda as diretrizes de pesquisa do trabalho. O terceiro capítulo trata do planejamento, sua importância na indústria da construção civil e sua estruturação através de uma EAP (estrutura Analítica de Projeto) finalizada pelos pacotes de trabalho que, juntos, descrevem a execução de todo o projeto. No quarto capítulo, é apresentado um breve histórico da tecnologia BIM, sua definição, principais características e vantagens proporcionadas por ela. O quinto capítulo versa sobre a modelagem 4D, suas vantagens de utilização na indústria da construção civil, as razões para uso da modelagem 4D empregando tecnologia BIM e aspectos a serem levados em conta na criação do modelo 4D. O sexto capítulo trata do estudo de caso do qual este trabalho faz uso para servir de base para propor as diretrizes objetivadas, verificando a estruturação dos pacotes de trabalho e também dos objetos no modelo BIM, fazendo uma proposta de ligação entre eles. O sétimo capítulo apresenta as diretrizes proposta por este trabalho para a elaboração de um modelo BIM 3D, visando a criação de um modelo 4D. E finalmente, o oitavo capítulo encerra este trabalho com algumas considerações finais.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: que aspectos devem ser observados durante a criação de um modelo BIM, de modo a possibilitar a ligação de todos os pacotes de trabalho de sua EAP referentes às etapas construtivas aos objetos do modelo 3D, a fim de gerar um modelo 4D?

2.2 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo do trabalho é a proposição de um conjunto de diretrizes para a criação de um modelo BIM, de modo a possibilitar a ligação de todos os pacotes de trabalho de sua EAP referentes às etapas construtivas aos objetos do modelo 3D, a fim de gerar um modelo 4D.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que, modelos 3D gerados em BIM, sem a preocupação antecipada com a representação dos objetos de maneira compatível com a divisão dos pacotes de trabalho, dificultam a ligação deste modelo com o cronograma do planejamento para a geração do modelo 4D do projeto.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à formulação das diretrizes, propostas por este trabalho, para os pacotes de trabalho referentes às etapas construtivas de projetos de edificações verticais. Não foram incluídos serviços do entorno, uma vez que os mesmos são muito dependentes das características específicas de cada empreendimento e, portanto, de difícil generalização.

2.5 LIMITAÇÕES

Por disponibilidade escassa de tempo, e por falta de disponibilidade de mais projetos com modelo BIM pronto, o trabalho limita-se ao estudo de caso de apenas um projeto para servir de base para a elaboração das diretrizes.

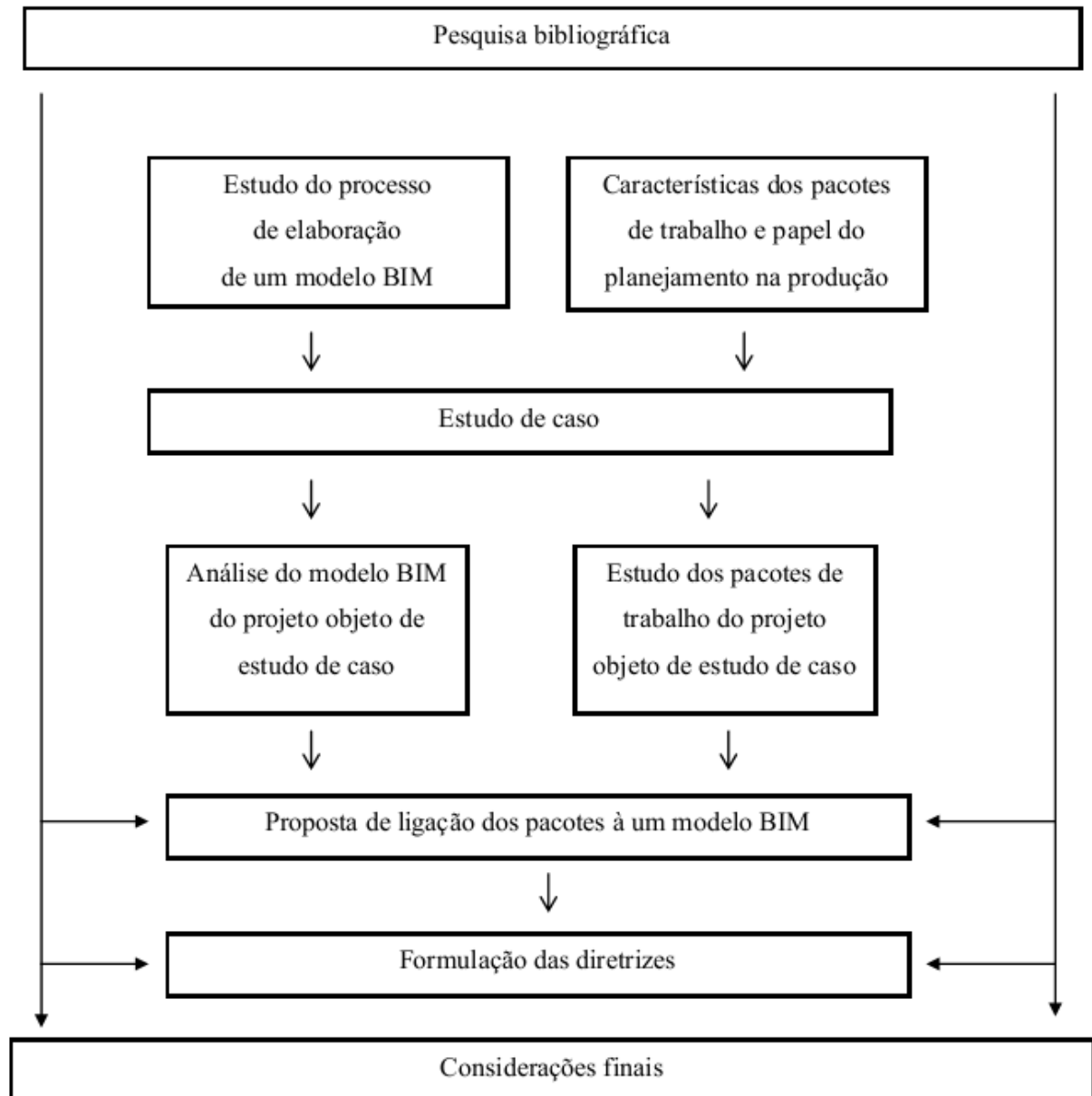
2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) estudo do processo de elaboração de um modelo BIM;
- c) estudo das características dos pacotes de trabalho e papel do planejamento na produção;
- d) estudo de caso: análise do modelo BIM do projeto e verificação da estruturação dos objetos neste modelo;
- e) estudo de caso: estudo dos pacotes de trabalho da EAP do projeto, seleção das informações relevantes ao trabalho e análise da estruturação verificada destes pacotes e trabalho em relação aos objetos a eles relacionados;
- f) proposta de ligação dos pacotes do projeto analisados aos objetos de um modelo BIM modelado com a finalidade de ser utilizado para a execução do projeto;
- g) formulação de diretrizes que permitam a representação do escopo do projeto no modelo 3D, de maneira a possibilitar a ligação dos objetos deste aos pacotes de trabalho do projeto;
- h) considerações finais.

A **pesquisa bibliográfica** foi desenvolvida durante todo o trabalho, paralelamente às demais atividades propostas. Esta etapa teve por finalidade buscar embasamento teórico para a realização das demais etapas do trabalho. A pesquisa bibliográfica foi importante para o estudo do **processo de elaboração de um modelo BIM**. No entanto, este estudo se deu também através de materiais fornecidos por bolsistas do Norie / UFRGS (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação / Universidade Federal do Rio Grande do Sul), conversas com estes bolsistas e professor, materiais disponíveis na internet e aplicação dos conceitos em um *software* BIM. Outro objetivo importante da pesquisa bibliográfica foi o **estudo das características e importância dos pacotes de trabalho e do planejamento na produção**.

Figura 1 – Representação esquemática das etapas do delineamento do trabalho



(fonte: elaborado pela autora)

Foi feito **um estudo do modelo BIM** do projeto, a fim de observar a representação de cada objeto neste modelo. Através da EAP completa do caso estudado, **todos os pacotes de trabalho que formam a EAP do caso estudado foram analisados**, a fim de separá-los em grupos de pacotes com características semelhantes às vistas de sua representação no modelo. Com os pacotes de trabalho caracterizados e seus tipos identificados, houve a necessidade de escolher alguns representativos de todos os demais; de modo que, as diretrizes formuladas para estes pacotes na próxima etapa, se aplicassem a todos da EAP em questão.

Com base nas atividades dos pacotes de trabalho representativos da EAP estudada e da análise do modelo BIM deste, foi elaborada uma **proposta de ligação dos pacotes de trabalho analisados aos objetos de um modelo BIM** que fosse modelado com a finalidade de ser utilizado para a criação de um modelo 4D. Tendo em vista a análise feita dos pacotes de trabalho e do modelo BIM deste projeto, foram elaboradas **diretrizes que possam ser aplicadas à modelagem BIM de projetos de edificações verticais**. Por fim, fez-se algumas **considerações finais** sobre o estudo realizado.

3 PLANEJAMENTO

As empresas da construção civil brasileira têm buscado melhorias no seu desempenho nos últimos anos, em função da crescente competição das empresas do setor (FORMOSO, 2001, p. 3). Com isso, ainda de acordo com os mesmo autores, o papel da gestão e da tecnologia da produção vem ganhando destaque, pois, de acordo com estudos, as “[...] deficiências no planejamento e controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade de seus produtos.”.

3.1 CONCEITO

Segundo Formoso (2001, p. 5), planejamento pode ser definido como “[...] um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz somente quando realizado em conjunto com o controle.”. Para Eastman et al. (2011, p. 281, tradução nossa), “Planejamento e programação da construção envolvem o sequenciamento de atividades no espaço e no tempo, considerando recursos, limitações espaciais e outras questões no processo.”.

De acordo com Laufer e Tucker (1987, p. 244-245, tradução nossa), o planejamento de um empreendimento deve responder as seguintes questões:

- a) o que deve ser feito? (atividades)
- b) como as atividades devem ser realizadas? (métodos)
- c) quem deve realizar cada atividade e com que meios? (recursos)
- d) quando as atividades devem ser realizadas? (sequência e tempo)

De acordo com Isatto et al. (2000, p. 75), “O controle deve ser exercido segundo duas importantes dimensões: quanto à eficiência e quanto à eficácia.”. Segundo os mesmos autores, a eficiência é expressa qualitativamente pela relação entre o valor dos resultados obtidos por uma atividade e os custos gerados por ela, enquanto a eficácia diz respeito aos resultados obtidos relacionados às metas estabelecidas. O controle quanto à eficiência procura otimizar o uso dos recursos e o quanto à eficácia busca diminuir a diferença entre o planejado e o real.

3.2 PROBLEMAS RELACIONADOS À FALTA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE

De acordo com Formoso (2001), existem vários problemas, relacionados com a falta de planejamento e controle, que ocorrem nas empresas:

- a) falta de visão de processo;
- b) negligência da incerteza;
- c) informalidade no planejamento;
- d) reduzido impacto dos computadores;
- e) necessidade de mudanças comportamentais.

Com relação à **falta de visão de processo**, Formoso (2001) explica que o planejamento e controle é um processo gerencial e, como tal, deve ser adequadamente elaborado e controlado. Não se trata de um trabalho de um setor isolado. O processo de planejamento e controle da produção envolve várias atividades e as informações a cerca das decisões tomadas devem ser disseminadas aos envolvidos nos processos em questão.

A respeito da **negligência da incerteza**, Formoso (2001) ressalta que a incerteza é inerente ao processo construtivo, pois envolve fatores humanos, condições locais, variabilidade do produto e falta de domínio da empresa em seus processos. Essa incerteza muitas vezes é negligenciada. Tem-se a errônea ideia de eliminá-las com detalhados e trabalhosos estudos com demasiada antecedência. Quanto maior a antecedência com que se planejam as atividades muito detalhadamente, maior é o nível de incertezas. Portanto, é mais vantajoso que se concentre os esforços nos planos de curto e médio prazo, em se tratando de atividades detalhadas a fundo. Planejando a longo prazo as decisões mais amplas, que proporcionam impacto global no empreendimento.

Sobre a **informalidade no planejamento**, Formoso (2001) lembra que, como comentado anteriormente, quando muito detalhado, o planejamento tende a se tornar desatualizado rapidamente. Em consequência disto, grande parte do planejamento é feito de forma informal, pelo mestre de obras e pelo engenheiro responsável. A falta de um planejamento formal e a ligação deste com os demais níveis do planejamento acarretam em uso ineficiente dos recursos. Com isso, percebe-se a demasiada atenção dada ao planejamento do empreendimento em detrimento do planejamento e controle da produção.

Sobre o **reduzido impacto dos computadores**, Formoso (2001) argumenta que o fato de, em muitos casos, os sistemas computacionais apenas informatizarem processos ineficientes, tende a fazer com que o excesso de informatização apenas gere dados em demasia, mascarando as informações realmente importantes. O processo de planejamento e controle deve primeiramente ser definido de forma eficiente para então fazer se uso de recursos computacionais para implantá-lo. Outro problema relacionado à informatização é o fato de, em muito casos, ela ser implantada de maneira isolada, dificultando a comunicação entre as partes envolvidas no processo.

E ainda, com relação à **necessidade de mudanças comportamentais**, de acordo com Formoso (2001), há esta necessidade existe a fim melhorar a eficiência do envolvimento dos agentes do processo de produção no processo de planejamento. Uma das principais barreiras para este envolvimento é a falta de percepção de sua importância. É comum que os gerentes de produção considerem o planejamento uma perda de tempo, tendendo a tomar decisões rápidas, baseadas apenas em sua experiência profissional. Outra barreira é a falta de trabalho em equipe. Para que o processo de planejamento e controle seja eficaz, necessita da participação de todos os envolvidos no processo em questão. Se o trabalho em equipe não for bem gerenciado, dificilmente o planejamento alcança seus objetivos de forma eficaz.

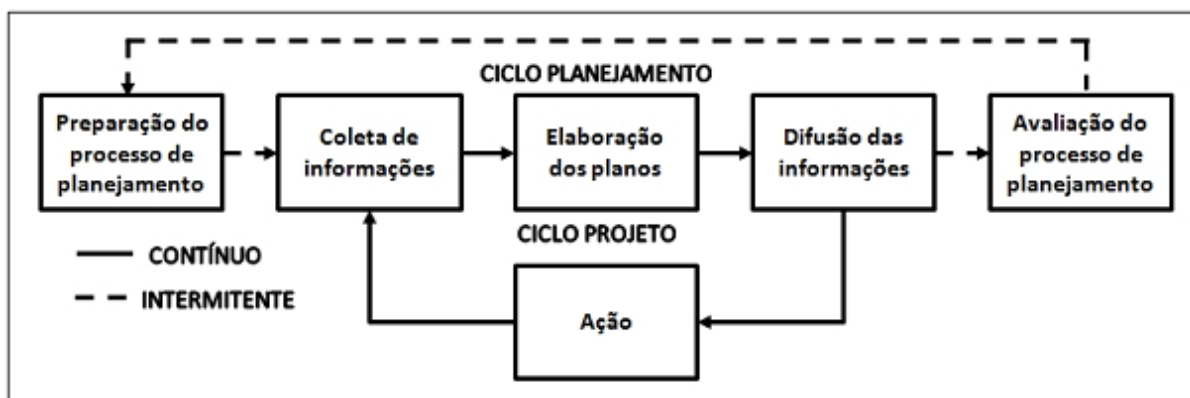
3.3 ETAPAS E NÍVEIS HIERÁRQUICOS

Laufer e Tucker (1987, p. 252, tradução nossa), sugerem a divisão do processo de planejamento em cinco etapas principais:

- a) preparação do processo de planejamento;
- b) coleta de informações;
- c) elaboração dos planos;
- d) difusão das informações;
- e) avaliação do processo de planejamento.

A relação entre essas etapas é representada esquematicamente através da figura 2.

Figura 2 – Etapas do processo de planejamento



(fonte: LAUFER; TUCKER, 1987, p. 252, tradução nossa)

As etapas sugeridas na figura 2 “[...]” formam dois ciclos de controle: o ciclo de planejamento e controle da produção e o ciclo de preparação e avaliação do processo de planejamento.” (ISATTO et al., 2000, p. 77). Os mesmos autores ainda explicam que, o primeiro ciclo citado é intermitente, tratando, no início do projeto, dos conceitos do planejamento e controle a ser realizado e, durante e o no final do empreendimento, das avaliações deste. O segundo ciclo citado, é repetido diversas vezes durante a execução do projeto e se trata da aplicação dos conceitos estabelecidos no primeiro ciclo citado.

Isatto et al. (2000) explicam a divisão do planejamento em três níveis hierárquicos:

- a) de longo prazo: no qual são definidos os objetivos gerais e estratégicos de todo o empreendimento, de modo a estabelecer datas para o início e conclusão de grandes etapas, assim como o da conclusão da obra;
- b) de médio prazo: tem caráter predominantemente tático, fazendo uma ligação entre os planejamento de curto e longo prazo. Normalmente, o horizonte de planejamento é mais longo que o ciclo de controle;
- c) de curto prazo: trata das informações no nível mais detalhado, baseadas no plano de médio prazo, das atividades a serem realizadas nos dias seguintes.

Formoso (2001, p. 8), ainda sugere uma divisão do planejamento em diferentes níveis hierárquicos em função da complexidade típica de empreendimentos de construção e da variabilidade de seus processos:

- a) estratégico: refere-se à definição dos objetivos do empreendimento, a partir do perfil do cliente. Envolve o estabelecimento de algumas estratégias para atingir os objetivos do empreendimento, tais como a definição do prazo da obra, fontes de financiamento, parcerias, etc.;

- b) tático: envolve, principalmente, a seleção e aquisição dos recursos necessários para atingir os objetivos do empreendimento (por exemplo, tecnologia, materiais, mão de obra, etc.), e a elaboração de um plano geral para a utilização destes recursos;
- c) operacional: relacionado, principalmente, à definição detalhada das atividades a serem realizadas, seus recursos e momento de execução.

3.4 ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO (EAP)

Para que seja possível a criação da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), primeiramente, faz-se necessária a definição do escopo do projeto. Segundo Mattos (2010, p. 57), “Dá se o nome de **escopo** ao conjunto de componentes que perfazem o produto e os componentes esperados do projeto. Em outras palavras, é a abrangência, o alcance do projeto como um todo.”. Xavier (2009) explica que, para detalhar o escopo de um projeto, faz-se necessário um estudo preliminar do que será executado, no qual a equipe define os principais subprodutos a serem entregues e escolhe a melhor forma de conduzir o projeto. Para Xavier (2009, p. 88), “[...] o processo de definição do escopo tem como objetivo elaborar e documentar a estratégia para desenvolvimento do trabalho (escopo) que irá gerar o produto do projeto.”.

Para Mattos (2010), o nível de detalhamento do escopo fica por conta do bom senso do planejador. Muitos detalhes acarretam numa rede extensa e custo mais elevado de controle, enquanto que uma rede mais sucinta e menos detalhada reduz o custo de controle. No entanto, um escopo pouco detalhado pode acabar ficando pouco prático de acompanhar. De acordo com Xavier (2009, p. 100), este nível de detalhamento do escopo deve ser suficiente para:

- a) definir uma base de referência (*baseline*) para medição e controle de desempenho. A base de referência do projeto é uma fotografia do conjunto formado pelo escopo (EAP), tempo (cronograma) e custo (orçamento) definido e autorizado no plano de gerenciamento do projeto;
- b) aumentar a exatidão das estimativas (quanto maior o detalhamento, mais precisas serão as estimativas de tempo e custo);
- c) facilitar a definição clara de responsabilidades (permitindo a associação do trabalho a ser realizado com os responsáveis por sua execução).

A elaboração da EAP consiste na decomposição do escopo do projeto até o nível de trabalho. De acordo com *Project Management Institute* (2004, p. 112), “Os componentes que compõem

a EAP auxiliam as partes interessadas a visualizar as entregas [...] do projeto.”. O mesmo autor ainda define a EAP:

A EAP é uma decomposição hierárquica orientada à entrega do trabalho a ser executado pela equipe do projeto, para atingir os objetivos do projeto e criar as entregas necessárias. A EAP organiza e define o escopo total do projeto. A EAP subdivide o trabalho do projeto em partes menores e mais facilmente gerenciáveis, em que cada nível descendente da EAP representa uma definição cada vez mais detalhada do trabalho do projeto. É possível agendar, estimar custos, monitorar e controlar o trabalho planejado contido nos componentes de nível mais baixo da EAP, denominados pacotes de trabalho.

O gerenciamento, planejamento e controle ficam mais fáceis ao passo que o trabalho vai sendo decomposto em níveis mais detalhados (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2004). Ainda de acordo com o mesmo autor, os pacotes de trabalho são o nível mais baixo dessa decomposição, neste ponto é possível fazer estimativas de custos e cronograma de trabalho de forma confiável. O autor ainda explica que a decomposição do trabalho pode demandar número variado de divisões, dependendo da complexidade das atividades envolvidas e o nível de detalhes dos pacotes também varia, de acordo com a magnitude e complexidade do empreendimento.

Mattos (2010) cita alguns formatos que podem ser utilizados para a representação de uma EAP:

- a) em árvore: o projeto como um todo começa a ser ramificados em tantos galhos quantos forem necessários para representar os grandes núcleos do projeto. Estas ramificações vão sendo desdobradas em componentes menores e assim sucessivamente, até que se chegue aos pacotes de trabalho finais;
- b) analítica: consiste num processo de listagem e é o formato mais utilizado pelos principais *softwares* de planejamento, como o MS Project. Neste formato, cada nível de detalhe é alinhado mais internamente com relação ao nível anterior. Neste formato, normalmente, cada item vem associado a uma numeração lógica, segundo a qual é acrescido mais um número a cada nível da estrutura;
- c) mapa mental: este formato funciona de maneira similar à ramificação em árvore, com a diferença de que as decomposições vão se dando de maneira radial a partir de um conceito central.

Qualquer que seja a forma de representação, de acordo com Mattos (2010), a construção de uma EAP se dá de maneira a se iniciar com o escopo total do projeto no nível superior e decompondo este escopo em níveis que representam o aprimoramento de detalhes do nível imediatamente anterior. Os critérios para esta decomposição dependem do planejador. Dois

profissionais podem construir EAP bem diferentes para o mesmo projeto. Porém, qualquer uma destas EAP precisa representar 100% do escopo do projeto, ou seja, todos os trabalhos necessários para a entrega do projeto precisam estar representados no final da estrutura.

Nem sempre é possível ou viável fazer a decomposição de todo o escopo do projeto até seu nível final ainda na fase de planejamento do projeto. De acordo com *Project Management Institute* (2004), no caso de algumas partes do projeto, que serão executados num futuro distante, ainda não estarem bem esclarecidas, a equipe normalmente espera maior clareza destas partes do projeto para desenvolver os detalhes da EAP relacionados a estas. *Project Management Institute* (2004, p. 127) ainda explica como este maior detalhamento se dá no momento da definição das atividades do cronograma:

A definição das atividades do cronograma envolve identificar e documentar o trabalho planejado para ser realizado. O processo Definição da atividade identificará as entregas no nível mais baixo da estrutura analítica do projeto (EAP), a que chamamos de pacote de trabalho. Os pacotes de trabalho do projeto são planejados (decompostos) em componentes menores, chamados de atividades do cronograma, para fornecer uma base para a estimativa, elaboração de cronogramas, execução, e monitoramento e controle do trabalho do projeto. A definição e o planejamento das atividades do cronograma de forma que os objetivos do projeto sejam atendidos estão implícitos neste processo.

Simplificadamente, *Project Management Institute* (2004, p. 128) explica como a EAP é elaborada sucessivamente ao longo da elaboração progressiva do projeto:

[...] o trabalho que será realizado a curto prazo é planejado em detalhes em um nível baixo da EAP, enquanto o trabalho distante no futuro é planejado para os componentes da EAP que estão em um nível relativamente alto da EAP. O trabalho a ser realizado dentro de um ou dois períodos de relatório no futuro próximo é planejado em detalhes conforme o trabalho está sendo terminado durante o período atual. Portanto, as atividades do cronograma podem existir em vários níveis de detalhes no ciclo de vida do projeto. Durante o planejamento estratégico inicial, quando as informações estão menos definidas, as atividades podem ser mantidas no nível de marcos.

O processo de criação da EAP gera, além da estrutura analítica em si, um documento complementar denominado dicionário da EAP. Este documento descreve e detalha os itens da EAP, inclusive os pacotes de trabalho. Na descrição dos pacotes de trabalho, para facilitar a execução das tarefas, pode haver, além da descrição do trabalho a ser realizado, uma série de informações complementares, como informações de contrato, requisitos de qualidade e referências técnicas (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2004).

As informações contidas na EAP e em seu dicionário podem ser usadas também para a estimativa de custo da obra. Segundo *Project Management Institute* (2004, p. 163), para esta finalidade, “A estrutura analítica do projeto [...] fornece a relação entre todos os componentes do projeto e as entregas do projeto [...]”. E ainda de acordo com o mesmo autor, para a estimativa de custos da obra, “O dicionário da EAP [...] e as declarações do trabalho detalhadas relacionadas fornecem uma identificação das entregas e uma descrição do trabalho em cada componente da EAP necessário para produzir cada entrega.”.

3.5 PACOTES DE TRABALHO

Para Formoso (2001, p. 13), “Cada pacote de trabalho deve ter explicitados a ação a ser executada, a equipe responsável, o elemento a ser construído, e o local onde o trabalho será realizado.”. De acordo com Pezzi (2013, p. 29), “Os pacotes de trabalho também devem apresentar a data de início da atividade e a data de término prevista, de maneira a incentivar a terminalidade da execução do serviço.”.

Com uma definição mais voltada para a produção, Choo, Tommelein e Ballard (1999) descrevem os pacotes de trabalho como uma quantidade de trabalho ou um conjunto de tarefas semelhantes a ser executado em um local bem definido, com informações específicas de projeto, material, mão de obra e equipamentos. Além disso, para que um pacote de trabalho possa ser iniciado, ele deve ter todos os seus pré-requisitos atendidos e ter as condições necessárias para ser concluído sem interrupções, o que também ajuda a delimitar o volume de trabalho de cada pacote.

Formoso (2001, p. 13) explica como a divisão dos trabalhos deve ser feita, seguindo os critérios de cada empresa:

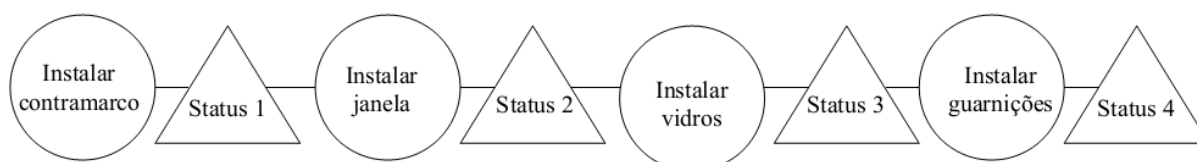
Cada empresa pode definir critérios para a segmentação do trabalho em atividades e em zonas de trabalho, os quais dependem do tipo de obra a ser executada (por exemplo, incorporações, obras industriais, reformas), da natureza do trabalho das equipes envolvidas, bem como do grau de controle que a empresa pretende imprimir à produção. A partir destes critérios pode ser definida uma Estrutura de Divisão do Trabalho (WBS – *Work Breakdown Structure*) para cada obra individualmente ou padronizada para um conjunto de obras da empresa, caso as mesmas sejam semelhantes.

Thomas² (2012 apud PEZZI, 2013, p. 29) explica sobre a realização dos pacotes de trabalho:

[...] para a realização dos pacotes de trabalho é necessário organizar e disponibilizar os elementos necessários para que aqueles possam ser realizados antes do início das atividades. Isto é feito com a decomposição das atividades programadas em pacotes de trabalho discretos que cobrem completamente a extensão de trabalho de um determinado projeto.

Os pacotes de trabalho podem conter atividades de conversão ou atividades de fluxo. As atividades de conversão são aquelas “[...] que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimento) ou final (edificação) [...]” (ISATTO et al., 2000, p. 6). Ainda segundo os mesmos autores, as atividades como transporte, espera e inspeção, não agregam valor ao produto e são chamadas de atividades de fluxo. Nem todas as atividades de conversão agregam valor ao produto, são aquelas que foram executadas, mas necessitam de retrabalho. A figura 3 mostra o fluxograma das atividades de conversão que compõem a execução de uma janela, a qual apresenta um *status* diferente depois de concluída cada atividade de conversão.

Figura 3 – Atividades de conversão de uma janela



(fonte: elaborado pela autora)

² THOMAS, J. (Ed.). **Enhanced work packaging**: design through workforce execution. Austin: Construction Industry Institution, 2012.

4 A TECNOLOGIA BIM

Eastman et al. (2011, p. 1, tradução nossa) explicam o que representa o BIM na indústria da AEC:

Building Information Modeling (BIM) é um dos desenvolvimentos mais promissores nas indústrias relacionadas à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um ou mais modelos virtuais precisas de um edifício são construídos digitalmente. Eles dão suporte ao projeto até suas respectivas fases, permitindo uma melhor análise e controle do que processos manuais. Quando concluído, estes modelos gerados computacionalmente contêm a geometria precisa e os dados necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção.

4.1 FERRAMENTAS CAD

As ferramentas mais amplamente utilizadas atualmente na AEC, para auxiliar no desenvolvimento de projetos e acompanhamento do processo construtivo, são as ferramentas CAD. Estas, representaram um grande avanço, substituindo os trabalhos desenhos manuais por representações geométricas digitais. Eastman et al. (2011) acrescentam que estas ferramentas geram desenhos com o uso principalmente de vetores e linhas. As ferramentas CAD foram se desenvolvendo ao longo dos anos e incorporando novos recursos. Segundo Mattei (2008, p. 22), “A grande questão é que ferramentas CAD são utilizadas principalmente como meio digital de desenho técnico e não como uma ferramenta de projeto em si.”.

Além da limitação das ferramentas CAD em apenas representar graficamente o projeto, outras questões também foram importantes para voltar os olhos da pesquisa em outra direção. Segundo Bottega (2012), uma destas questões diz respeito à crescente complexidade dos projetos, que exige a geração de cada vez mais documentos, como os relacionados às atividades de planejamento. Siviero (2010), destaca como problema, o fato de cada trabalho, relacionado com a elaboração do projeto, ser realizado separadamente, sem uma comunicação adequada entre as partes, gerando esforços dobrados e retrabalho. E ainda, de acordo com Eastman et al. (2011, p. 15, tradução nossa), manifesta-se a necessidade, por parte dos

usuários, de compartilharem dados de um determinado projeto. Assim, de acordo com os mesmos autores, “[...] o foco transferiu-se dos desenhos e das imagens 3D para os próprios dados.”. Neste contexto, vem se desenvolvendo e fazendo-se cada vez mais presente, a tecnologia BIM.

4.2 PARAMETRIZAÇÃO

Parametrização pode ser definida como sendo a geração de modelos virtuais que representem fielmente objetos reais. Desta forma, o projeto deixa de ser representado apenas geometricamente através de linhas, para se tornar um modelo representado também por dados que caracterizam cada objeto que o compõem (SIVIERO, 2010). A produção de modelos paramétricos talvez seja a principal característica da “identidade” da tecnologia BIM, pois é nesta característica que se baseia todo o conceito e é ela que torna possíveis todos os grandes diferenciais apresentados por esta tecnologia. Segundo Eastman et al. (2011, p. 18, tradução nossa), “As tecnologias que permitem aos usuários produzirem modelos de construção que consistem em objetos paramétricos são considerados ferramentas de autoria BIM.”. Eastman et al. (2011) ainda afirmam que, para entender a tecnologia BIM, é fundamental entender o conceito de objetos paramétricos e apresentam como sendo suas principais características:

- a) são objetos criados com características e regras, além das geométricas, que os definam como o objeto real que são;
- b) devem ser representados internamente sem redundâncias, não podendo, por exemplo, um objeto 3D ser formado por múltiplas vistas 2D;
- c) as regras não permitem inconsistências na geometria;
- d) objetos criados de maneira paramétrica modificam automaticamente objetos associados quando criados ou modificados no modelo. Como, por exemplo, o vão na parede se ajusta exatamente à porta inserida nela e se readéqua se aquela tiver suas dimensões alteradas.
- e) os objetos podem ser definidos de forma a estarem agregados a outros, com diferentes níveis hierárquicos. Se, por exemplo, o peso de um objeto agregado a uma determinada parede mudar, o peso de toda parede muda também;
- f) os objetos podem ser criados sob regras, as quais identifiquem quando certa modificação viola a sua viabilidade;
- g) os objetos possuem a capacidade de gerar ou receber dados de outras ferramentas ou modelos, como dados estruturais por exemplo.

4.3 INTEROPERABILIDADE

Basicamente, “[...] interoperabilidade pode ser entendida como a capacidade de diferentes usuários ou programas acessarem a mesma informação, extraindo e adicionando dados.” (SIVIERO, 2010, p. 20). Ou ainda, com as palavras de Eastman et al. (2011, p. 99, tradução nossa), “**Interoperabilidade** é a capacidade de trocar dados entre aplicações, que suaviza os fluxos de trabalho e, às vezes facilita a sua automação.”.

De acordo com Eastman et al. (2011, p. 100, tradução nossa), “O projeto e a construção de uma edificação são atividades de equipe.”. E ainda de acordo com os mesmos autores, cada especialidade envolvida na elaboração do projeto de edificações usa suas próprias soluções computacionais, o que envolve não apenas a capacidade de suporte de informações de geometria e materiais, mas também, por exemplo, informações estruturais, de energia, custos, planejamento e questões de fabricação.

Eastman et al. (2011, p. 100, tradução nossa) destacam que “A **interoperabilidade** elimina a necessidade de replicar a entrada de dados que já foram gerados [...]”. Além disso, de acordo com Jacoski (2003, p. 90-91), na falta de interoperabilidade entre as ferramentas utilizadas, informações são perdidas, geradas em contradição umas com as outras ou criadas em duplicidade. O mesmo autor ainda acrescenta que o não compartilhamento dos dados do projeto com todas as partes participantes do empreendimento “[...] resulta em omissão, repetição, confusão, equívocos, erros, atrasos e eventualmente litígio.”. Todas as implicações citadas culminam em maior tempo e custo dos empreendimentos. O problema da interoperabilidade associado às ferramentas CAD está na sua concepção, pois muitas foram desenvolvidas sobre plataformas proprietárias, gerando incompatibilidade entre a base de seus dados.

4.4 BUILDINGSMART e IFC

De acordo com o que relatam Eastman et al. (2011) e Jacoski (2003), no início dos anos 1990, um grupo de companhias norte-americanas se reuniu a fim de discutir melhorias nas tecnologias de informação utilizadas na AEC. Tornou-se organização global sem fins lucrativos em 1995 e adotou o nome de *Alliance of Interoperability*, mudando o nome para BuildingSMART em 2005. De acordo com Eastman et al. (2011, p. 113, tradução nossa), a

partir da internacionalização, a organização passou a ter como objetivo “[...] publicar o *Industry Foundation Class* (IFC) como um modelo de dados de produtos AEC neutro, respondendo pelo ciclo de vida da edificação.”.

Eastman et al. (2011, p. 114, tradução nossa), definem o IFC como sendo “[...] uma estrutura desenvolvida para definir um conjunto extensível de dados consistentes de representação da informação da construção para intercâmbio entre aplicativos de *software* de AEC.”. O objetivo do formato IFC é padronizar a modelagem na AEC, a fim de possibilitar o intercâmbio de informações entre *softwares* de diferentes fabricantes. De acordo com Mattei (2008, p. 40), uma das principais vantagens no uso do formato IFC é o fato de ele não demandar grande capacidade de informática, sendo suportado pelos sistemas líderes de mercado. Eastman et al. (2011) ressaltam que o IFC é público e tende a se tornar um dos principais formatos de padrão internacional para troca de informações na AEC.

4.5 OMNICLASS

O OmniClass é um novo sistema de classificação norte-americano que tem o intuito de fornecer uma base padronizada para a classificação de informações criadas e usadas pela indústria da AEC. Incluindo as informações de toda a vida útil das instalações, da concepção à demolição ou reutilização, abrangendo todas as diferentes instalações que compõem o ambiente construído. O OmniClass é útil para a organização de informações no intuito de fornecer uma estrutura de classificação para bancos de dados eletrônico, como a organização de materiais em bibliotecas. Este sistema de classificação está organizado em quinze tabelas, as quais representam os diferentes aspectos das informações da construção. A tabela de número 21 trata dos elementos, que são um componente ou conjunto de componentes importantes da construção (CONSTRUCTIONS ESPECIFICATIONS CANADA, 2006).

4.6 BIM: A ORIGEM DO CONCEITO E A DIFICULDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

A ideia e o conceito de BIM vêm sendo desenvolvidos há tempos, não se trata de uma novidade. No entanto, esta forma ideal de se representar um projeto digitalmente, demorou a se tornar uma realidade, comercialmente falando, devido às limitações da capacidade dos

computadores pessoais. De acordo com Eastman et. al.³ (2008), a publicação mais antiga sobre o conceito hoje conhecido como BIM, foi feita por Chuck Eastman em 1975. Neste documento, Eastman⁴ (1975 apud EASTMAN et al.⁵, 2008) introduz a ideia de um modelo único de um projeto, gerando um único banco de dados, de onde derivariam todos os cortes e perspectivas e no qual seriam feitas quaisquer alterações necessárias ao projeto. No mesmo documento, o autor também menciona as análises quantitativas que poderiam ser ligadas ao modelo, como estimativas de custos, quantitativos de materiais e até mesmo a verificação de algum código de edificações específico.

O conceito amadureceu, se consolidou e vem sendo implementado aos poucos, com países europeus e norte-americanos a frente do processo. No Brasil, no entanto, de acordo com uma entrevista concedida por Leonardo Manzione a Cictinelli (2013), ainda existe muita resistência para sua implementação, devido a questões culturais e resistência em investir tempo e dinheiro. Usualmente, no mercado brasileiro, tende-se a adotar soluções de menor custo, mesmo que as deficiências destas soluções gerem maiores custos finais. Além disso, existe um receio em mudar o sistema de trabalho. De fato, a transição para esta nova maneira de se projetar e construir não é uma tarefa fácil. O BIM não é um simples *upgrade* do CAD, mas vai muito além do que esta tecnologia abrange. A implantação da tecnologia BIM nas empresas afeta sua organização e seus procedimentos, pois requer colaboração entre todos os envolvidos no empreendimento. Portanto, diferentemente do que ocorreu quando da migração da prancheta manual para a tecnologia CAD, a implementação desta nova tecnologia implica no envolvimento de todos os indivíduos ligados ao empreendimento. Todos precisam se readequar.

4.7 BIM: CONCEITO E BENEFÍCIOS

BIM é um novo conceito de emprego da tecnologia da informação na AEC, resultado do crescente interesse dos envolvidos em tornar mais efetivo o uso de TI (tecnologia da informação) na indústria da construção civil. A ideia abrange não apenas novas ferramentas para projetar, mas uma nova maneira de se olhar para todo o processo no qual está envolvido

³Trecho retirado da Apresentação, escrita por Jerry Laiserin, do livro em questão.

⁴ EASTMAN, C.; The use of computers instead of drawings. Artigo de Revista, mar. 1975, V. 63, n. 3, p. 46-50.

⁵ Trecho retirado da Apresentação, escrita por Jerry Laiserin, do livro em questão.

um empreendimento. Segundo Eastman et al. (2011, prefácio, tradução nossa), “[...] BIM não é uma coisa ou um tipo de *software*, mas uma atividade humana que, em última análise envolve mudanças amplas no processo de projeto, construção e gestão da instalação.”. Ainda de acordo com os mesmos autores, o BIM “[...] representa uma mudança de paradigma que terá impactos e benefícios de longo alcance, não apenas para aqueles na indústria da construção, mas para a sociedade em geral [...]”.

Em um projeto desenvolvido usando tecnologia BIM, toda a informação é integrada numa única base de dados, na qual informações são inseridas e retiradas por todas as especialidades (AZEVEDO, 2009). Cada equipe de profissionais desenvolve a parte do projeto que lhes cabe, com o suporte de bibliotecas relacionadas às suas especialidades e, ligam seu trabalho ao modelo único do empreendimento, que vai se formando ao longo da fase de projeto e sendo alterado ou incrementado ao longo da construção. Além disso, um modelo BIM “[...] abrange todo o ciclo de vida da edificação.” (AZEVEDO, 2009, p. 4). Azevedo (2009, p. 5) ainda explica que:

[...] o modelo BIM torna-se num recurso longo e compartilhado para um edifício ou instalação desde os primeiros desenhos de concepção, através da construção, durante os anos é usado e mantido, através de quaisquer alterações, acréscimos ou reformulações de uso, por completo até ao fim da sua vida útil e eventual demolição ou desconstrução.

Nesta nova forma de projetar, as vistas e cortes são retirados deste modelo único. Como todas as informações geradas pelo modelo permanecem ligadas a ele, segundo *Cyon Research Corporation* (2003), qualquer alteração que deve ser feita nele, é refletida nestes cortes, vistas ou quaisquer outras informações por ele geradas. Assim, não se faz necessária a alteração manual em cada documento em separado.

Os objetos modelados em BIM são paramétricos, não se tratam de simples linhas formando uma imagem que os olhos interpretam como componentes do projeto. Para isto, “[...] um modelo deve conter todas as informações pertinentes, gráficas e não gráficas de uma instalação, funcionando como um recurso integrado.” (AZEVEDO, 2009, p. 5). Os objetos são completos, definidos como o que realmente são, não apenas geometricamente, mas podendo conter também informações relacionadas a propriedades como peso específico, impermeabilização ou também outras informações relacionadas ao projeto, como o custo. Segundo *Cyon Research Corporation* (2003), o fato de os objetos serem paramétricos, também lhes proporciona a propriedade de “saber” da existência e das propriedades de outros

objetos ao seu redor, bem como da sua interação com estes. Assim, o mesmo autor ainda complementa que, quando um objeto é alterado no modelo, todos os objetos que são influenciados por esta modificação, são automaticamente readequados.

A partir do modelo único do empreendimento podem ser extraídas partes do projeto para serem utilizadas em diversas etapas do empreendimento, inclusive na manutenção e até mesmo na demolição. Uma visualização 3D do modelo pode ser gerada a fim de associar a ele *status* de execução, por exemplo. Durante a execução da obra pode ser interessante marcar se as paredes de um determinado pavimento já foram executadas, rebocadas e pintadas ou se ainda falta uma destas etapas. No entanto, estas informações podem não ser úteis para todos os envolvidos no empreendimento e/ou em todas as etapas deste. A etapa em que se encontra a execução de uma determinada parte do projeto só é interessante para as equipes envolvidas na execução da obra e durante este processo. Portanto, não é interessante incluir no modelo central, acessado por todos os envolvidos, esta carga de informações. Ao invés disto, é possível gerar um arquivo ligado ao modelo, no qual estas informações podem ser inseridas e no qual se refletem as modificações feitas no modelo central.

Várias etapas do projeto e atividades relacionadas com sua elaboração, execução e manutenção podem ser beneficiadas com o uso da tecnologia BIM. Eastman et al. (2011) listam alguns destes, ou seja, benefícios:

- a) na pré-construção para o proprietário;
- b) no projeto;
- c) na construção e na fabricação;
- d) na pós-construção.

Em relação aos benefícios na pré-construção para o proprietário, Eastman et al. (2011) explicam que antes de iniciar qualquer etapa da elaboração do projeto, é interessante para o proprietário determinar se o empreendimento é financeiramente viável. Perceber que o empreendimento será demasiado oneroso, depois de os esforços para o desenvolvimento do projeto já estarem numa fase mais avançada, pode ser um grande desperdício de tempo e dinheiro. Um modelo base, vinculado a uma boa estimativa de custos, pode ser de grande valia para o proprietário. Além disso, um modelo esquemático, que pode ser gerado com auxílio de uma ferramenta BIM, antes do modelo completo, permite uma avaliação prévia do

empreendimento, a fim de verificar se ele atende aos requisitos desejados. E ainda, no caso de o proprietário optar pelo IPD (*Integrated Project Delivery*), o uso do BIM desde as etapas iniciais da elaboração do projeto, pode proporcionar uma maior clareza com relação aos requisitos do projeto e possibilitar a extração de estimativas de custos ao longo da elaboração do projeto.

Em vista dos benefícios no projeto, Eastman et al. (2011) ressaltam que um modelo BIM não é gerado com múltiplas vistas 2D, ele é modelado diretamente em 3D, podendo ser visualizado em qualquer perspectiva, tendo-se a certeza de que as dimensões são consistentes. Além disso, como os objetos são paramétricos, reduz a necessidade de gerenciamento das alterações de projeto. Adicionalmente, a possibilidade da geração de vistas 2D precisas e consistentes, reduz o tempo demandado para esta tarefa e reduz principalmente a quantidade de erros associados à execução manual da mesma. Outro benefício nesta área é que as diversas equipes empenhadas na elaboração do projeto, podem trabalhar simultaneamente num modelo BIM 3D, possibilitando o gerenciamento das modificações, detecção antecipada de erros e oportunidades de melhorias ainda durante a elaboração do projeto. E ainda, a possibilidade de visualização 3D em fase de elaboração de projeto, quantificação de materiais e estimativa de custo mais precisas, proporcionam a verificação de requisitos quantitativos e dão suporte a avaliações automáticas para requisitos qualitativos. Além disso, listas de quantitativos precisos podem ser extraídas do modelo BIM em qualquer etapa da elaboração do projeto. Inicialmente, baseadas em custo por metro quadrado e, de acordo com a evolução do projeto, listas mais detalhadas podem ser geradas. Ao final da elaboração do projeto uma lista completa de todos os objetos componentes do empreendimento, permite uma estimativa de custos bastante mais precisa. Finalmente, um modelo BIM pode ser vinculado a ferramentas de avaliação de desempenho energético ainda em fases mais iniciais do projeto, possibilitando a oportunidade de modificações no projeto com relação ao desempenho energético do empreendimento.

Com relação aos benefícios na construção e na fabricação, proporcionados pela tecnologia BIM, Eastman et al. (2011) explicam que, caso o modelo BIM 3D seja detalhado o suficiente para representar seus objetos até o nível de detalhes de fabricação, este pode auxiliar com mais precisão na pré-fabricação de alguns elementos, usando máquinas de controle numérico. Esta automação já é usada na fabricação de peças de aço e chapas metálicas e reduz principalmente os erros nesta fabricação. Além do mais, as modificações de projeto podem ser

inseridas no modelo e todos os objetos afetados por essas modificações são alterados automaticamente. Com isso, as modificações podem ser feitas com menos erros e maior rapidez, inclusive por possibilitar maior agilidade na comunicação entre partes envolvidas nas alterações. Além disso, a modelagem da informação num único banco de dados elimina os erros causados por desenhos 2D. Detecções de interferências são feitas por *softwares* e, como a visualização do projeto pode ser feita de maneira integrada, alguns erros podem ser detectados através de exame visual. A detecção destes erros prévia à execução do projeto reduz custos, tempo, problemas com processos judiciais e permite a obra fluir com menos entraves.

Eastman et al. (2011) explicam ainda, que a vinculação do modelo BIM 3D com o planejamento, proporciona uma visualização 4D da execução do projeto. Com isso, proporciona uma melhor compreensão da sequência executiva e possibilita a detecção prévia de potenciais problemas, oportunizando melhorias ainda nas fases iniciais. E também, que a implementação de técnicas de construção enxuta exige uma boa coordenação entre a construtora e as subempreiteiras, para que os materiais necessários e a mão de obra requerida estejam disponíveis no momento certo. Como o BIM provê um modelo preciso da obra e dos materiais necessários a cada atividade, seu uso reduz o desperdício de esforços e a necessidade de armazenamento de materiais. E ainda, dependendo do nível de detalhamento do modelo BIM 3D, ele pode fornecer quantitativos suficientemente precisos de materiais, com suas propriedades e especificações, a fim de adquiri-los junto aos fornecedores.

Ao expor os benefícios pós-construção, Eastman et al. (2011) lembram que, durante a execução do projeto, são registradas informações acerca dos materiais utilizados e manutenção do edifício. Estas informações podem ser usadas pelo proprietário no recebimento do empreendimento (para verificar se todos os sistemas estão funcionando), como também durante a vida útil do mesmo (auxiliando na gestão das instalações). E também, que o modelo da informação da construção pode ser usado durante toda a vida útil do empreendimento como fonte de consulta para, por exemplo, verificar o correto funcionamento de todos os componentes da edificação e análise prévia para a instalação de novos equipamentos. E ainda, o fato de o modelo ter sido atualizado durante o processo construtivo, lhe confere precisão para servir de fonte de informações para o gerenciamento das instalações e para a operação do empreendimento.

5 MODELAGEM 4D EMPREGANDO TECNOLOGIA BIM

Koo e Fischer (1998) afirmam que os planejamentos da sequência de execução de um empreendimento concebido através dos *softwares* disponíveis comercialmente transmitem apenas parcialmente o conceito moderno de gestão da construção. Apesar de o planejamento poder ser representado de maneira lógica através dos métodos convencionais, o entendimento deste muitas vezes fica comprometido pela ausência da possibilidade de visualização da sequência executiva. Em consequência disto, fica difícil detectar potenciais problemas ainda na fase de planejamento. Consequentemente, os problemas acabam sendo percebidos somente em obra, acarretando em mudanças indesejáveis no planejamento.

5.1 DEFINIÇÃO

Koo e Fischer (1998), descrevem um modelo ou uma animação 4D como fruto da vinculação de um modelo 3D do projeto com seu cronograma, ou seja, o modelo tridimensional associado ao tempo. O modelo 4D proporciona uma melhor visualização da sequência executiva e uma melhor comunicação e integração das partes envolvidas no empreendimento.

De acordo com Eastman et al. (2011), as atividades ou pacotes de trabalho do cronograma do projeto devem ser ligados aos seus respectivos objetos no modelo tridimensional. Além disso, estes objetos devem ser agrupados ou segmentados de acordo com a forma com que serão executados, de maneira a possibilitar a ligação adequada destes com o cronograma.

5.2 BENEFÍCIOS

Simulações 4D funcionam principalmente como ferramentas de comunicação para revelar potenciais gargalos e como um método para melhorar a colaboração. Os construtores podem avaliar simulações 4D para assegurar-se de que o planejamento é o mais viável e eficiente possível (EASTMAN et al., 2011).

Ainda de acordo com Eastman et al. (2011, p. 285, tradução nossa), os mesmos autores, os principais benefícios dos modelos 4D são os abaixo listados:

- a) comunicação: os planejadores podem comunicar visualmente o processo de construção planejado para todos os participantes do projeto. O modelo 4D captura os aspectos temporais e espaciais de um cronograma e comunica-o de forma mais efetiva do que um diagrama de Gantt tradicional;
- b) contribuição de múltiplas partes interessadas: modelos 4D são usados frequentemente em fóruns da comunidade para apresentar aos leigos como um empreendimento poderia afetar o tráfego, o acesso a um hospital, ou outras preocupações críticas da comunidade;
- c) logística do canteiro: os planejadores podem administrar as áreas de armazenamento, acesso ao (e no) canteiro, localização de equipamentos de grande porte, trailers, e assim por diante;
- d) coordenação de disciplinas: os planejadores podem coordenar fluxo esperado no tempo e espaço das disciplinas no canteiro, bem como a coordenação dos trabalhos em espaços pequenos;
- e) comparação de cronogramas e acompanhamento no progresso da construção: os gerentes de empreendimento podem comparar facilmente diferentes programações, e podem identificar rapidamente se o projeto está em dia ou atrasado.

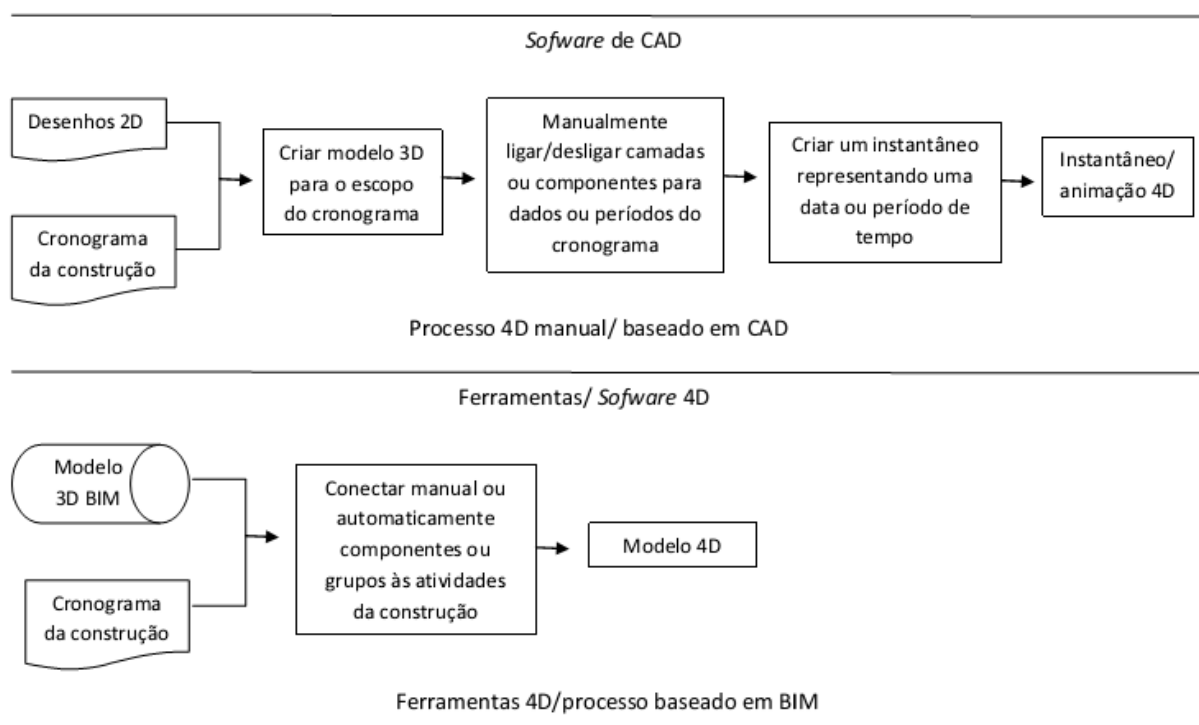
5.3 POR QUE MODELAGEM 4D EMPREGANDO TECNOLOGIA BIM?

Segundo Eastman et al. (2011), a modelagem 4D começou a ser desenvolvida com imagens instantâneas combinadas a cada fase do projeto. Posteriormente, evoluindo para a modelagem de elementos parametrizados em *softwares* que usam o conceito BIM (*Building Information Modeling*).

Eastman et al. (2011) relatam como se dá o processo de modelagem 4D com métodos baseados em CAD e com ferramentas BIM com capacidade 4D. Este processo é mostrado esquematicamente na figura 4.

Para a criação de animações baseadas em CAD, um desenho 3D do projeto é desenvolvido diferenciando os elementos de períodos de tempo distintos através de cores ou preenchimentos e também através de *layers* diferentes, que podem ser ligados e desligados, possibilitando a criação de instantâneos correspondentes a determinados períodos de tempo e assim, sendo possível a criação de uma animação 4D composta pela sequência destes instantâneos.

Figura 4 – Processo de modelagem 4D baseado em CAD e em BIM



(fonte: elaborado pela autora com base em EASTMAN et al., 2011)

Com relação aos *softwares* BIM, Eastman et al. (2011, p. 287, tradução nossa) explicam que estes não possuem capacidade para gerar um modelo, uma animação 4D. O Revit é o único que possui a capacidade de gerar instantâneos 4D:

No Revit, por exemplo, cada objeto pode ser atribuído a uma "fase" que é inserida como texto, como "07 de junho" ou "existente" e ordenar essas fases como desejado. Os usuários podem, então, aplicar filtros para mostrar todos os objetos em uma fase especificada ou nas anteriores. Este tipo de funcionalidade 4D é relevante para a divisão básica em fases e geração de instantâneos 4D, mas não fornece integração direta com os dados do cronograma. Além disso, recursos para animar interativamente um modelo 4D, comuns em ferramentas 4D especializadas, não são fornecidos.

Eastman et al. (2011, p. 287-288, tradução nossa) ainda destacam que, fazendo uso do Revit, "Através da API (*Application Programming Interface*), os usuários podem conectar-se a aplicativos de cronogramas e trocar dados com ferramentas como o MS Project para automatizar algumas entradas 4D.". E ainda, "A maioria das ferramentas BIM não traz capacidade embutida para identificar 'data' e 'hora' e requer módulos 4D específicos ou ferramentas adicionais para conectar diretamente aos dados do cronograma.".

Por consequência das deficiências das ferramentas BIM 3D na modelagem 4D, ferramentas especializadas na modelagem 4D vêm sendo apresentadas pelos fabricantes de *software*, como o Navisworks Simulate, desenvolvido pela Autodesk e o Synchro Professional Pi, desenvolvido pela Synchro Ltd.. Estas ferramentas extraem dados relevantes do modelo tridimensional de uma ferramenta BIM e possibilitam a ligação dos objetos deste com suas respectivas atividades no cronograma. (EASTMAN et al., 2011).

5.4 OBSERVAÇÕES PARA MODELAGEM 4D USANDO TECNOLOGIA BIM

Eastman et al. (2011) afirmam que, apesar de haverem diferenças entre os *softwares* possíveis de serem utilizados, algumas questões pertinentes, quaisquer que sejam as ferramentas empregadas, devem ser levadas em consideração na criação de um modelo 4D:

- a) escopo do modelo: o nível de detalhamento apropriado depende da finalidade do modelo 4D. Caso ele seja destinado ao *marketing*, por exemplo, um cronograma de 90 dias e cerca de 300 atividades deve ser suficiente. No entanto, se o modelo será utilizado durante toda a vida útil do empreendimento, o cronograma deve ser refinado e as atividades mais detalhadas;
- b) nível de detalhe: o nível de detalhes depende da magnitude do empreendimento, do tempo disponível para a execução e outros fatores críticos. Os fatores críticos podem ser os mais diversos, o projetista pode, por exemplo, conferir, a um determinado objeto, um nível altamente detalhado, com a finalidade de se fazer comparações entre materiais a serem utilizados na execução deste;
- c) reorganização: muitas vezes se faz necessário reorganizar o agrupamento de alguns objetos, a fim de tornar sua disposição no modelo compatível com o cronograma do projeto. É importante que as ferramentas empregadas da modelagem tenham essa propriedade, pois nem sempre os objetos são modelados adequadamente para esta finalidade. O projetista pode, por exemplo, agrupar uma coluna e uma sapata, a fim de facilitar a duplicação destas no modelo; no entanto, para o planejador, pode ser necessário segmentar estas no intuito de ligá-las corretamente a seus respectivos pacotes de trabalho no planejamento;
- d) componentes temporários: a representação de estruturas temporárias e atividades que não façam parte do produto final são importantes no modelo 4D, principalmente para se avaliar questões de segurança e a interferência espacial destes elementos com o restante da obra;
- e) decomposição e agregação: muitos objetos, representados pelo projetista como entidades únicas no modelo, podem precisar ser segmentados pelo planejador

para mostrar como eles serão construídos. Estas “quebras” precisarão ser feitas através das ferramentas BIM 3D;

- f) propriedades do cronograma: pode ser desejável simular datas de início e fim diferentes para visualização de alternativas, neste sentido, do processo construtivo. As atividades no cronograma podem ser nomeadas para dividi-las, por exemplo, em “responsabilidades”, podendo o modelo mostrar rapidamente quem é responsável por quais atividades e melhorar assim, a coordenação entre essas atividades. Outras propriedades do cronograma também podem ser importantes, dependendo de características específicas de cada projeto.

6 ESTUDO DE CASO

Nesta pesquisa foi realizado um estudo de caso, com o objetivo de utilizar os pacotes de trabalho e o modelo BIM do empreendimento como base para o estudo que o trabalho requer e para a formulação das diretrizes as quais o trabalho se propõe a apresentar.

6.1 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO

O empreendimento estudado está localizado na região metropolitana de Porto Alegre e trata-se de um condomínio residencial com 9 blocos, cada qual com 8 pavimentos e equipado com 1 elevador. Cada pavimento é constituído por 6 apartamentos e circulação. Cada apartamento possui sala de estar/jantar, 2 dormitórios, banheiro, cozinha, área de serviço e sacada. O empreendimento ainda conta com 2 salões de festa, 544 boxes de estacionamento e áreas verdes de lazer. Os blocos foram executados com blocos de alvenaria estrutural.

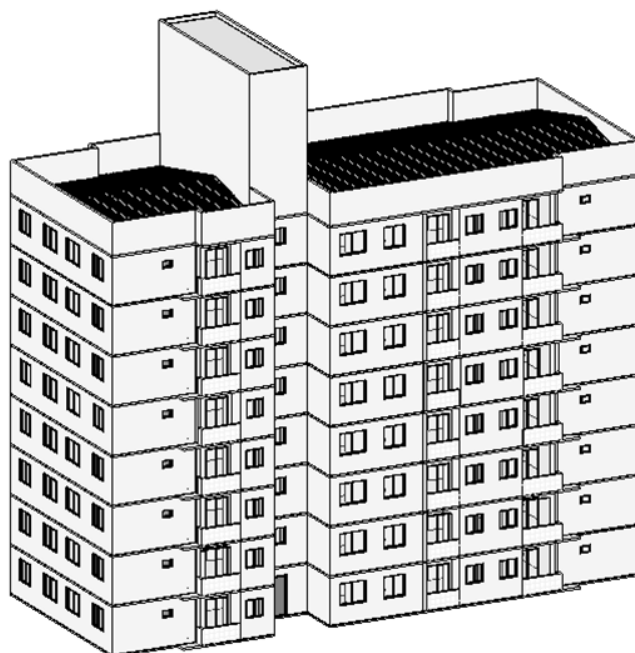
Para fins de estudo deste trabalho, foi utilizado o modelo BIM do bloco padrão e todos os pacotes de trabalho referentes ao escopo da construção do Bloco A. Este Bloco foi escolhido pelo fato de já ter sido concluído no momento em que este estudo começou; portanto, foram executados todos os pacotes de trabalho referentes a ele e assim, incluídos em planos de curto prazo, fazendo parte do material utilizado por este trabalho.

6.2 O MODELO BIM

O modelo BIM do empreendimento foi desenvolvido por bolsistas do Norie / UFRGS (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação / Universidade Federal do Rio Grande do Sul) por ocasião de estudos anteriores e se trata do modelo do bloco padrão do empreendimento. Como este modelo foi criado para a finalidade de estudos acadêmicos, ele se diferencia, em alguns aspectos, de um modelo real, que seria criado para ser utilizado nas etapas do projeto em si. Um destes aspectos é o fato de que foram criados modelos separados para representar níveis diferentes de detalhamento. Foi criado um modelo geral, do Bloco inteiro, porém bastante simplificado, cuja vista está representada na figura 5; outro modelo

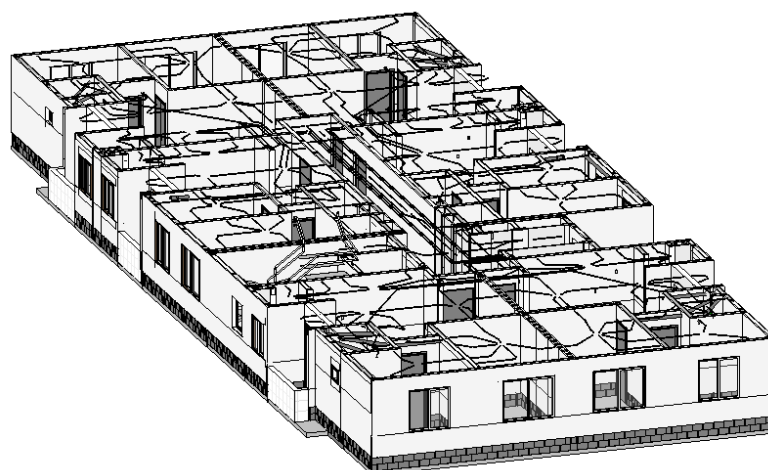
referente ao pavimento tipo, com alguns detalhamentos a mais que o anterior, cuja vista está representada na figura 6; e uma planta baixa bidimensional do pavimento tipo, com nível de detalhamento ainda maior em relação a alguns elementos, que pode ser vista na figura 7.

Figura 5 – Vista do modelo BIM geral do projeto estudado



(fonte: trabalho não publicado⁶)

Figura 6 – Vista do modelo BIM tridimensional do pavimento tipo do projeto estudado

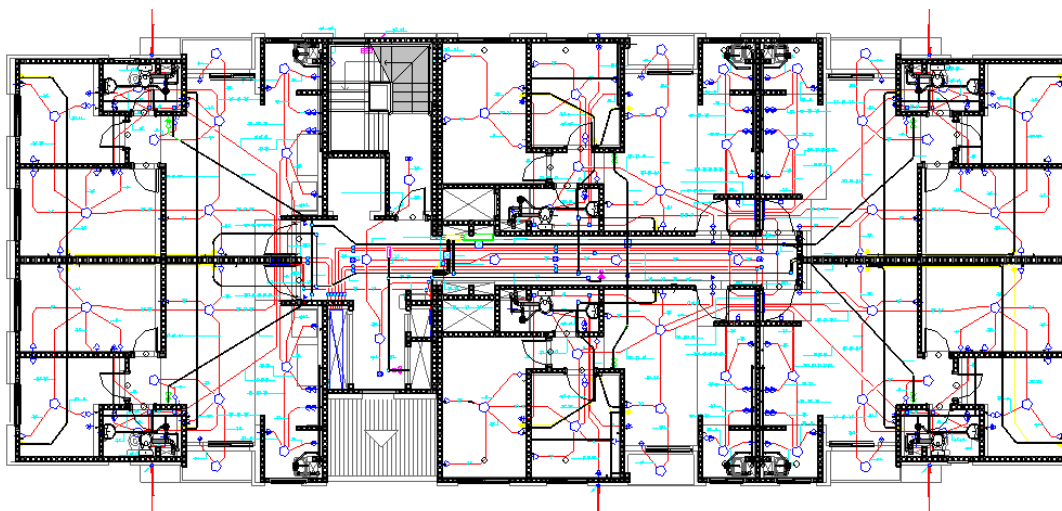


(fonte: trabalho não publicado⁷)

⁶ Imagem instantânea de modelo BIM desenvolvido no *software* Revit, pelo Norie / UFRGS (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação / Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

⁷ idem

Figura 7 – Vista da planta baixa em BIM do pavimento tipo do projeto estudado



(fonte: trabalho não publicado⁸)

6.2.1 MÉTODO UTILIZADO PARA A ANÁLISE DO MODELO BIM

A análise foi feita através do estudo destas partes do modelo no *software* Revit. Além disso, algumas dúvidas foram sanadas em conversa com o bolsista autor do modelo. Esta análise foi feita com o intuito de observar quais os objetos representados no modelo e de que maneira cada um deles foi segmentado.

6.2.2 ESTRUTURAÇÃO DO MODELO BIM

Como foram empregados três modelos, com níveis de detalhamento distintos, alguns elementos estão representados de maneira diferente em cada um destes. Para facilitar o entendimento e para uma visualização mais prática da representação dos objetos no modelo, foi elaborado um quadro, que mostra resumidamente como os elementos estão representados em cada um dos modelos. Em sequência do quadro, esta representação está comentada com maior detalhamento. Assim, o quadro 1 mostra as informações desta seção resumidamente.

⁸ Imagem instantânea de modelo BIM desenvolvido no *software* Revit, pelo Norie / UFRGS (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação / Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Quadro 1 – Resumo da representação dos objetos no modelo BIM

	MODELO GERAL	MODELO DO PAVIMENTO TIPO	PLANTA BAIXA BIDIMENSIONAL DO PAVIMENTO TIPO
LAJE	Dividida em duas pela junta de dilatação e separando do restante da laje as partes referentes às sacadas	Dividida em duas pela junta de dilatação e separando do restante da laje as partes referentes às sacadas, circulação, escadaria e quatro dos seis banheiros do pavimento	Não está representada
PAREDES ESTRUTURAIS	Não divididas horizontalmente. Paredes que continuam no mesmo plano em outros ambientes estão representadas juntas	Separadas em 1° fiada, 2° fiada, parede até o peitoril, parede até o respaldo e cinta de respaldo. Paredes que continuam no mesmo plano em outros ambientes estão representadas juntas	Cada bloco estrutural está modelado separadamente
PAREDES NÃO ESTRUTURAIS	Cada parede representada separadamente e cada qual como um único objeto	Cada parede representada separadamente e cada qual como um único objeto	Não estão representadas
ESCADARIA	Separada em degraus e corrimão que estão separados por pavimento	Separada em degraus e corrimão	Separada em degraus e corrimão
ESQUADRIAS	Modeladas separadamente entre si e cada qual como um único objeto	Modeladas separadamente entre si e cada qual como um único objeto	Modeladas separadamente entre si e cada qual como um único objeto
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	Não estão representadas	Estão representados apenas alguns condutos, divididos a cada articulação	Modelados com bastante detalhamento, mas como elemento único, sem divisões no pavimento
INSTALAÇÕES DE ANTENA E TELEFONE	Não estão representadas	Estão representados apenas alguns condutos, divididos a cada articulação	Estão representados apenas alguns condutos, divididos a cada articulação
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS	Não estão representadas	Representadas de forma segmentada a cada articulação	Representadas de forma segmentada a cada articulação

continua

continuação

	MODELO GERAL	MODELO DO PAVIMENTO TIPO	PLANTA BAIXA BIDIMENSIONAL DO PAVIMENTO TIPO
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	Não estão representadas	Não estão representadas	Não estão representadas
INSTALAÇÕES PARA AR CONDICIONADO	Não estão representadas	Estão representados apenas alguns condutos, divididos a cada articulação	Não estão representadas
COBERTURA DO BLOCO	Dividida em duas por um elemento arquitetônico. Dividida em terças, caibros, ripas e telhamento	Não se aplica	Não se aplica
COBERTURA DO HALL DE ENTRADA	Não está representada	Não se aplica	Representada como um único objeto
ELEVADOR	Representado apenas o poço do elevador	Representado apenas o poço do elevador	Representado apenas o poço do elevador
TANQUES	Não estão representados	Não estão representados	Representados separadamente entre si
LOUÇAS SANITÁRIAS	Representadas separadamente entre si	Representadas separadamente entre si	Representadas separadamente entre si

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

A **laje** referenciada na tabela corresponde ao plano horizontal que abrange todo o pavimento. No modelo geral, cada uma das lajes está representada dividida em duas pela junta de dilatação e ainda separando as partes da laje referentes às sacadas. No modelo do pavimento tipo, está separada em duas na junta de dilatação e ainda, separando do restante da laje as partes correspondentes à circulação, à escadaria, às sacadas e a quatro dos seis banheiros do pavimento. Além disso, a laje dos banheiros está representada com revestimento cerâmico. No entanto, na planta baixa a laje não está modelada.

No modelo geral, as **paredes** estruturais estão modeladas sem divisões horizontais. As paredes que continuam no mesmo plano em outros ambientes ou até mesmo outros apartamentos, não estão segmentadas, mas sim, representadas juntas. Esta não segmentação destas paredes também acontece no modelo do pavimento tipo, mas neste, as paredes estruturais estão divididas em 1º fiada, 2º fiada, parede até o peitoril, parede até o respaldo e

cinta de respaldo. Os pilaretes estão representados separadamente entre si. Já na planta baixa, cada bloco estrutural está representado separadamente, para mostrar a modulação das paredes, estando representados também os pilaretes.

As paredes não estruturais estão representadas cada uma separadamente, cada qual como um único objeto no modelo geral e no modelo do pavimento tipo. Na planta baixa, no entanto, estas paredes não estão modeladas.

A **escadaria** está modelada, no modelo geral, no modelo do pavimento tipo e na planta baixa bidimensional do pavimento tipo, separada em degraus e corrimão. No modelo geral, os degraus e corrimão estão representados divididos por pavimento.

Todas as **esquadrias** estão representadas separadamente entre si nos três modelos. Cada esquadria está modelada como um único elemento, sem divisões.

Quanto às **instalações elétricas**, não estão representadas no modelo geral. No modelo do pavimento tipo, estão modelados apenas alguns condutos. Na planta baixa, no entanto, os circuitos e componentes elétricos estão representados com bastante detalhamento, mas como um único elemento em todo o pavimento, sem nenhuma divisão. Quanto às **instalações de antena e de telefone**, estão representados apenas alguns condutos, segmentados a cada articulação, no modelo do pavimento tipo e na planta baixa, não aparecendo no modelo geral.

As **instalações sanitárias** não estão modeladas no modelo geral; no modelo do pavimento tipo e na planta baixa, estão modelados de maneira segmentada a cada mudança de elemento da instalação. Parte da tubulação das **instalações de ar condicionado** está representada, mas apenas no modelo do pavimento tipo. **As instalações hidráulicas** não estão representadas em nenhum dos modelos.

A **cobertura** do bloco está representada apenas no modelo geral, pois não se aplica aos demais. Está dividida em duas partes por um elemento arquitetônico e assim está dividida também no modelo. Está segmentada em terças, caibros, ripas e telhamento. Há uma cobertura do hall de entrada representada apenas na planta baixa.

O poço do **elevador**, constituído por paredes estruturais, está representado nos três modelos. O elevador propriamente dito não está modelado em nenhum deles.

As **louças sanitárias** estão representadas individualmente nos três modelos. Os **tanques**, no entanto, estão representados apenas na planta baixa.

6.3 PACOTES DE TRABALHO (PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO)

O planejamento semanal é feito pela empresa utilizando um *software* próprio, que funciona em rede, podendo ser acessado através da internet pelas diferentes partes envolvidas no projeto. Foram fornecidos pela empresa todos os planejamentos semanais da obra, incluindo todos os pacotes de trabalho executados, desde o início de sua execução até o momento em que este trabalho passou a ser desenvolvido, somando 133 arquivos de planejamento semanal. O uso de todos os pacotes de trabalho executados em uma edificação é um importante diferencial deste trabalho.

6.3.1 MÉTODO UTILIZADO PARA A ANÁLISE DOS PACOTES DE TRABALHO

A análise utilizou como fonte de evidência todos os dados de pacotes de trabalho até então realizados na obra, incluindo os referentes a todos os blocos, ao condomínio e às instalações da obra, que figuravam no sistema de PCP (Planejamento e Controle da Produção) da empresa. O Bloco A foi escolhido para este estudo por já estar concluído; portanto, por ter todos os pacotes de trabalho disponíveis no material fornecido pela empresa.

Começou-se pela separação das informações referentes ao Bloco A dos demais, que somaram 2764 pacotes de trabalho, sendo estes, todos os pacotes de trabalho da edificação. Selecionaram-se apenas as atividades referentes ao Bloco, excluindo os correspondentes ao entorno, pois se possuía apenas o modelo BIM do Bloco em si. Feito isto, excluíram-se todas as informações não relevantes ao trabalho, deixando apenas a atividade de cada pacote de trabalho, que consiste na ação a ser realizada e o local correspondente. Excluíram-se também, atividades repetidas, provenientes de pacotes de trabalho programados, não cumpridos e reprogramados para outra semana. Fez-se uma padronização dos textos de cada atividade, no intuito de reunir as que fossem semelhantes. Reuniram-se as atividades que consistiam na mesma ação e elemento, mas correspondentes a locais diferentes. O quadro 2 mostra um exemplo destas últimas etapas.

Quadro 2 – Exemplo de forma de separação das atividades em ação e local

ATIVIDADES COM TEXTO ORIGINAL		
Pintura de acabamento da circulação 8º PAV - 1ª Demão Pintura interna apto. 106 - aplicação da 1ª demão Pintura interna aptos. 303-305 - 1ª demão Aplicar 1ª demão aptos. 702-704 Primeira demão aptos. 801-802		
ATIVIDADES COM TEXTO PADRONIZADO		
Pintar 1ª demão da circulação do 8º pavimento Pintar 1ª demão das paredes internas do apartamento 106 Pintar 1ª demão das paredes internas dos apartamentos 303 e 305 Pintar 1ª demão das paredes internas dos apartamentos 702 e 704 Pintar 1ª demão das paredes internas dos apartamentos 801 e 802		
SEPARAÇÃO DA AÇÃO DO ELEMENTO E LOCAL CORRESPONDENTES		
AÇÃO	ELEMENTO	LOCAL
Pintar 1ª demão	Paredes	Circulação do 8º pavimento
Pintar 1ª demão	Paredes	Apartamento 106
Pintar 1ª demão	Paredes	Apartamentos 303 e 305
Pintar 1ª demão	Paredes	Apartamentos 702 e 704
Pintar 1ª demão	Paredes	Apartamentos 801 e 802

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Foi feita a diferenciação entre atividades relacionadas ao produto final e as que não possuíam esta característica. Ou seja, entre ações praticadas em objetos que fazem parte do edifício pronto, como paredes, e objetos que não o fazem, como guarda corpos. Isto porque, os pacotes de trabalho relacionados a objetos que não fazem parte do produto final, precisam ser ligados ao modelo através de um objeto ao qual ele está relacionado indiretamente, como o guarda corpo no vão da janela que pode ser ligado à janela.

Outra diferenciação importante observada foi entre pacotes de trabalho de atividades de conversão e os de atividade de fluxo. As atividades de conversão produzem uma evolução na sequência executiva no modelo 4D, enquanto que as atividades de fluxo, podem ser ligadas a objetos aos quais estão relacionados, mas não provocarão nenhuma mudança no modelo 4D.

Ainda, foram identificados pacotes de trabalho que, apesar de envolverem conversões e possuírem objetos relacionados, não provocam mudanças no modelo 4D, que são os referentes a retrabalhos ou finalização de atividades já dadas como concluídas anteriormente.

Para que fosse possível mostrar a qual objeto no modelo cada ação poderia ser ligada, criou-se uma generalização dos locais de aplicação destas. O quadro 3 mostra um exemplo.

Quadro 3 – Generalização do local de aplicação

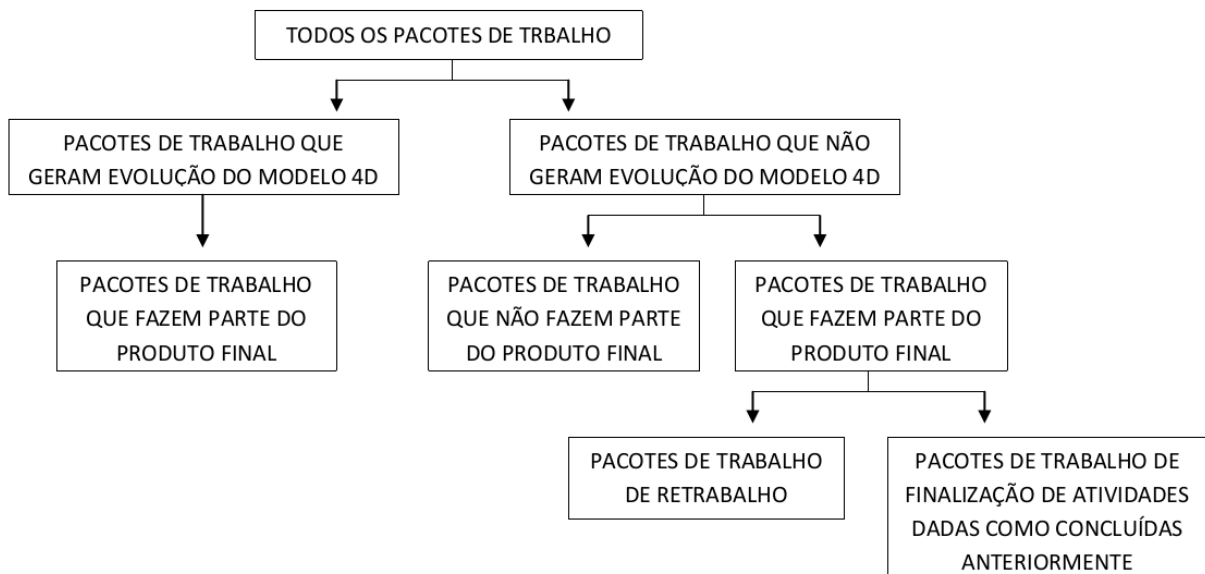
GENERALIZAÇÃO DO LOCAL DE APLICAÇÃO		
AÇÃO	ELEMENTO	LOCAL
Pintar 1ª demão	Paredes	Todos os ambientes internos, exceto banheiros

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

6.3.2 ESTRUTURAÇÃO VERIFICADA DOS PACOTES DE TRABALHO

Feito o estudo e separação dos pacotes de trabalho, verificou-se as etapas de execução de cada elemento do projeto. As informações apresentadas foram separadas por objetos, baseados na análise das possibilidades de representação destes no modelo BIM. Foram identificados diferentes tipo de pacotes de trabalho, separados por aqueles que geram evolução ou não no modelo 4D, e aqueles que estão relacionados a elementos que fazem parte ou não do produto final. Esta separação é mostrada esquematicamente na figura 8. Além disso, a estruturação verificada dos pacotes de trabalho está apresentada a seguir, de acordo com esta separação.

Figura 8 – Tipos de pacotes de trabalho identificados



(fonte: elaborado pela autora)

6.3.2.1 PACOTES DE TRABALHO QUE GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D

Os pacotes de trabalho de atividades de conversão, que estão relacionados a objetos que fazem parte do produto final e que não se referem a retrabalhos ou finalização de atividades já dadas como concluídas, provocam evolução do modelo 4D quando ligados aos objetos aos quais estavam relacionados. Foram incluídos também nesta seção pacotes de trabalho referentes à limpeza de alguns elementos, quando a sequência executiva dependia desta, mesmo estes não sendo de atividades de conversão, como a limpeza dos pontos de graute.

Os elementos que constituem as **fundações** da obra estudada são estacas cravadas, blocos de coroamento e vigas ligando estes blocos. Os diferentes tipos de elementos foram executados um em sequência do outro, primeiramente as estacas, seguidas dos blocos e finalmente as vigas. Algumas etapas dos elementos de mesmo tipo, como a cravação das estacas, por exemplo, não foram executadas todas de uma só vez, mas sim em grupos, formados pelo número de elementos possíveis de serem executados no tempo que abrangeu o planejamento de curto prazo. As etapas de execução dos elementos de fundação são mostradas no quadro 4.

Quadro 4 – Etapas de execução dos elementos de fundação

ESTACAS
Marcar pontos para cravação das estacas n° ____
Montar gabarito para locação das estacas n° ____
Cravar as estacas n° ____
Arrasar estacas cravadas
BLOCOS
Escavar terreno para os blocos n° ____
Preparar leito dos blocos com brita no fundo
Marcar eixos para locação dos blocos n° ____
Cortar e dobrar armadura para os blocos n° ____
Montar armadura para os blocos n° ____
Montar forma para os blocos n° ____
Concretar os blocos n° ____
Desformar os blocos n° ____
Executar aterro dos blocos

continua

continuação

VIGAS
Escavar terreno para as vigas n° ____
Preparar leito das vigas com brita no fundo
Marcar locação das vigas n° ____
Cortar e dobrar armadura das vigas n° ____
Montar armadura nas vigas n° ____
Montar formas para as vigas n° ____
Travar formas das vigas n° ____
Concretar as vigas n° ____
Desformar as vigas n° ____
Impermeabilizar com argamassa polimérica as vigas de borda
Executar aterro das vigas

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Depois dos elementos de fundação executados, foi realizada a execução do contrapiso do pavimento térreo. O quadro 5 mostra estas etapas.

Quadro 5 – Etapas de execução do contrapiso do térreo

CONTRAPISO DO TÉRREO
Realizar regularização do terreno
Colocar 8 cm de brita para base do contrapiso
Colocar malha metálica para contrapiso
Montar forma de borda
Concretar contrapiso
Desformar contrapiso
Impermeabilizar borda externa do contrapiso

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

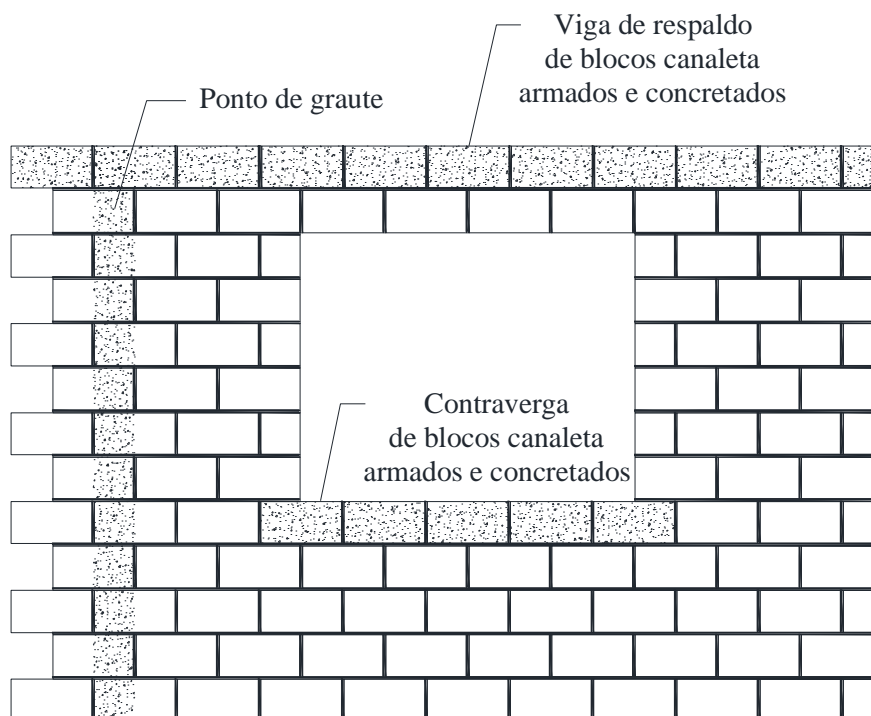
Com exceção de algumas **paredes**, como as de vedação das sacadas, fechamento do poço de luz e platibanda, as paredes desta obra possuem função estrutural. Elas foram executadas separadamente por pavimento e, dentro dos pavimentos, separadamente por apartamento, circulação e cada uma das demais áreas de uso comum. A figura 9 ilustra diferentes partes destas paredes, as quais foram erguidas nas etapas que podem ser vistas no quadro 6.

Quadro 6 – Etapas de elevação da alvenaria estrutural

PAREDES ESTRUTURAIS
Marcar 1ª fiada da alvenaria
Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)
Montar armadura nas contravergas
Grautear contravergas
Elevar alvenaria até o respaldo
Assentar blocos da cinta de respaldo
Limpar pontos de graute
Montar armadura nos pontos de graute
Grautear pontos de graute
Montar armadura na cinta de respaldo
Concretar cinta de respaldo

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Figura 9 – Partes que constituem as paredes estruturais



(fonte: elaborado pela autora)

Foi feita a marcação no piso dos locais onde a alvenaria seria erguida, para consolidar esta marcação, foi assentada a primeira fiada de blocos. A execução da alvenaria seguiu até o peitoril, onde foram assentados os blocos canaleta que, posteriormente armados e grauteados, formaram as contravergas das janelas. Depois das contravergas armadas e grauteadas, seguiu o assentamento dos blocos até o respaldo. Alguns pontos verticais na alvenaria, especificados

pelo projeto, foram limpos, armados e grauteados, formandos pilaretes para auxiliar na função estrutural. A última fiada, na união da alvenaria com a laje, foi executada com blocos canaleta que, posteriormente armados e concretados, formaram a cinta de respaldo da alvenaria.

As paredes que cumprem papel apenas de vedação foram executadas de forma semelhante. No entanto, as contravergas foram em concreto armado e na união da alvenaria com a laje foi feito o encunhamento. As paredes dos *shafts* foram executadas em gesso acartonado.

As etapas de revestimento das paredes também foram executadas separadamente por pavimento e, dentro dos pavimentos, separadamente por apartamento, circulação e cada uma das demais áreas de uso comum. Mas, além disso, foram executadas separadamente também, de acordo com os tipos diferentes de revestimento e de acordo com o acesso. O revestimento de fachada, por exemplo, foi executado em um momento diferente do das paredes internas. O quadro 7 mostra as etapas de execução do revestimento de alguns exemplos de paredes do empreendimento que possuem diferentes revestimentos.

Quadro 7 – Revestimento de algumas das paredes do empreendimento

REVESTIMENTO DE ALGUMAS PAREDES DO EMPREENDIMENTO		
<u>Sala de estar</u>	<u>Banheiro</u>	<u>Fachada</u>
Rebocar paredes	Preparar para impermeabilização a área prevista em projeto	Chapiscar paredes
Lixar e aplicar selador	Impermeabilizar a área estipulada em projeto	Rebocar paredes
Pintar 1ª demão	Rebocar as paredes	Aplicar selador
Pintar 2ª demão	Assentar azulejos	Aplicar grafiato
	Rejuntar azulejos	

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

A **laje** de cada pavimento está separada horizontalmente por uma junta de dilatação, que se estende por todo o Bloco. Com isso, as duas partes de cada laje foram executadas separadamente. O quadro 8 mostra as etapas de execução de cada uma destas partes.

Quadro 8 – Etapas de execução das lajes

LAJES	
Montar forma para laje	Montar armadura na laje
Colocar escoramento para a laje	Concretar laje
Cortar e dobrar armadura da laje	Desformar laje

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

As áreas molháveis, como o box de banho, foram impermeabilizadas; posteriormente, as lajes receberam contrapiso. E ainda, alguns ambientes, como banheiros, receberam piso cerâmico. Estas etapas foram executadas por apartamento e cada uma das áreas de uso comum.

A parte inferior das lajes foi regularizada e revestida com massa de gesso nos ambientes em que não existiam tubulações hidrossanitárias expostas. Já nos ambientes com tubulações a mostra na laje, como banheiro, cozinha e circulação, foi executado forro com placas de gesso que, posteriormente, recebeu rodaforno e revestimento com massa de gesso. Em cada ambiente com forro, foi executado alçapão para facilitar o acesso à tubulação ali existente.

Os degraus da **escadaria** são de concreto armado e foram executados *in loco*, separadamente por pavimento, assim como seu corrimão. O quadro 9 mostra suas etapas de execução.

Quadro 9 – Etapas de execução da escadaria

ESCADARIA	
Montar fôrma	Regularizar degraus
Cortar e dobrar armadura	Fixar corrimão
Montar armadura	Pintar corrimão
Concretar	Aplicar textura
Desformar	Pintar
Rebocar	

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Quanto às **esquadrias**, a escadaria recebeu porta corta fogo em seus acessos nos pavimentos. As portas dos apartamentos se diferenciam em portas de acesso (com maior resistência mecânica), porta da sacada (com resistência às intempéries) e portas internas. A instalação das portas se deu por apartamento e cada uma das áreas de uso comum. Já a instalação das janelas foi feita pelo lado externo do bloco, por área de fachada compreendida ao mesmo tempo pelo andaime instalado. O quadro 10 mostra as etapas de instalação das esquadrias.

Quadro 10 – Etapas de execução das esquadrias

ESQUADRIAS			
<u>Porta corta-fogo</u>	<u>Portas internas e de acesso</u>	<u>Porta da sacada</u>	<u>Janelas</u>
Instalar contramarco	Instalar contra marco	Instalar contra marco	Instalar contramarco
Instalar porta corta-fogo	Instalar porta	Instalar porta	Colocar pingadeiras
	Instalar guarnições	Instalar vidros	Instalar janelas
		Instalar guarnições	Instalar vidros
			Instalar guarnições

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

As **instalações elétricas, de antena e de telefone** foram ligadas das redes de distribuição aos quadros gerais do edifício. A partir destes quadros, foram levados a cada pavimento e dali distribuídos para cada apartamento e, no caso das instalações elétricas, também para as áreas de uso comum. Estas instalações foram embutidas nas lajes e nas paredes. Nas lajes os condutos foram colocados antes da concretagem e nas paredes os condutos foram embutidos nos furos verticais dos blocos. O quadro 11 mostra as etapas de execução destas instalações.

Quadro 11 – Etapas de execução das instalações elétricas, de antena e de telefone

QUADRO DE MEDIÇÃO (QM)
Montar QM - montagem da madeira, pintura e colocação das caixas de passagem Montar QM - colocação dos eletrodutos, caixa de entrada e distribuição e instalação no local Instalar tampa do QM
DISTRIBUIDOR GERAL (DG)
Montar coluna montante para telefonia e antena nos pavimentos Fixar as caixas dos DGs na circulação Executar as tubulações Montar os DGs Fixar tampas dos DGs
CAIXAS DE DISTRIBUIÇÃO (CD)
Instalar caixas dos CDs Montar CDs Instalar disjuntores Identificar voltagens e disjuntores nos CDs Instalar tampas dos CDs
CIRCUITOS
Instalar condutos e caixas de passagem na laje Instalar condutos na alvenaria Instalar caixas para tomadas e interruptores na alvenaria Instalar fiação Instalar tomadas e interruptores

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Nas áreas de uso comum, foi feita também a instalação de luminárias. Além disso, nos locais de uso comum previstos em projeto, foi feita também a instalação de luzes de emergência.

A tubulação das **instalações hidráulicas** foi ligada da rua a um reservatório inferior e, deste, uma tubulação de recalque foi instalada até reservatórios superiores. Dos reservatórios superiores, colunas foram instaladas nos *shafts* para distribuir a água para todos os pavimentos. Em cada pavimento, a partir de uma coluna, as tubulações hidráulicas foram levadas aos locais, previstos em projeto, dos apartamentos e áreas de uso comum, embutidas na alvenaria. Os reservatórios superiores estão localizados sobre uma laje em nível acima dos pavimentos e fechada lateralmente por alvenaria de vedação. O acesso ao ambiente onde ficam os reservatórios é feito através de uma escada de marinheiro que foi ali instalada e posteriormente pintada. O quadro 12 mostra as etapas de execução das instalações hidráulicas.

Quadro 12 – Etapas de execução das instalações hidráulicas

RESERVATÓRIO INFERIOR
Montar fôrma Cortar, dobrar e montar armadura Concrear reservatório inferior Instalar tubulação de recalque para reservatórios superiores e hidrante Instalar bomba de recalque
RESERVATÓRIOS SUPERIORES
Elevar reservatórios Instalar reservatórios Encher reservatório
DISTRIBUIÇÃO
Executar colunas de distribuição de água para os pavimentos Instalar tubulação hidráulica e registros Instalar hidrômetros Instalar caixas dos hidrômetros Identificar hidrômetros
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS CONTRA INCÊNDIO
Executar rede de coluna de hidrante Fixar caixas de hidrante Fixar tampas dos hidrantes Instalar mangueiras de incêndio nos hidrantes

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

As tubulações das **instalações sanitárias** de coleta de esgoto cloacal e pluvial foram instaladas, nas lajes antes de sua concretagem, em cada apartamento e áreas de uso comum. A

passagem desta tubulação entre os pavimentos fez-se por meio de *shafts*. Do pavimento térreo, fez-se a ligação com o sistema de coleta da rua. O quadro 13 mostra as etapas de execução destas instalações.

Quadro 13 – Etapas de execução das instalações sanitárias

INSTALAÇÕES SANITÁRIAS
Instalar componentes e tubulação cloacal e pluvial na laje
Instalar colunas de coleta dos pavimentos nos shafts
Instalar tubulação de esgoto aéreo
Instalar caixas de gordura
Limpar tubulação e cortar tubos
Limpar ralos
Instalar grelha e porta grelha
Ligar rede de esgoto cloacal e pluvial à rede externa

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

As **instalações de gás** contam com uma central de gás, de onde sai uma coluna principal de gás que alimenta os pavimentos, passando pelos *shafts*. Em cada pavimento, da coluna principal, parte a tubulação que alimenta cada pavimento, passando por canaletas na alvenaria. O quadro 14 mostra as etapas de execução das instalações de gás.

Quadro 14 – Etapas de execução das instalações de gás

INSTALAÇÕES DE GÁS
Instalar coluna principal de gás
Abertura das canaletas para a rede de gás
Instalação da tubulação de gás nos apartamentos
Grautear canaletas da tubulação de gás
Executar nichos para medidores de gás nos pavimentos
Instalar tubulação para ventilação da coluna de gás
Instalar grades metálicas externas de ventilação do gás na lavanderia

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Na sala e dormitórios foi instalada espera para a **instalação de aparelho condicionador de ar** do tipo *Split* (tubulação seca). A instalação foi executada separadamente por apartamento. O quadro 15 mostra as etapas de execução desta espera.

Quadro 15 – Etapas de execução das esperas para ar condicionado *split*

ESPERAS PARA AR CONDICIONADO <i>SPLIT</i>
Instalar tubulação seca
Instalar caixas de passagem
Instalar drenos
Colocar tampas nas aberturas da tubulação na fachada

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Como parte da **cobertura**, a última laje do Bloco recebeu impermeabilização com manta asfáltica e instalação de tubulação pluvial. Posteriormente, recebeu estrutura metálica e cobertura com telhas. Esta cobertura possui diferenciação no poço de luz e reservatório. O oitão do poço de luz foi executado com alvenaria de vedação. No entorno de toda a cobertura foi executada platibanda, também em alvenaria de vedação. O quadro 16 mostra as etapas de execução da cobertura.

Quadro 16 – Etapas de execução da cobertura do Bloco

COBERTURA DO RESERVATÓRIO
Instalar estrutura metálica para cobertura
Fixar telhas na cobertura do reservatório
COBERTURA E OITÃO DO POÇO DE LUZ
Fechar oitão com alvenaria
Instalar estrutura metálica para cobertura
Fixar telhas translúcidas
COBERTURA DO BLOCO
Instalar manta asfáltica na laje de cobertura
Montar estrutura metálica do telhado
Fixar telhas de cobertura
Instalar algerosas para telhado
Instalar calhas para telhado
Instalar chapa de alumínio galvanizada na cobertura para dilatação

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

A entrada do bloco recebeu uma pequena cobertura com placa cimentícia, para proteção do hall de entrada contra as intempéries. O quadro 17 mostra suas etapas de execução.

Quadro 17 – Etapas de execução da cobertura da entrada do Bloco

COBERTURA DA ENTRADA DO BLOCO
Montar estrutura metálica da fachada do hall de entrada
Fixar placa cimentícia na cobertura do hall da entrada
Executar grafiato e pintar placa cimentícia do hall de entrada
Fixar algerosas na cobertura do hall de entrada do Bloco

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

As paredes do poço do **elevador** foram executadas em alvenaria estrutural, separadas por pavimento. Foi realizada preparação, e posterior impermeabilização do contrapiso no térreo, conforme projeto; e execução de contrapiso sobre a impermeabilização, para proteção mecânica. O quadro 18 mostra as demais etapas de execução das instalações para o elevador.

Quadro 18 – Etapas de execução das instalações para o elevador

INSALAÇÕES ELÉTRICAS
Instalar caixa de alimentação trifásica para elevador
Montar caixa de circuitos do elevador
Instalar fiação dos circuitos elétricos
Fixar tartarugas de elétrica do poço do elevador no lado oposto a 30cm da gola
PORTAS
Instalar portas do elevador
Pintar portas do elevador - 1ª demão
Pintar portas do elevador - 2ª demão e acabamento final
Colocar mochetas no elevador
Executar soleira cerâmica
Rejuntar soleira
ELEVADOR
Montar elevador
Instalar elevador

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Cada banheiro foi equipado com **louças sanitárias**, constituídas de um vaso sanitário com caixa acoplada e um lavatório com coluna. Em cada lavanderia foi instalado um **tanque**, que recebeu posterior acabamento com azulejo.

6.3.2.2 PACOTES DE TRABALHO QUE NÃO GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D

Estes pacotes de trabalho caracterizam-se por não representar mudança na sequência executiva do modelo 4D. Apesar disto, a ligação destes com objetos do modelo é possível.

Alguns destes **pacotes de trabalho estão relacionados a objetos que não fazem parte do produto final**, mas necessitam ser executadas por razões de segurança ou outras condições de trabalho. O quadro 19 mostra as atividades desta natureza encontradas no planejamento de curto prazo.

Quadro 19 – Atividades relacionadas a objetos que não fazem parte do produto final

ANDAIME
Confeccionar e instalar ganchos de ancoragem do andaime suspenso (laje de cobertura) Instalar andaime fachadeiro Confeccionar montantes de madeira para andaime de escadaria Colocar contrapesos nos andaimes suspensos Desmontar andaime fachadeiro
BANDEJA
Montar assoalho para bandeja de proteção Fechar bandejas no hall de entrada Fechar vão quebrado da bandeja Modificar bandeja para a laje de outro pavimento Remover bandejas
ELEVADOR CREMALHEIRA
Executar micro estacas para fundação do elevador cremalheira Montar fôrmas para vigas de fundação do elevador cremalheira Concretar fundação para elevador cremalheira Locar base para elevador cremalheira Executar alvenaria do poço para elevador cremalheira Montar elevador cremalheira Executar dreno para poço do elevador cremalheira Colocar placas de pavimento do elevador cremalheira Instalar guarda corpo nas laterais das cancelas do elevador cremalheira Instalar extintor no interior da cabine do elevador cremalheira Fechar bandeja no encontro com elevador de cremalheira Colocar trava na cancela do poço do elevador no térreo Desmontar elevador cremalheira

continua

continuação

GUARDA CORPO
<p>Instalar guarda corpo nas janelas</p> <p>Instalar guarda corpo nos vãos do poço do elevador</p> <p>Instalar guarda corpo no final da escadaria</p> <p>Instalar guarda corpo nas laterais do hall de entrada</p> <p>Instalar guarda corpo no perímetro sem bandejas dos pavimentos do bloco</p> <p>Instalar guarda corpo no perímetro do térreo, deixando acesso apenas pelo hall de entrada</p> <p>Instalar guarda corpo no vão da platibanda</p> <p>Instalar guarda corpo nas sacada</p> <p>Fazer manutenção de guarda corpos</p> <p>Colocar mais uma mão francesa no guarda corpo da lateral da cancela do elevador</p> <p>Remover guarda corpo</p>
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
<p>Colocar ganchos para suspensão de extensões elétricas</p> <p>Identificar voltagem nas caixas de distribuição de uso da obra nos pavimento</p> <p>Instalar lâmpadas para uso da obra nas circulações dos pavimentos</p> <p>Instalar proteção de lâmpada na Iluminação da obra no bloco</p> <p>Fazer manutenção na caixa elétrica de uso da obra no pavimento</p> <p>Fazer troca de lâmpadas queimadas na iluminação para a obra nos pavimentos do bloco</p>
LINHA DE VIDA
<p>Instalar tubos para a linha de vida nas lajes</p> <p>Instalar cabos de linha de vida</p> <p>Instalar olhais linha de vida para trabalho em telhado, conforme projeto</p> <p>Duplar cabo de linha de vida</p> <p>Remover linhas de vida</p> <p>Cortar as pontas dos parafusos das linhas de vida</p> <p>Esticar os cabos de linha de vida</p> <p>Fazer os arremates nos furos deixados pelos tubos de linha de vida</p>
PLACAS
<p>Colocar placa de identificação do guarda corpo do poço do elevador</p> <p>Confeccionar placas contendo responsáveis da obra</p> <p>Fixar placas de identificação e avisos nos pavimentos do bloco</p>
PROTEÇÃO DE PERIFERIA
<p>Confeccionar ganchos para proteção de periferia</p> <p>Colocar ganchos de proteção de periferia nas lajes do pavimentos</p>

continua

continuação

TELA DE ISOLAMENTO
Instalar tela de isolamento no entorno do bloco Concertar e fixar tela de isolamento em lateral da edificação sem bandejas Concertar a tela do tapume do acesso do guincho de coluna no térreo
PROTEÇÃO DE VERGALHÃO
Colocar protetores de vergalhão Recolher os protetores de vergalhão
CANTEIRO
Realizar inspeção de segurança no canteiro
COBERTURA DO HALL DE ENTRADA
Fazer a cobertura do hall de entrada para acesso de pessoas
DUTO DE ENTULHOS
Relocar os dutos de entulho para as sacadas Concertar a Rampa do duto de entulho
FECHAMENTO DE VÃO
Confeccionar tampa para fechamento do vão central da escadaria
GAIOLA DE PALETS
Fazer a Manutenção na Gaiola de Movimentação de Palets
GUINCHO DE COLUNA
Ajustar a colocação correta dos Clip`s no estaiamento do guincho de coluna Relocar guincho de coluna para outro pavimento
LIMPEZA
Realizar limpeza interna de ambientes do bloco Limpar laje dos telhados executados

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

Outros **pacotes de trabalho são referentes a retrabalho ou a finalização de atividades anteriormente consideradas concluídas**. O retrabalho aconteceu quando algumas atividades precisaram ser refeitas, total ou parcialmente, por terem sido mal executadas ou por ter havido algum acidente que danificou o trabalho já realizado. A finalização de atividades já dadas como concluídas aconteceu quando uma atividade não foi inteiramente executada no tempo para o qual foi programada. Algumas destas finalizações de atividades foram deixadas para depois, muitas vezes para serem acumuladas e finalizadas junto com outras pendências de

mesmo tipo de serviço. O quadro 20 mostra as atividades deste tipo que foram previstas no planejamento semanal.

Quadro 20 – Retrabalho e finalização de atividades

ATIVIDADES NÃO FINALIZADAS
Terminar montagem da armadura das vigas de fundação Terminar instalação dos contra marcos de janelas Terminar montagem da forma das vigas de fundação Terminar colocação das pingadeiras para janelas nas fachadas Terminar pintura e textura das fachadas Terminar pintura das grades das sacadas Terminar reboco da fachada
RETRABALHO
Arrematar fachada Arrematar parede Cobrir rasgo da alvenaria com cimento Arrematar platibanda Arrematar radier da central de gás Arrematar laje Realizar manutenção nas fissuras do piso dos aptos Arrumar caimento invertido do box de banho Arrematar bordas de janela da casa de máquinas Arrematar porta Consertar gabarito e ajustar cotas Arrematar forro Arrematar shaft Arrematar mochetas do elevador Arrumar pingadeiras tortas Retocar pintura interna Arrematar reboco interno nos pavimentos Arrematar revestimento cerâmico Arrumar tubulação seca do split Alterar altura dos drenos de split Executar pendências conforme entrega Executar pendências conforme pré vistoria

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

6.4 PROPOSTA DE LIGAÇÃO DOS PACOTES DE TRABALHO A OBJETOS DE UM MODELO BIM

Baseado nos estudos anteriormente apresentados, fez-se uma proposta de ligação destes pacotes de trabalho a objetos em um modelo BIM modelado com a finalidade de ser usado na execução do projeto. Esta proposta está apresentada no quadro 21.

Quadro 21 – Proposta de ligação dos pacotes de trabalho a objetos de um modelo BIM

Objeto no modelo	Tarefa
Estacas	
	Marcar pontos para cravação das estacas n° ____ Montar gabarito para locação das estacas n° ____ Cravar as estacas n° ____ Arrasar estacas cravadas
Blocos	
	Marcar eixos para locação dos blocos n° ____ Escavar terreno para os blocos n° ____ Preparar leito dos blocos com brita no fundo Montar forma para os blocos n° ____ Cortar e dobrar armadura para os blocos n° ____ Montar armadura para os blocos n° ____ Concretar os blocos n° ____ Desformar os blocos n° ____ Executar aterro dos blocos
Vigas	
	Marcar locação das vigas n° ____ Escavar terreno para as vigas n° ____ Preparar leito das vigas com brita no fundo Montar formas para as vigas n° ____ Cortar e dobrar armadura das vigas n° ____ Montar armadura nas vigas n° ____ Concretar as vigas n° ____ Desformar as vigas n° ____ Impermeabilizar com argamassa polimérica as vigas de borda Executar aterro das vigas

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Contrapiso do térreo	Realizar regularização do terreno Colocar 8 cm de brita para contrapiso 1º pavimento Montar forma de borda do contrapiso do térreo Colocar malha para contrapiso Concretar contrapiso Desformar contrapiso 1º pavimento Impermeabilizar borda externa do contrapiso do térreo
Paredes estruturais	Marcar 1ª fiada da alvenaria Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos calha para contraverga) Montar armadura nas contravergas Grautear contravergas Elevar alvenaria até o respaldo Assentar blocos da cinta de respaldo Limpar pontos de graute da alvenaria Montar armadura nos pontos de graute da alvenaria Grautear pontos de graute da alvenaria Montar armadura na cinta de respaldo Concretar cinta de respaldo da alvenaria
Paredes de alvenaria de vedação	Elevar alvenaria de vedação até o respaldo Encunhamento da alvenaria de vedação
Paredes de <i>shafts</i>	Instalar gesso acartonado nos <i>shafts</i> Abrir <i>shafts</i> do chuveiro e fixar tampa
Platibanda	Elevar alvenaria da platibanda Montar forma para viga da platibanda fachada Cortar e dobrar armadura para viga da platibanda Montar armadura para viga da platibanda Concretar viga da platibanda Desforma da viga da platibanda
Oitão do poço de luz	Executar alvenaria de vedação do oitão dos poços de luz

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Paredes externas	Chapiscar Rebocar paredes externas Aplicar selador Aplicar textura da fachada Aplicar grafiato na fachada Pintar paredes externas
Paredes da circulação	Rebocar circulação Aplicar selador Aplicar grafiato na Circulação Pintar 1ª demão Pintar 2ª demão
Paredes do banheiro	Executar mureta do box Preparar superfície a ser impermeabilizada Impermeabilizar box de banho Rebocar paredes do banheiro Assentar azulejos Rejuntar azulejos
Demais paredes internas	Executar taliscas para revestimento de gesso Aplicar massa de gesso nas paredes internas Lixar e aplicar selador Pintar 1ª demão Pintar 2ª demão
Grades	Fixar grades no entorno do reservatório inferior Fixar gradil das sacadas Fixar gradil da central de gás Pintar gradil da central de gás Pintar gradis das sacadas Pintar gradis das sacadas do reservatório
Laje	Montar forma para laje Colocar escoramento para laje Cortar e dobrar armadura da laje Montar armadura na laje Concretar laje Desformar laje

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Piso do banheiro, sacada e poço do elevador	
Pisos	Preparar superfície a ser impermeabilizada Impermeabilizar
Piso do banheiro, sacada e áreas comuns	Executar contrapiso
Forro	Assentar piso cerâmico Rejuntar piso cerâmico
Laje da sacada	Instalar forro de gesso Instalar alçapão Aplicar massa de gesso no forro
Laje interna sem forro	Rebocar laje da sacada
Laje interna	Regularizar laje para revestimento de gesso Aplicar massa de gesso na laje
Escadaria	Fixar rodaforro
Corrimão da escadaria	Montar fôrma da escadaria Cortar e dobrar armadura da escada Montar armadura da escada Concretar escada Desforma da escadaria Rebocar vão embaixo da escada Regularização do piso escadaria Fechar vão embaixo da escada com gessos acartonado Pintar degraus 1ª demão Pintar degraus 2ª demão
Escada de marinheiro	Fixação corrimãos Pintar corrimão
	Fixar escada de marinheiro externa do reservatório Pintar escadas de marinheiro

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Janelas	
	Instalar contra marco das janelas Colocar pingadeiras das janelas Instalar janelas Instalar vidros nas janelas Instalar guarnições nas janelas
Portas	
	Instalar contra marco das portas
Portas externas	
	Instalar portas externas dos apartamentos
Portas internas	
	Instalar portas internas dos apartamentos
Porta corta-fogo	
	Instalar porta corta-fogo
Porta da casa de máquinas	
	Instalar porta da casa de máquinas
Porta da sacada	
	Colocar soleiras nas sacadas Instalar porta sacada Colocar vidros nas portas das sacadas
Porta do elevador	
	Executar soleira elevador Instalação das portas do elevador Colocar mochetas no Elevador Pintar portas do elevador - 1ª demão Pintar portas do elevador - 2ª demão e acabamento final
Portas	
	Instalar guarnições das portas
Elevador	
	Montar elevador Instalar elevador
Quadro de medição	
	Instalar quadro de medição Instalar tampa do quadro de medição Montar quadro de medição - colocação dos eletrodutos, caixa de entrada e distribuição e colocação no local Montar quadro de medição - montagem da madeira, pintura e colocação das caixas de passagem

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Distribuidor geral	
	Fixar os DG's na circulação (antena e telefone) Instalar tampas dos DG's (antena e telefone)
Coluna montante elétrica/antena/telefonía	
	Instalar tubulação coluna montante - elétrica/antena/telefonía Instalar enfição da coluna montante da Circulação elétrica/antena/telefonía
Circuitos	
	Instalar tubulação elétrica da laje Instalar tubulação para fiação elétrica, telefonica e para antena Instalar enfição da alimentação dos circuitos elétricos, telefonía e antena
Caixa de distribuição	
	Identificar os disjuntores das caixas de distribuição Instalação da caixa de distribuição do apartamento Instalar caixas de distribuição Instalar os disjuntores
Luminárias	
	Instalar luminárias
Luzes de emergência	
	Instalar luzes de emergência
Tomadas e interruptores	
	Instalar caixas elétricas de parede Instalar tomadas e interruptores
Instalações elétricas do elevador	
	Fixar tartarugas de elétrica do poço do elevador no lado apostado a 30cm da gola Instalar caixa de alimentação trifásica para elevador Montar caixa de circuitos do elevador
Reservatório inferior	
	Montar forma reservatório inferior Montar armadura do reservatório inferior Concretar reservatório inferior Desfôrma do reservatório
Recalque	
	Executar tubulação recalque e abastecimento e hidrante do reservatório Instalar bombas de recalque para reservatórios

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Reservatórios superiores	Elevar reservatórios Instalação dos reservatórios Encher reservatórios
Hidrante	Executar rede de coluna de hidrante Fixar caixas de hidrante Fixar tampas dos hidrantes Instalar mangueiras de incêndio nos hidrantes
Coluna de alimentação	Montar coluna d'água para alimentação dos pavimentos - ligar hidrômetros e testar pressão
Tubulação hidráulica e registros	Instalar tubulação hidráulica e registros
Hidrômetros	Identificar hidrômetros Instalar caixas dos hidrômetros Instalar hidrômetros
Tubulação de instalações sanitárias	Colocar esperas de instalações sanitárias na laje Executar tubulação pluvial na cobertura do bloco Limpar tubulação de água e esgoto e cortar tubos Ligar da rede de esgoto cloacal e pluvial à rede externa Instalar tubulação de esgoto aéreo
Ralo	Instalar porta grelha e grelha Limpar ralos
Caixa de gordura	Instalar caixas de gordura
Extintores	Instalar extintores nas circulações
Esperas para ar condicionado	Instalar tubulação "seca" para ar condicionado split Fixar caixas de passagem dos splits Colocar tampas da tubulação do split na cor pedra e branco nas fachadas

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Instalações de gás	Abrir canaletas para rede de gás Executar nichos para medidores de gás nos pavimentos Instalar coluna principal de gás Instalar tubulação de gás Instalar tubulação para ventilação da coluna de gás Instalar grades metálicas externas de ventilação do gás na lavanderia Limpar tubulação de espera gás Grautear canaletas do gás
Louças sanitárias	Instalar louças sanitárias
Tanque	Instalar tanque Colocar faixa de azulejo no tanque Rejuntar faixa de azulejo no tanque
Cobertura hall de entrada	Montar estrutura metálica da fachada do hall de entrada Fixar placa cimentícia na cobertura do hall da entrada Executar grafiato e pintar placa cimentícia do hall de entrada Fixar algerosas na cobertura do hall de entrada do prédio
Cobertura do Bloco	Instalar manta asfáltica na laje de cobertura Montar estrutura metálica do telhado Executar cobertura com telha Instalar algerosas para telhado Instalar calhas para telhado Instalar chapa de alumínio galvanizada na cobertura para dilatação Limpar laje dos telhados executados
Cobertura do poço de	Fixar telhas translúcidas nos oitões dos poços de luz
Cobertura do reservatório	Montar estrutura para cobertura dos reservatórios Colocação das telhas na cobertura do reservatório
Cobertura do Bloco	Instalar olhais linha de vida para trabalho em telhado, conforme projeto anexo ao planejamento

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Cobertura hall de entrada	
Elevador	Fazer a cobertura do hall de entrada para acesso de pessoas
Escadaria	Colocar gancho interno do poço de elevador nos pavimentos para instalação Colocar placa de identificação do guarda corpo do poço do elevador Instalar guarda corpo nos vãos do poço do elevador
Janelas	Confeccionar montantes de madeira para andaime de escadaria Confeccionar tampa para fechamento do vão central da escadaria Instalar guarda corpo no final da escadaria
Lajes	Instalar guarda corpo nas janelas
Paredes externas	Fazer os arremates nos furos deixados pelos tubos de linha de vida nas lajes Instalar tubos para a linha de vida nas lajes
Platibanda	Colocar contrapesos nos andaimes suspensos Confeccionar e instalar ganchos de ancoragem do andaime suspenso (laje de Desmontagem do andaime fachadeiro fachada Instalação do andaime fachadeiro fachada
Reservatórios superiores	Instalar guarda corpo no vão da platibanda
Sacadas	Instalar linha de vida para montagem da laje do reservatório
Tubulações hidráulicas	Instalar guarda corpo nas sacada Relocar os dutos de entulho para as sacadas
Apartamentos	Testar hidráulica
Pavimentos	Realizar check list final Realizar vistoria nos apartamentos
	Colocar ganchos de proteção de periferia nas lajes do pavimentos Colocar protetores de vergalhão Concertar e fixar tela de isolamento em lateral da edificação sem bandejas Confeccionar ganchos para proteção de periferia Cortar as pontas dos parafusos das Linhas de Vida

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Pavimentos	Duplar cabo de linha de vida Esticar os Cabos de Linha de Vida Fazer arremate nos furos das linhas de vida Fazer manutenção na caixa elétrica de uso da obra no pavimento Fazer troca de lâmpadas queimadas na iluminação para a obra nos pavimentos Fechar bandejas no hall de entrada Fixar placas de identificação e avisos nos pavimentos do bloco Identificar voltagem nas caixas de distribuição de uso da obra nos pavimento Instalar cabos de linha de vida Instalar guarda corpo nas laterais do hall de entrada Instalar guarda corpo no perímetro sem bandejas dos pavimentos do bloco Instalar lâmpadas para uso da obra nas circulações dos pavimentos Instalar proteção de lâmpada na Iluminação da obra no bloco Modificar bandeja para a laje de outro pavimento Montagem do assoalho para bandeja de proteção Realizar limpeza interna Recolher os protetores de vergalhão Relocação do Velox para o 6º Pav. Remover bandejas Remover linhas de vida
Bloco todo	Ajustar a colocação correta dos Clip`s no estaiamento do VELOX Colocar cadeado no painel central do elevador cremalheira Colocar mais uma mão francesa no guarda corpo da lateral da cancela do elevador Colocar placas de pavimento do elevador cremalheira Colocar trava na cancela (GCR) do poço do elevador cremalheira no térreo Concertar a rampa do duto de entulho Concertar a tela do tapume do acesso do Velox no térreo Concretar fundação para elevador cremalheira Confeccionar placas contendo responsáveis da obra Desmontar elevador cremalheira Executar acabamentos finais de acordo com check list Executar alvenaria do poço para elevador cremalheira Executar dreno para poço do elevador cremalheira Executar micro estacas para fundação do elevador cremalheira

continua

continuação

Objeto no modelo	Tarefa
Bloco todo	Fazer a Manutenção na Gaiola de Movimentação de Palets Fechar bandeja no encontro com elevador de cremalheira Instalar tela de isolamento no entorno do bloco Instalar extintor no interior da cabine do elevador cremalheira Instalar guarda corpo nas laterais das cancelas do elevador cremalheira Instalar guarda corpo no perímetro do térreo, deixando acesso apenas pelo hall de entrada Locar base para elevador cremalheira Montar elevador cremalheira Montar fôrmas para Vigas do elevador cremalheira Realizar inspeção de segurança no canteiro Realizar pré vistoria Realizar teste de manchamento da cerâmica no piso cerâmico de um banheiro Realizar teste de manchamento da cerâmica nos azulejo de um banheiro

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

7 DIRETRIZES PARA A REPRESENTAÇÃO DOS ELEMENTOS EM UM MODELO BIM VISANDO SUA LIGAÇÃO COM O PLANEJAMENTO A FIM DE GERAR UM MODELO 4D

Com referência nas etapas de execução do projeto estudado, baseadas no estudo dos pacotes de trabalho e modelo BIM do projeto objeto de estudo de caso, procurou-se propor diretrizes a serem observadas no momento da modelagem em BIM de um projeto de edificação vertical, o qual se deseja ligar com o seu planejamento, visando a criação de um modelo 4D do projeto. Estas diretrizes foram propostas, tendo em vista a importância, relatada na revisão bibliográfica, da utilização de ferramentas 4D no planejamento e controle da produção.

Alguns objetos do modelo podem ser representados em várias partes ou representados como um único objeto com *status* distintos que representem a conclusão de cada atividade de conversão. Como, por exemplo, as paredes, que podem ser modeladas separadamente em alvenaria e revestimento, ou separando até mesmo as fases de elevação da alvenaria e as camadas do revestimento. Mas também, as paredes podem ser representadas como um único objeto com *status* que representem cada etapa da elevação e cada camada de revestimento. No primeiro caso, quando o modelo for ligado aos pacotes de trabalho, será possível visualizar a sequência executiva deste de uma maneira mais dinâmica no modelo 4D; no entanto, a separação dos objetos em cada etapa de execução pode ser demasiadamente trabalhosa e resultar num modelo 3D com uma densidade muito grande de informações, podendo não ser interessante para outras finalidades aos quais este modelo será destinado, que não a criação do modelo 4D. No segundo caso, a sequência executiva no modelo 4D poderá ser vista de forma mais discreta, com mudanças de cores do objeto a cada atividade de conversão concluída, por exemplo; no entanto, esta forma de representação é mais prática e não carrega o modelo 3D com um nível de detalhamento demasiado.

As diretrizes que se seguem foram elaboradas pensando na forma de se representar o elemento como um único objeto e com *status* que representem as conversões. Isto porque, é a maneira mais usual de representação. Caso se deseje representar os elementos por pacote de trabalho ligado a eles, basta representar cada *status*, proposto neste capítulo, como um objeto.

Devido ao fato de o modelo utilizado no estudo de caso ter tido apenas o produto final modelado, não foi possível fazer o estudo da modelagem dos elementos temporários, que não fazem parte do produto final. Em decorrência disto, estas diretrizes estão proposta para a modelagem apenas do produto final.

7.1 PACOTES DE TRABALHO QUE GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D

Todos os objetos em um modelo tridimensional possuem um ou mais pacotes de trabalho relacionados a eles que provocarão evolução do modelo 4D. Os pacotes de trabalho poderão mudar o *status* do objeto para um *status* intermediário na sequência executiva deste, ou poderão ser responsáveis por sua conclusão.

Os elementos que formam as **fundações** da edificação devem ser representados todos separadamente. Cada estaca, bloco, sapata, viga ou outro elemento, deve ser representado um a um.

As **paredes** devem ser representadas em separado, uma a uma. É a maneira mais prática de se modelar e assim, é possível atender a qualquer separação na sequência executiva destas. Para maior praticidade na modelagem, em vez de representar cada etapa de execução em separado, elas devem ser representadas com *status*, que representem todas as suas fases executivas, tanto para as fases de se erguer as paredes, como o assentamento da alvenaria em paredes deste material, quanto para as fases de revestimento. Paredes com diferentes tipos de revestimento em seus dois lados e paredes com diferente tipo de acesso em ambos os lados, como paredes de fachada e poço de luz, devem ter *status* separados para os revestimentos de ambos os lados.

A **laje** de cada pavimento deve ser modelada em separado. Além disso, deve-se observar se existem juntas de dilatação que as dividam em partes. Caso haja, a laje deve ser modelada dividida nestas partes. O contrapiso, quando existente, estará presente em toda a laje; portanto, pode ser representado apenas como um *status* dela. Já com relação ao revestimento, pode ser prático representá-lo como *status* quando o revestimento de todos os ambientes sobre esta laje for o mesmo. No caso de isto não ocorrer, para não segmentar toda a laje por ambientes, é mais prático modelar o revestimento separado, como uma camada. O mesmo

vale para o revestimento embaixo da laje, se for o mesmo para toda a sua extensão, representá-lo como *status* é uma boa alternativa; no entanto, caso existam revestimentos diferentes por ambiente, como rebaixo de gesso nos ambientes que possuem tubulações sanitárias salientes e apenas massa de gesso ou pintura nos ambientes que não as possuem, é mais conveniente que seja representado como camada sob a laje.

A **escadaria** deve ser modelada separadamente por pavimento e com corrimão separado dos degraus. Os degraus podem ter suas fases executivas representadas por *status*; pois, seus acabamentos e revestimento são o mesmo para toda ela. Se for moldada *in loco*, deve ter suas fases de molde também representadas por *status*, como fôrma, armadura e concretagem. Os demais *status* devem ser referentes a acabamentos e revestimento, como cerâmica e pintura. O corrimão, caso seja executado em mais de uma etapa, também pode ser modelado com *status*, como por exemplo, de instalação e pintura.

As **esquadrias** devem ser representadas em separado, uma a uma. É a maneira mais prática para se modelá-las e assim, atendem a qualquer separação que possam ter na ordem de execução. Estas, também podem ter suas fases executivas modeladas por *status*, como, por exemplo, contramarco, peitoril, corpo da janela, vidro, guarnição e pingadeira.

Instalações elétricas, de antena e de telefone, assim como outras instalações como interfone, devem ser modeladas separadamente entre si. Os condutos e a fiação devem ser modelados separadamente por apartamento e por cada área de uso comum. Como os condutos e a fiação são executados em momentos diferentes, estes podem ser representados como *status* do mesmo objeto. Com isso, estas instalações também precisam ser modeladas separando-se as partes embutidas em laje e as embutidas em parede. As outras partes dos condutos e fiação, que não sejam as constituintes dos circuitos, devem ser modeladas em partes separadas pelos elementos que as interrompem, como caixas de distribuição, distribuidores gerais, quadros de medição e ligação com a rua. Estes elementos (CD, DG, QM e outros) por sua vez, devem ter suas partes modeladas em *status* de um mesmo objeto, separando a caixa dos componentes dentro dela e a tampa que é instalada na finalização do elemento. As caixas de passagem e caixas para tomadas e interruptores, devem ser modelados separadamente por apartamento e cada uma das áreas de uso comum ou modeladas uma a uma. Estas devem ser modeladas com *status* que representem a caixa e posterior acabamento, como instalação das tomadas e interruptores. As luminárias das áreas de uso comum e luzes

de emergência, que são instalados pela obra, devem ser modeladas separadamente, uma a uma.

Quanto às **instalações hidráulicas**, os reservatórios de água devem ser representados com *status*, referentes às suas fases de execução, como, por exemplo, forma, armadura, concretagem e instalação de componentes como bombas, no caso de serem moldados *in loco*, ou elevação do reservatório e instalação de componentes, no caso de serem pré-fabricados. A tubulação deve ser separada entre os elementos que a interrompem, como a ligação da rua e os reservatórios. A coluna de abastecimento que liga o reservatório superior aos pavimentos deve ser modelada separadamente por pavimento. As ramificações das tubulações devem ser modeladas em separado por apartamento e cada uma das áreas de uso comum, assim como seus registros. Os hidrômetros de cada unidade habitacional devem ter seus componentes, como caixa, o próprio hidrômetro e tampa, modelados como *status* de um mesmo objeto. A coluna de alimentação dos hidrantes deve ser modelada separadamente por pavimento e os hidrantes devem ter seus componentes modelados como *status* de um mesmo objeto, como caixa, tampa e mangueira de incêndio.

As **instalações sanitárias** devem ser representadas separadamente por apartamento e cada uma das áreas de uso comum. Os elementos como ralos, sifões e caixas de gordura devem ser representados separadamente da tubulação e com *status* que representem o elemento e seus acabamentos como grelha ou tampa. As colunas de coleta devem ser representadas separadamente por pavimento, finalizando a última parte entre o térreo e a ligação com a rua. A tubulação de ventilação do esgoto, também deve ser representada separadamente por pavimento.

A tubulação principal das **instalações de gás** deve ser modelada separadamente por pavimento e suas ramificações, por apartamento. O segmento que leva o gás de sua central até o térreo deve ser representado em separado do restante da coluna principal. A casa de gás deve ter suas fases executivas representadas por *status*.

As tubulações de espera para as **instalações de condicionador de ar** devem ser modeladas separadamente por apartamento, bem como seus drenos. Elementos como caixas de passagem e tampas externas das esperas, podem ser representados como *status* da tubulação.

Como parte da **cobertura**, deve-se observar que a última laje da edificação possui algumas características diferentes das demais, como impermeabilização e tubulação de drenagem pluvial. A impermeabilização e posterior contrapiso devem ser representados como *status* desta laje. A tubulação de drenagem, no entanto, deve ser representada em separado, com componentes como ralos separados da tubulação e com *status* que representem, por exemplo, o ralo e a grelha.

A cobertura deve ser modelada separadamente em estrutura e cobertura, como telhas. E separadamente por partes, quando estas serão de materiais ou sistema executivos diferentes, como telhas translúcidas em parte do telhado para iluminação zenital. Além disso, separados da estrutura e cobertura, devem ser modelados, como um único objeto, os demais componentes de mesmo serviço como calhas e rufos.

Os elementos de alvenaria, como oitões e platibanda, devem ser modelados separadamente por parede. Além disso, devem ser modelados com *status* que representem suas fases executivas de levante e revestimento.

Deve-se observar a necessidade de atribuição de *status* ou modelagem em separado da impermeabilização do poço do **elevador**. As paredes, portas e instalações elétricas devem ser modeladas de acordo com o recomendado nos itens correspondentes, encontrados neste capítulo. O elevador deve ser representado como elemento único.

Cada **tanque e louça sanitária** deve ser representado separadamente. Além disso, caso possuam algum acabamento, devem ter estes representados como *status*, como, por exemplo, algum tipo de revestimento no tanque.

7.2 PACOTES DE TRABALHO QUE NÃO GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D

Este tipo de pacote de trabalho será ligado a um objeto no modelo que já estará representado em virtude de outros pacotes de trabalho que provocam mudanças deste no modelo 4D.

Pacotes de trabalho que não estão relacionadas a objetos que fazem parte do produto final, como a instalação de elevador cremalheira, devem ser atribuídos a objetos ou um conjunto deles que estejam relacionados a eles. Como o guarda corpo do elevador, que pode

ser ligado ao elevador. Algumas atividades terão que ser ligadas a todo um pavimento ou até mesmo ao edifício inteiro, pois estão relacionadas a todo ele, como é o caso do elevador cremalheira. No caso de os elementos temporários serem representados no modelo, estes devem ter com último *status* sua desinstalação e os pacotes de trabalho relacionados a este tipo de atividade, podem ser ligados diretamente aos elementos aos quais correspondem.

Pacotes de trabalho de retrabalho ou de finalização de atividades anteriormente dadas como concluídas, possuem um objeto ou *status* ao qual estão diretamente relacionadas no modelo, mesmo não provocando mudança de *status* no objeto no modelo 4D. Portanto, devem ser atribuídas a estes objetos.

O quadro 22 mostra as diretrizes propostas neste capítulo de maneira resumida.

Quadro 22 – Resumo das diretrizes a serem observadas na elaboração de um modelo BIM com a finalidade de gerar um modelo 4D

	PACOTES DE TRABALHO QUE GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D
FUNDAÇÕES	Cada elemento da fundação deve ser representado separadamente
PAREDES	Cada parede deve ser modelada separadamente, com <i>status</i> que representem todas as suas etapas construtivas. Os <i>status</i> referentes aos revestimentos em ambos os lados das paredes devem ser modeladas separadamente quando estes revestimentos forem diferentes ou quando o acesso for diferente
LAJES	A laje de cada pavimento deve ser modelada separadamente, atentando-se também para a separação destas por juntas de dilatação. Revestimentos de piso ou forro podem ser representados como <i>status</i> caso sejam o mesmo para todo o pavimento, caso contrário, devem ser representados em separado
ESCADARIA	Os degraus devem ser modelados em separado do corrimão e todos os elementos da escadaria devem ser separados por pavimento. Suas fases, como armadura, fôrma, concretagem e pintura, devem ser modeladas como <i>status</i>
ESQUADRIAS	Cada esquadria deve ser modeladas em separado das demais e suas fases de execução devem ser modeladas como <i>status</i>
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, DE ANTENA E TELEFONE	Cada uma destas instalações deve ser modelada separada da outra. Os circuitos devem estar separados por apartamento e cada uma das áreas de uso comum. Os condutos e a fiação podem ser modelados como <i>status</i> de um mesmo objeto. Devem-se separar as partes embutidas em paredes das partes embutidas nas lajes. Os elementos que interrompem a fiação, como o quadro de medição, devem ser modelados com <i>status</i> que representem suas fases executivas. Os componentes como tomadas e interruptores, devem ser modelados por apartamento e cada uma das áreas de uso comum e ter suas fases, como caixa e acabamento, representados como <i>status</i> . Os acabamentos das áreas de uso comum, como luminárias, devem ser separados um a um.
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	Os reservatórios das instalações hidráulicas devem ser modelados com <i>status</i> das etapas executivas. A tubulação deve ser separada pelos elementos que a interrompem, como reservatórios e ligação da rua. A coluna principal de abastecimento das unidades habitacionais deve ser separada por pavimento e, desta em diante, a tubulação e registros devem ser separados por apartamento e áreas de uso comum. Os hidrômetros devem ser modelados com suas fases em <i>status</i> . A coluna de abastecimento dos hidrantes deve ser separada por pavimento e os hidrantes devem ter suas fases modeladas como <i>status</i> .

continua

continuação

PACOTES DE TRABALHO QUE GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D	
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS	A tubulação de esgoto deve ser representada separadamente por pavimento e cada área de uso comum. As tubulações de coleta e ventilação devem ser separadas por pavimento, finalizando com a última separação o trecho entre a edificação e a rede de coleta da rua. A tubulação deve ser separada pelos elementos que a interrompem, como ralos e sifões, e estes devem ser representados por <i>status</i> que representem suas fases executivas
INSTALAÇÕES DE GÁS	A fases de executivas da casa de gás devem ser representados por <i>status</i> . A coluna de alimentação deve ser separada por pavimento e, a partir desta, as ramificações devem ser separadas por apartamento.
INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO	A tubulação de espera de ar condicionado deve ser modelada separadamente por apartamento, assim como seus drenos. Os elementos que a interrompem, como caixas de passagem, podem ser representados em separado ou como <i>status</i> da tubulação
COBERTURA	A laje de cobertura deve ter seu sistema de drenagem modelado separadamente e sua impermeabilização modelada como <i>status</i> da laje. A cobertura deve ser modelada separadamente em estrutura e cobertura, como telhas. Deve se separar a cobertura por elementos que a interrompam ou por diferença nos elementos, como telhas translúcidas num poço de luz. Os elementos como calhas e rufos, devem ser modelados separadamente da estrutura e cobertura. Elementos de alvenaria como oitões e platibandas, devem ser modelados separadamente por paredes e ter suas etapas executivas representadas por <i>status</i>
ELEVADOR	O poço do elevador deve ser representado separadamente por paredes, com seus status referentes às etapas construtivas. A impermeabilização da área necessária deve ser representada como <i>status</i> . As instalações elétricas e portas separadas de acordo com o recomendado nos parágrafos deste capítulo referente a estas. O elevador deve ser modelado como elemento único
TANQUES E LOUÇAS SANITÁRIAS	Cada tanque e louça sanitária deve ser modelada separadamente. Caso possua acabamentos, estes devem ser modelados como <i>status</i> do objeto.
PACOTES DE TRABALHO QUE NÃO GERAM EVOLUÇÃO DO MODELO 4D	
PACOTES DE TRABALHO NÃO RELACIONADOS AO PRODUTO FINAL	Estes devem ser ligados a objetos ou conjunto destes que esteja relacionado com o pacote de trabalho
PACOTES DE TRABALHO DE RETRABALHO OU FINALIZAÇÃO DE ATIVIDADES	Estes possuem objetos ao quais estão diretamente relacionados e devem ser ligados a estes

(fonte: elaborado pela autora com base em dados da empresa estudada)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o crescimento do uso da tecnologia da informação na indústria da AEC e das vantagens que estes recursos podem trazer, este trabalho buscou elaborar diretrizes para criação de um modelo BIM, visando a ligação deste com o planejamento do projeto, a fim de criar um modelo 4D para auxiliar no planejamento e controle da produção.

A partir dos dados do planejamento de curto prazo, constituídos de todos os pacotes de trabalho da edificação, constituindo um importante diferencial deste trabalho, e do modelo BIM do projeto estudado, foi possível verificar a sequência executiva planejada e a maneira como os objetos foram representados no modelo. A partir disto, pôde-se fazer uma comparação entre os dois, e uma proposta de ligação dos pacotes de trabalho com os objetos do modelo. Com isto, procurou-se propor diretrizes para a elaboração de um modelo BIM de uma edificação vertical genérica.

As diretrizes propostas podem auxiliar o profissional que for criar o modelo no momento da modelagem. No entanto, algumas particularidades de cada projeto devem ser levadas em consideração. Para a criação do modelo tridimensional totalmente apropriado para a utilização na modelagem 4D, é desejável o trabalho em conjunto dos diversos profissionais envolvidos no projeto. No momento da modelagem, profissionais responsáveis pelo planejamento da obra podem auxiliar a criar um modelo, de forma mais ágil, com um resultado mais fiel ao necessário para esta finalidade.

Além disto, o nível de detalhamento depende da finalidade para qual se quer o modelo. Isto vale tanto para o modelo 3D, quanto para o 4D. As diretrizes para a modelagem BIM 3D propostas neste trabalho levam em consideração a utilização deste para a criação de modelos 4D. No entanto, no momento da modelagem, devem-se atender também as necessidades de outras finalidades para os quais o modelo será destinado, como para a manutenção da edificação pronta. Mesmo para a modelagem do projeto pensando apenas na utilização para a criação do modelo 4D, alguns aspectos da modelagem dependem do resultado que se deseja obter, como o aspecto citado na introdução do capítulo que apresenta as diretrizes, sobre a representação segmentada dos objetos ou representação de *status* de um único objeto.

A modelagem ou não de objetos que não farão parte do produto final, também depende da finalidade do modelo 4D. Para determinadas finalidades como o marketing, é mais interessante se ter um modelo 4D mostrando a sequência executiva apenas do produto. Já para algumas outras finalidades, como para o auxílio na logística de canteiro, pode ser interessante ter-se representados no modelo os objetos temporários, como as instalações do canteiro de obras.

A sequência executiva de determinados elementos pode variar de uma empresa para outra, de um sistema construtivo para outro ou de um profissional do planejamento para outro. Por isto, fazer-se uso do histórico de como determinada empresa, sistema construtivo ou profissional, costuma segmentar sua sequência executiva, pode ajudar na modelagem mais adequada.

Este trabalho procurou contribuir para o desenvolvimento do uso da tecnologia BIM na indústria da AEC. No entanto, sabe-se que este é apenas um pequeno passo e muitos estudos ainda serão necessários neste sentido. Em se tratando do estudo específico da modelagem 4D empregando tecnologia BIM, alguns trabalhos podem ser interessantes para dar sequência ou complementar os estudos deste. Trabalhos que tratem com maior detalhamento a representação em um modelo BIM do entorno de uma edificação e também de estruturas e equipamentos temporários, que não fazem parte do produto final da obra. Assim também, como a representação em um modelo BIM de outros tipos de projetos, como os de infraestrutura (pontes e viadutos, por exemplo). Dando sequência ao processo de criação de um modelo 4D empregando tecnologia BIM, outros trabalhos também podem vir a contribuir, como a criação de um modelo específico e completo para esta finalidade e o estudo da forma de ligação propriamente dita de seus objetos com os pacotes de trabalho da EAP. Aplicações práticas dos resultados deste trabalho e, com isso, a verificação de sua eficiência e eficácia, também podem ser interessantes para gerar complementos para este estudo.

REFERÊNCIAS

- AUTODESK INC. **Sobre o BIM**. San Rafael, 2013. Não paginado. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/index?siteID=1003425&id=16162683>>. Acesso em: 15 set. 2013.
- AZEVEDO, O. J. M. de. **Metodologia BIM: Building Information Modeling na direcção técnica de obras**. 2009. 103 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Guimarães, PT, 2009.
- BOTTEGA, B. S. **Avaliação dos efeitos do uso da tecnologia BIM sobre a coordenação de projetos**. 2012. 69 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- CHOO, H.; TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. WorkPlan: Constraint-based database for work package scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 3, p. 150 – 160, 1999.
- CICTINELLI, G. **Desafios do BIM**. Técnica, São Paulo, 196 ed., jun. 2013. Disponível em: <<http://technepini.com.br/engenharia-civil/196/desafios-do-bim-transicao-para-bim-e-complexa-e-294034-1.aspx>>. Acesso em: 26 nov. 2013.
- CONSTRUCTIONS SPECIFICATIONS CANADA. **OmniClass™**: introduction and user's guide. 1 ed. Toronto: 2006.
- CYON RESEARCH CORPORATION. **The building Information Model: a look at Graphisoft's Virtual Building Concept**. Bethesda, MD, 2003. Disponível em: <http://www.wbh.com/WhitePapers/Graphisoft_Virtual_Building_Model--a_Cyon_Research_White_Paper_030102.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2013.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 1. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- _____. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- FORMOSO, C. T. (Org.) **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M. de.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. da C. L. A. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: Sebrae, 2000. Série Construção Civil n. 5.
- JACOSKI, C. A. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações: uma implementação com IFC/XML**. 2003. 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) –

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

KOO, B.; FISCHER, M. **Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction**. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering, 1998. Technical Report n. 118.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, n.5, p. 243-266, 1987.

MATTEI, P. L. de R. **BIM e a informação no subsetor de edificações da indústria da construção civil**. 2008. 67 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1. ed. (2. tiragem). São Paulo: Editora Pini Ltda., 2010.

PEZZI, A. P. **Controle de custos em empreendimento de construção através de pacotes de trabalho: alocação dos custos orçados**. 2013. 108 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**. 3.ed. Newtown Square: 2004.

RODRIGUES, J. L. **Modelagem 4D: implementação no planejamento de longo prazo de obras da construção civil**. 2012. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SIVIERO, L. A. **Gestão e manutenção de edifícios históricos da UFRGS: aplicação da tecnologia BIM no Castelinho**. 2010. 70 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

XAVIER, C. M. da S. **Gerenciamento de projetos: como definir e controlar o escopo do projeto**. 2 ed. (2 tiragem). São Paulo: Saraiva, 2009.