

UNIVERSIDADE POSITIVO

Felipe Boszczowski

**APLICAÇÃO DO BIM 4D NO PLANEJAMENTO DE OBRAS DE ESTRUTURAS
METÁLICAS – ESTUDO DE CASO**

Curitiba

2015

Felipe Boszczowski

**APLICAÇÃO DO BIM 4D NO PLANEJAMENTO DE OBRAS DE
ESTRUTURAS METÁLICAS – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão apresentado
ao curso de Engenharia Civil da
Universidade Positivo como parte dos
requisitos para graduação.

Orientador: Prof. Alexandre Baioni
Trento

Curitiba

2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me apoiaram no desenvolvimento deste trabalho, principalmente a meus pais que me deram condições para poder escrevê-lo. Agradeço à minha namorada Ellis Bona o apoio, a paciência e as sugestões dadas. Obrigado à Brafer por permitir que este estudo fosse possível e por último, mas não menos importante ao meu orientador, Professor Alexandre Trento, pela oportunidade de estudar o tema e atenção ao longo do ano.

A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

RESUMO

A crescente complexidade das construções contemporâneas demanda uma qualificada coordenação de informações em suas etapas de projeto e execução. O trabalho de planejamento tradicional é uma atividade massivamente manual, sem sincronização com o projeto e dificilmente considera a relação entre as tarefas e o espaço em campo. Nos dias de hoje, modelos 3D paramétricos podem ser utilizados na construção de empreendimentos, pois esses modelos, conhecidos como modelos BIM, armazenam informações sobre objetos, tais como geometria, custos, quantitativos, especificações, documentos, entre outros. O BIM também permite a adição da variável tempo em seus modelos (BIM 4D), pelos quais a simulação da sequência construtiva de uma edificação é possível. Nesta simulação, as relações entre as atividades tornam-se mais claras devido à possibilidade de visualização, levando a melhores estratégias de ataque, gestão de canteiro e tomadas de decisões mais rápidas, bem como melhoram a comunicação e colaboração entre os envolvidos. Este trabalho apresenta um estudo de caso de um empreendimento já existente, onde a empresa Brafer Construções Metálicas S/A forneceu e montou as estruturas metálicas para ampliação de uma planta industrial. O objetivo consiste na elaboração de um planejamento BIM 4D de montagem de estrutura metálica a partir de um modelo 3D paramétrico da obra executada, comparando o processo de planejamento convencional ao processo apoiado pelo BIM 4D. Também foram realizadas análises da real execução da obra.

Palavras-chave: BIM 4D, planejamento de montagem, estrutura metálica.

ABSTRACT

The increasing complexity of contemporary constructions demand a qualified coordination of information in their design and implementation stages. The traditional planning work is a massively manual activity, without synchronization with the design and hardly considers the relationship between the tasks and the yard space. Today, parametric 3D models can be used on building projects, as these models, known as BIM models, store information about objects such as geometry, cost, quantity, specifications, documents, and more. BIM allows the addition of the variable time inside the models (BIM 4D), which makes possible the simulation of construction sequence of a building. In this simulation, the relationships between the activities become clearer due to the possibility of visualization, leading to best attack strategies, site management, taking faster decisions and improve communication and collaboration among stakeholders. This paper presents a case study of an existing project, where the company Brafer Construções Metálicas S/A supplied and assembled the steel structures for the expansion of an industrial plant. The objective consist in developing a BIM 4D assembly planning of structural steel from a 3D parametric model of the executed work, comparing the process of the conventional planning process with a process supported by BIM 4D. Also were performed the analysis of the real execution.

Key words: BIM, 4D, assembly planning, structural steel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso do BIM na construção civil _____	4
Figura 2 – Comparativo entre o CAD e o BIM _____	5
Figura 3 – Vantagens e necessidades de aperfeiçoamento na utilização do BIM em obras _____	6
Figura 4 – Comunicação entre modelos BIM _____	8
Figura 5 – Estrutura da troca de informações _____	10
Figura 6 – Considerações ao utilizar BIM _____	13
Figura 7 – Ambiente de trabalho da ferramenta Quantification Workbook _____	15
Figura 8 – Ferramenta TimeLiner – a) ambiente de planejamento; b) durante a simulação _____	15
Figura 9 – Exemplo de diagrama de montagem _____	16
Figura 10 – Início da pré-montagem de uma elevação _____	17
Figura 11 – Içamento de um módulo de pipe-rack pré-montado em solo _____	18
Figura 12 – Informações requeridas para elaboração do plano de rigging segundo Pinho (2005) _____	22
Figura 13 – Exemplo plano de rigging _____	23
Figura 14 – Razões para se planejar segundo Kerzner (2006) _____	24
Figura 15 – Processo de planejamento _____	26
Figura 16 – Itens de um planejamento de execução segundo Cardoso (2010) _____	27
Figura 17 – Estrutura de 6 níveis de uma EAP _____	29
Figura 18 – Exemplo de estrutura analítica de projeto _____	30
Figura 19 – Critérios para a elaboração da EAP, segundo Kerzner (2006) _____	30
Figura 20 – Exemplo de cronograma de barras _____	31
Figura 21 – Exemplo de rede de precedência _____	32

Figura 22 – Roteiro de pesquisa	33
Figura 23 – Imagem aérea da indústria e indicação da área de intervenção	35
Figura 24 – Modelos carregados e locados no Autodesk Navisworks Manage 2014	36
Figura 25 – Sets de seleção	39
Figura 26 – Exemplo de busca e parâmetros	39
Figura 27 – Processo para criar os Sets de seleção	40
Figura 28 – Tubulação na Torre 02	42
Figura 29 – Exemplo de a) Pórtico e b) Elevação	43
Figura 30 – Peças sem data atribuída no relatório do sistema PCP	48
Figura 31 – Simulação da sequência construtiva baseada em todas as informações da obra	49
Figura 32 – Informações apresentadas durante uma simulação	50
Figura 33 – Sequência de imagens da simulação do planejamento BIM 4D elaborado pelo autor	52
Figura 34 – a) Área de trabalho no planejamento convencional e b) utilizando BIM	53
Figura 35 – Controle de atividades utilizando a ferramenta TimeLiner	53
Figura 36 – Visualizando das atividades atrasadas/adiantadas no Autodesk Navisworks Manage 2014	54
Figura 37 – a) Verificação das atividades pelo a) Gráfico de Gantt e; b) simulação BIM 4D	56
Figura 38 – Alcance de um guindaste de capacidade 70 toneladas	57
Figura 39 – Área livre ao lado da torre 01	58
Figura 40 – Pontos positivos e negativos	60
Figura 41 – Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 8@10	61
Figura 42 – Montagem de estrutura acompanhada pelo autor	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Índices de montagem segundo Fernandes (2013)	19
Quadro 2 – Índices de montagem segundo Almeida (2009)	20
Quadro 3 – Sequência de montagem de galpões metálicos	21
Quadro 4 – Documentos cedidos pela empresa	35
Quadro 5 – Softwares envolvidos	38
Quadro 6 – Parâmetros de pesquisa	40
Quadro 7 – Índices de montagem adotados	45
Quadro 8 – Comparativo entre métodos de extrações de quantitativo	55
Quadro 9 – Comparativo: pontos positivos negativos de um processo agregando BIM 4D	59
Quadro 10 – Cronograma baseado nos diários de obra	69
Quadro 11 – Cronograma baseado nos relatórios de montagem externa	71
Quadro 12 – Cronograma baseado em todas as informações da obra	72
Quadro 13 – Planejamento BIM 4D	75
Quadro 14 – Comparativo entre os levantamentos de quantitativo	81

LISTA DE SIGLAS

AEC – Arquitetura, engenharia e construção

API – *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicação)

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BIM – *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção)

CAD – *Computer Aided Design*

CPM – *Critical Path Method* (Método do Caminho Crítico)

EAP – Estrutura analítica do projeto

IAI – *Industry Alliance for Interoperability* (Aliança de Indústrias para a Interoperabilidade)

IDM – *Information Delivery Manual*

IFC – *Industry Foundation Classes*

IFD – *International Framework for Dictionaries*

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para a Padronização)

MDF – Fibras de madeira de média densidade

MDP – Partículas de madeira de média densidade

MVD – *Model View Definition*

PCP – Planejamento e controle da produção

PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*

PMI – *Project Management Institute*

PTA – Plataforma de trabalho aéreo

VBA – *Visual Basic for Applications*

WBS – *Work Breakdown Structure* (Estrutura Analítica do Projeto)

XML – *Extensible Markup Language*

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivo geral	2
1.2	Objetivos específicos	2
1.3	Justificativa	2
2	Fundamentação teórica	4
2.1	Building Information Modeling (BIM)	4
2.1.1	Parametricidade	6
2.1.2	Interoperabilidade	7
2.1.3	Detecção de interferências	11
2.1.4	O ambiente colaborativo	11
2.1.5	BIM 4D – Adição da variável tempo ao modelo	12
2.1.6	Autodesk Navisworks Manage 2014	14
2.2	Estruturas Metálicas	16
2.2.2	Sequenciamento de montagem das estruturas	20
2.2.3	Plano de <i>rigging</i>	22
2.3	Planejamento	23
2.3.1	Planejamento da execução da obra	25
2.3.2	Determinação da duração das atividades e estimativa dos recursos	27
2.3.3	Forma de apresentação de um planejamento	28
3	Procedimentos metodológicos	33
3.1	Roteiro da pesquisa	33
3.2	Levantamento dos dados	35
3.2.1	Descrição da obra	35
3.2.2	Relatório de montagem do sistema PCP	36

3.2.3	Modelos 3D	36
3.2.4	Diários de obra	37
3.2.5	Relatórios de montagem externa	37
3.3	Compilação de dados	38
3.3.1	<i>Softwares</i> envolvidos	38
3.3.2	Sequência de execução baseada nas informações da obra	38
3.4	Elaboração do planejamento de montagem BIM 4D a partir de um modelo 3D paramétrico	42
3.4.1	Estruturação do projeto e planejamento dos métodos	42
3.4.2	Definição das atividades e do processo de execução	43
3.4.3	Índices de montagem	44
3.4.4	Estimativa da duração das atividades e recursos necessários	45
3.5	Comparação qualitativa do processo tradicional de planejamento com um processo agregando o BIM 4D	46
3.6	Simulação da real execução da obra	47
4	Resultados e discussões	48
4.1	Sequência de execução baseada nas informações da obra	48
4.2	Elaboração do planejamento de montagem BIM 4D a partir de um modelo 3D paramétrico	50
4.3	Comparação qualitativa do processo tradicional de planejamento com um processo agregando o BIM 4D	53
4.3.1	Controle de atividades	53
4.3.2	Precisão de planejamento	54
4.3.3	Seleção e extração de informações	56
4.3.4	Identificação de pontos críticos	57
4.3.5	Complexidade na elaboração do planejamento	58
4.3.6	Recursos	58

4.3.7	Discussões sobre o comparativo	59
4.4	Análise da real execução da obra	60
5	Conclusões	63
	Referências	65
	APÊNDICE A	68
	APÊNDICE B	69
	APÊNDICE C	75
	APÊNCIDE D	81
	ANEXO A	83
	ANEXO B	84
	ANEXO C	85
	ANEXO D	86

1 INTRODUÇÃO

O BIM vem sendo adotado pela engenharia como uma evolução nos processos de projeto. Desenhar, ou modelar, em BIM não é apenas um processo 2D, no qual o desenho apresenta apenas linhas e geometrias, mas sim a criação de objetos 3D com informações implícitas. Essas informações são dados relativos à construção do empreendimento, auxiliando em um levantamento de material e custos mais preciso e confiável. Outra utilização de modelos BIM é na simulação dinâmica da construção (conhecido como BIM 4D), onde é possível simular digitalmente a sequência construtiva do projeto em níveis de detalhes definidos pelo planejador.

O uso do BIM 4D pelo planejador permite, além de visualizar e simular a execução da obra ao longo do tempo, detectar interferências que não seriam possíveis utilizando técnicas de planejamento tradicionais, tais como o gráfico de Gantt. A simulação de modelos BIM 4D permite comparar diferentes cenários e identificar a melhor estratégia para executar o projeto (plano de ataque), maior controle e ainda tomar decisões mais rápidas frente aos métodos tradicionais (EASTMAN *et al*, 2008).

Projetos construídos em estruturas metálicas apresentam 30% do seu custo total na fase de montagem. Se analisado o custo aliado à precisão e ao grau de industrialização do aço, a montagem de estruturas metálicas requer um planejamento detalhado, prevendo a sequência construtiva e o dimensionamento da mão-de-obra empregada (FERNANDES, 2013) (PULCINELLI, 2014).

O estudo de caso desenvolvido neste trabalho apresenta a ampliação de uma planta industrial, onde a empresa Brafer Construções Metálicas S/A forneceu e montou as estruturas metálicas deste empreendimento. As fases iniciais deste trabalho contemplaram, além da fundamentação teórica, o levantamento de dados e a obtenção da sequência de montagem da obra baseadas nestas informações. Nas etapas remanescentes, um planejamento BIM 4D de montagem das estruturas metálicas foi elaborado e comparações entre o método tradicional de planejamento com o processo acrescido do BIM foram realizadas.

1.1 Objetivo geral

Elaborar planejamento BIM 4D simplificado de montagem de estrutura metálica a partir de um modelo 3D paramétrico.

1.2 Objetivos específicos

- Simular a real execução da obra estudada no Autodesk Navisworks Manage 2014;
- Comparar qualitativamente o processo tradicional de planejamento com um processo agregando o BIM 4D.

1.3 Justificativa

A fase de montagem das estruturas metálicas exige um planejamento detalhado e alinhado com a entrega das estruturas em campo. Isso porque o canteiro de obras apresenta limitações físicas para estocagem e movimentação. O sequenciamento das estruturas também é de vital importância, pois define as prioridades de montagem, exigindo sincronia entre execução e fabricação.

Em geral, o planejamento de montagem é realizado com base nas solicitações do cliente. Além disso, muitas vezes este planejamento é realizado de forma genérica, com pouco detalhamento. Especificamente na obra objeto deste trabalho, o planejamento de montagem não foi elaborado.

A falta de integração entre obra e expedição muitas vezes prejudica o recebimento das estruturas em campo. Isso acontece quando a sequência de montagem é alterada, mas a sequência de expedição não, ocasionando o envio tardio ou muito antecipado de peças à obra. Com a possibilidade de visualização das prioridades através do modelo BIM, o pesquisador espera ser possível um controle

mais rigoroso de expedição, utilizando-se da visualização das peças a serem enviadas e a situação de montagem das estruturas.

A falta de um planejamento de montagem não permite identificar claramente as necessidades da obra de forma antecipada, sendo que o processo de recebimento e montagem poderia ser otimizado. Normalmente, para verificar se há possibilidade de montagem, faz-se um controle manual de peças em campo com a utilização de desenhos impressos e marcação das peças recebidas no mesmo. Acredita-se que a utilização de um modelo 4D incentiva um planejamento e controle efetivo e rigoroso da obra. Isto porque o processo de identificação e controle virtual é mais rápido e preciso, devido a visualização dinâmica e filtros de seleção presentes em *softwares* BIM, permitindo compartilhamento de informações precisas com o resto da organização, evidenciando as necessidades de uma obra.

Os projetos desenvolvidos na Brafer Construções Metálicas S/A já utilizam, mesmo que de forma parcial, a ferramenta BIM em seu cotidiano. A utilização do BIM se dá na modelagem BIM 3D da estrutura, na fase de detalhamento e na obtenção de quantitativos (pesos, perfis, quantidades) para a etapa de fabricação. O modelo BIM 3D (modelo 3D paramétrico) é utilizado para visualizar detalhes em estruturas complexas nas fases de fabricação e montagem.

Com base nesta realidade, pretende-se estudar a utilização do BIM dentro de uma organização. A partir da visualização 3D conectada ao planejamento, pretende-se verificar a possibilidade de tomada de novas decisões com base em simulações que identificarão possíveis interferências com capacidade de impacto no cronograma da obra. Um planejamento BIM 4D servirá também para o acompanhamento das atividades ao longo da construção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Building Information Modeling (BIM)

Segundo a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (2013) o BIM é um novo processo que evoluiu do CAD (*Computer Aided Design*) devido aos avanços tecnológicos nos *softwares* e *hardwares*. Este novo processo, não utiliza os desenhos bidimensionais utilizados até então, mas de modelos tridimensionais, e pressupõe que todas as informações do empreendimento relativas à construção, sejam alocadas em apenas um modelo. Este modelo é integrado, paramétrico, intercambiável e passível de simulação.

Modelar em BIM não envolve apenas modelar em 3D. A plataforma BIM é uma filosofia de trabalho com a finalidade de unir profissionais de arquitetura, engenharia e construção (AEC). Então, diferentemente de um *software* de modelagem 3D, *softwares* BIM geram objetos precisos, unidos em uma base de dados com todas as informações da construção. Esses objetos são paramétricos, o que garante que eles sejam editáveis e sua atualização seja automática (MENEZES, 2011). A Figura 1 demonstra o ciclo de utilização do BIM na construção civil.

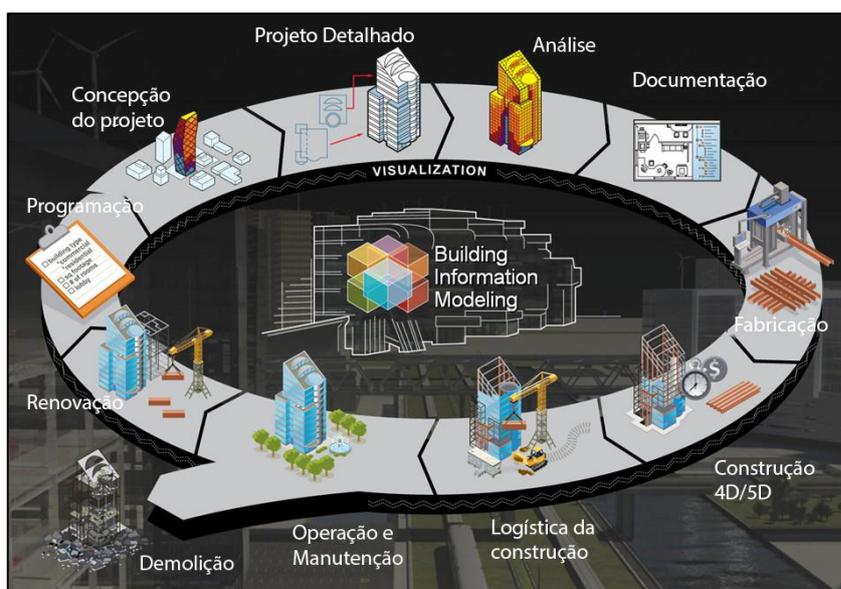


Figura 1 – Uso do BIM na construção civil

Faria (2007) diz que os modelos 2D não são extintos com o advento do BIM, pois serão utilizados pelas equipes de execução (equipes de campo). No BIM, diferentemente do CAD, os projetos estão ligados ao modelo principal, então qualquer alteração no modelo 3D atualizará automaticamente os desenhos 2D. A Figura 2 faz um comparativo entre o CAD e o BIM.

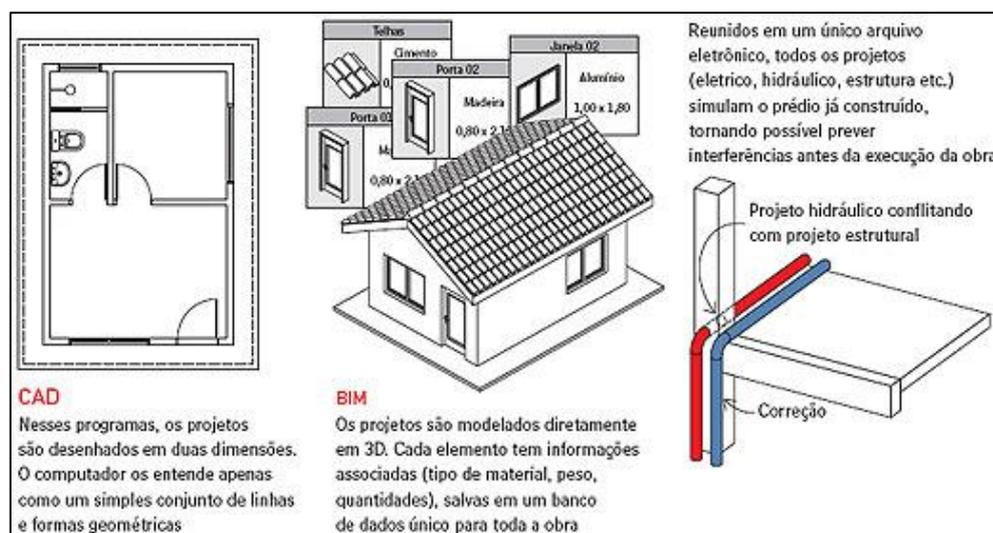


Figura 2 – Comparativo entre o CAD e o BIM

Fonte: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/127/artigo286443-2.aspx>

Obras que utilizaram o BIM em seus processos já conseguem perceber como este traz benefícios à empresa e identificaram pontos que necessitam de aperfeiçoamento, como é o caso dos empreendimentos: (NAKAMURA, 2014)

- Complexo multiuso Parque da Cidade – São Paulo (SP);
- Jurubatuba Empresarial – São Bernardo do Campo (SP);
- Fábrica da BMW – Araquari (SC);
- Verum Mooca – São Paulo (SP);
- Alpha Sigma Towers – São Paulo (SP).

As vantagens e necessidades de aperfeiçoamento detectados nos empreendimentos acima estão apresentados na Figura 3.

Manzione (2013) cita que:

“Apesar dos benefícios do BIM em termos de melhoria na eficiência da gestão do fluxo das informações, capacidades de simulação que possibilitam antever problemas de custos e desperdícios e melhoria geral da

colaboração e da coordenação dos projetos a adoção do BIM têm sido lentas na prática. ”

Resolver interferências que são apenas detectadas em campo custam mais para a execução do projeto como um todo, levam mais tempo e reduzem a qualidade da construção (EASTMAN *et al*, 2008).

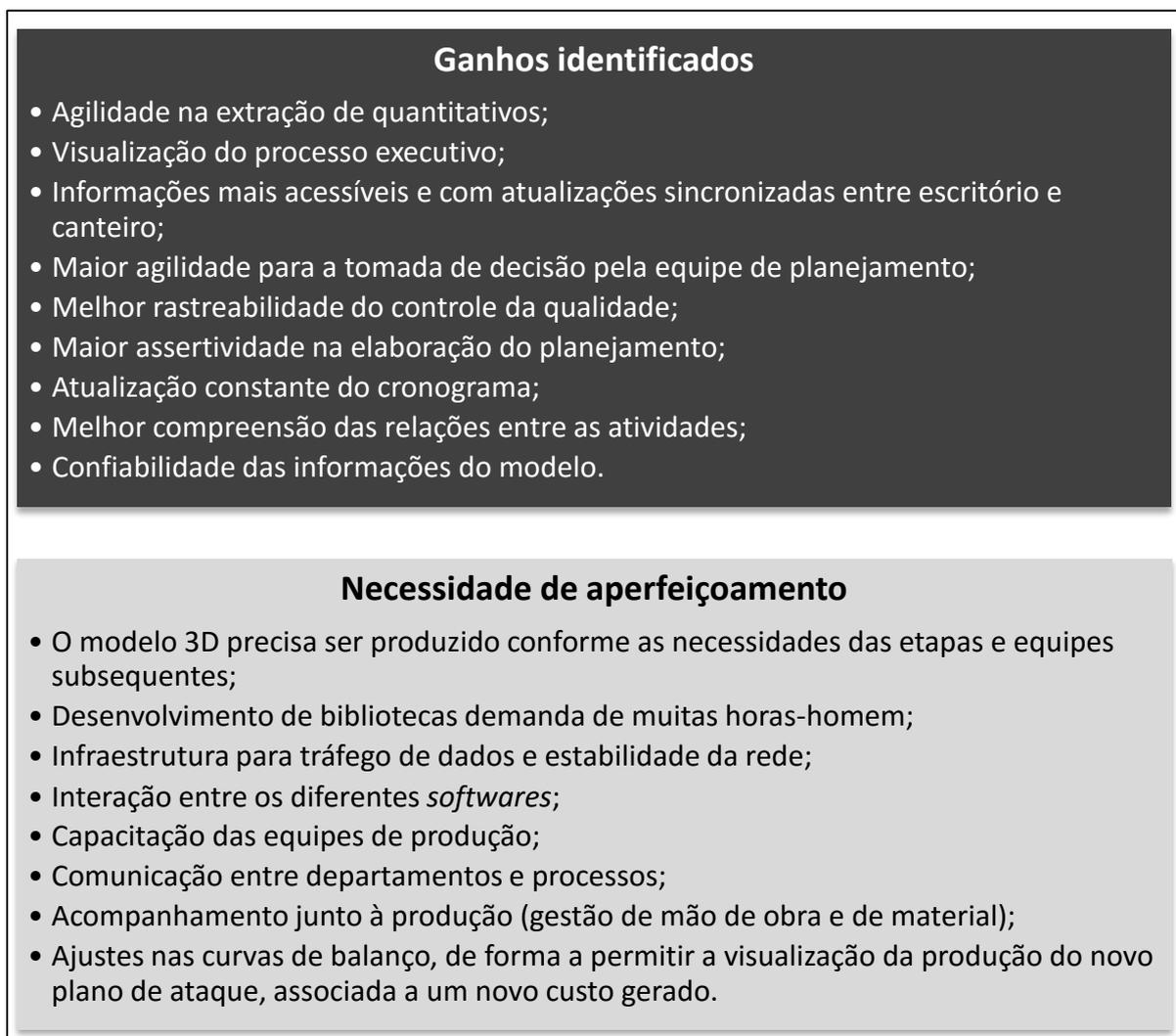


Figura 3 – Vantagens e necessidades de aperfeiçoamento na utilização do BIM em obras

Fonte: adaptado de NAKAMURA (2014)

2.1.1 Parametricidade

A ideia da parametricidade é que as propriedades de uma forma podem ser definidas e controladas de acordo com a hierarquia de parâmetros e com os níveis de montagem. Alguns parâmetros são definidos pelo usuário, enquanto outros são

valores fixos ou são obtidos pela relação com outras formas (2D ou 3D) (EASTMAN *et al*, 2008).

Na etapa de projeto, ao invés de desenhar uma parede, porta ou janela, o projetista define uma família de modelos ou classe de elementos, que é um conjunto de relações e regras que controlam os parâmetros entre os objetos, tendo variações nas mudanças de contexto. Modelos paramétricos transformam a modelagem de uma ferramenta de desenho de geometrias para uma ferramenta de incorporação de conhecimento. Os parâmetros de um objeto são valores como distâncias, ângulos e regras do tipo “anexada em”, “paralelo a” ou “distante de”, sendo que quando há mudanças no contexto das formas, estas são atualizadas automaticamente (EASTMAN *et al*, 2008).

Segundo Ayres (2009) as informações presentes em objetos paramétricos possibilitam a extração automática de elementos construtivos e determinadas representações, sem a necessidade de redesenhá-los. Como há parâmetros definidos para a representação dos objetos em determinadas visualizações (planta, corte, elevação, etc.) basta o usuário escolher a vista desejada e o *software* gerará automaticamente a visualização.

2.1.2 Interoperabilidade

Eastman *et al* (2008, tradução nossa) cita que:

“Interoperabilidade identifica as necessidades de passar dados entre aplicações, e para múltiplas aplicações contribuírem juntamente para o trabalho. Interoperabilidade elimina a necessidade de replicar entrada de dados que já foram geradas, e facilita os fluxos de trabalho e automação.”

Ao criar um modelo BIM, espera-se que este seja referência para outros modelos, os quais acessam o modelo central e obtêm a informação desejada e passa adiante. Deste modo, é possível garantir que as informações estejam presente no ciclo de vida da construção (CRESPO e RUSCHEL, 2007). A Figura 4 exemplifica a comunicação do modelo central com outros modelos.

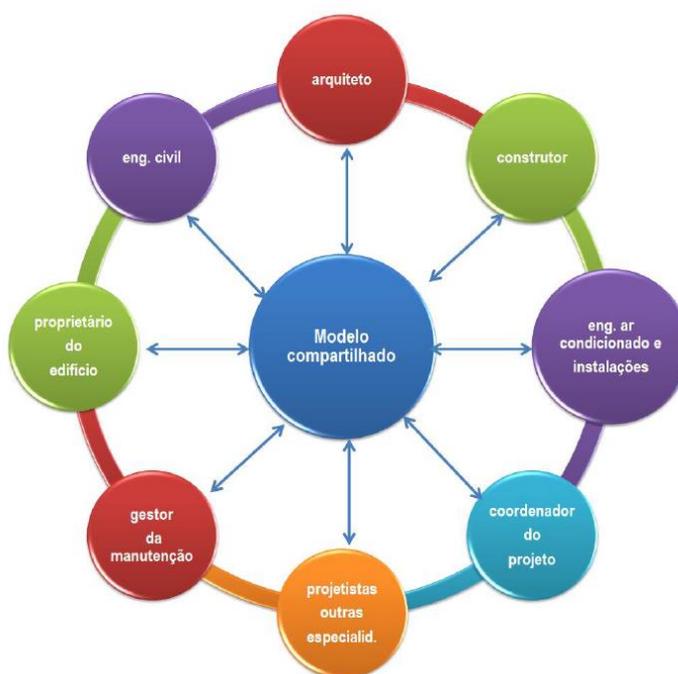


Figura 4 – Comunicação entre modelos BIM

Fonte: Manzione (2013)

Segundo Menezes e Lelis (2013), interoperabilidade pode ser descrita como a capacidade de um *software* se comunicar com outro, sem que haja perdas de informações durante a troca. Porém, os autores ressaltam que há perda de informações importantes ao utilizar *softwares* de diferentes fabricantes. Durante a importação entre programas de fabricantes distintos há modificações no banco de dados, o que pode alterar ou excluir dados do arquivo.

Manzione (2013, *apud* JIM STEEL, DROGEMULLER e TOTH, 2012) divide a interoperabilidade em quatro níveis:

- Nível de arquivos, sendo a habilidade dos *softwares* em trocar os arquivos de maneira bem-sucedida;
- Nível de visualização, sendo a habilidade do *software* em visualizar o modelo compartilhado;
- Nível de sintaxe, sendo a habilidade do *software* em analisar os modelos sem a ocorrência de erros;
- Interoperabilidade semântica, sendo a habilidade do *software* em ter um entendimento comum do significado do modelo compartilhado.

2.1.2.1 *Industry Foundation Classes (IFC)*

Em 1995 a Autodesk Inc. organizou uma aliança privada formada por 12 organizações com a ideia de desenvolver um conjunto de classes em C++ capazes de trocarem informações livremente entre diversos *softwares* utilizados na indústria da construção. Esta aliança ficou conhecida inicialmente como *Industry Alliance for Interoperability*¹ e renomeada em 1997 para *International Alliance for Interoperability (IAI)*² (buildingSMART, 2014) (EASTMAN et al, 2008).

As organizações integrantes desta aliança têm grande participação na indústria da construção desde a fase de projeto de estruturas até sua concepção e também no desenvolvimento de *softwares*. Nos primeiros anos de existência, os membros da aliança chegaram em 3 conclusões: (1) A interoperabilidade é viável e tem potencial comercial; (2) Os padrões devem ser abertos e internacionais, totalmente livres de propriedade privada; (3) Esta aliança deve ser aberta a novos membros interessados pelo mundo todo (buildingSMART, 2014).

Em 2008 a IAI mudou novamente seu nome para buildingSMART. Ela criou o *Industry Foundation Classes (IFC)*, definiu padrões para a troca de informações na plataforma BIM e é a responsável pela atualização e manutenção do IFC. Em 2011 a buildingSMART atingiu uma ligação formal com a *International Organization for Standardization*³ (ISO), quando o IFC foi registrado na ISO 16739, tornando ainda mais sério o seu propósito (buildingSMART, 2014).

O IFC cria um grande conjunto de informações que representam as informações da construção para serem acessadas de diferentes *softwares* AEC (EASTMAN et al, 2008). Escrito utilizando a definição de dados da linguagem de programação EXPRESS, o IFC tem a vantagem de ser compacto e utilizar o formato de arquivo ASCII para trocar informações entre diferentes *softwares*. Os dados armazenados podem representar o projeto como um todo, um conjunto de informações relacionadas ao projeto ou indicar mudanças no projeto (buildingSMART TECH, 2015a).

¹ Em português: Aliança de Indústrias para a Interoperabilidade

² Em português: Aliança Internacional para a Interoperabilidade

³ Em português: Organização Internacional para a Padronização

A linguagem EXPRESS é lida por máquinas e possui inúmeras implementações, dentre elas um arquivo no formato de texto compacto, SQL e banco de dados de objetos e implementações XML, todas em constante uso (EASTMAN *et al*, 2008).

Como padrões internacionais, a troca de informações é definida de acordo com a Figura 5:

- Modelo de dados (*Data*);
- Definição dos processos (*Process*);
- Dicionário de termos (*Terms*).

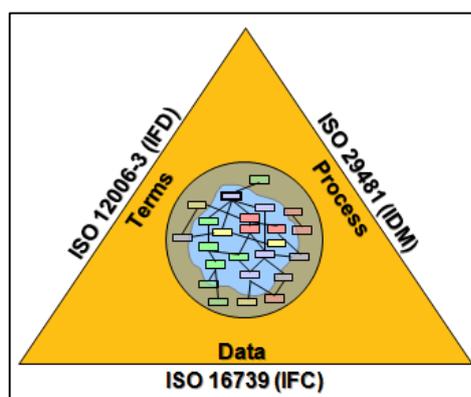


Figura 5 – Estrutura da troca de informações

Fonte: www.buildingsmart-tech.org

Para garantir a interoperabilidade, o formato IFC foi projetado em diferentes configurações e níveis de detalhes. Isso porque diferentes profissionais utilizarão os dados presentes no modelo de acordo com suas necessidades e usos particulares. Diante desta realidade, torna-se necessário definir quais dados são requeridos em cada caso. O *Model View Definition* (MVD), representando o Modelo de Dados, proporciona uma solução para indicar especificamente quais dados são requeridos. Regras definidas pelo MVD definem valores permitidos e requeridos para cada objeto. Por exemplo, ao adicionar algum material ao modelo, o MVD pode requerer que o módulo de elasticidade sempre seja fornecido (buildingSMART TECH, 2015b).

Os processos são definidos pelo IDM, *Information Delivery Manual*, que juntamente ao MVD explicam em linguagem de texto como as informações são trocadas. Este texto é entendível tanto por humanos, quanto por computadores. Os

computadores verificam através de conferências automáticas e validações se todos os dados necessários foram transmitidos (NATIONAL BIM STANDARD, 2002). O IDM especifica as informações que deverão ser transmitidas e recebidas durante cada fase de desenvolvimento do projeto. Como exemplo, o IDM especifica quais informações do projeto arquitetônico devem ser fornecidas para a realização do projeto elétrico (AYRES, 2009).

Os termos são internacionalmente padronizados pela ISO 12006-3, através do *International Framework for Dictionaries* (IFD), o qual define uma base de dados terminológica. Este banco de dados armazena conceitos e termos semanticamente descritos e gera um número de identificação único, garantindo assim que diferentes *softwares* relacionem o mesmo objeto de acordo com sua linguagem própria (NATIONAL BIM STANDARD, 2002).

2.1.3 Detecção de interferências

Uma detecção automática de interferências é um excelente método para verificar se dois ou mais objetos estão ocupando o mesmo espaço. Esta atividade, quando baseada em BIM, tem inúmeras vantagens sobre outros métodos. Verificações utilizando ferramentas BIM realizam a detecção de interferências com base na geometria do objeto combinada com regras de verificações (EASTMAN *et al*, 2008).

Para garantir a detecção de interferências de modo eficiente, o modelo deve ser elaborado com determinado nível de detalhes. Caso o modelo não esteja detalhado o suficientemente, vários problemas não poderão ser previstos antes da construção (EASTMAN *et al*, 2008).

2.1.4 O ambiente colaborativo

A incorporação do BIM causa mudanças significantes nas organizações, principalmente na relação entre os participantes do projeto e até em acordos contratuais. É requerida a colaboração entre os profissionais de diferentes disciplinas e o contratante mais cedo, diferente do que ocorre hoje (EASTMAN *et al*, 2008).

Manzione (2013) diz que a colaboração requer comprometimento para o alcance do objetivo, pois implica no aumento de riscos, exigindo um nível maior de confiança entre os envolvidos. O autor relata que colaboração é diferente de cooperação, sendo este definido por “múltiplos indivíduos trabalhando juntos de forma planejada ou no mesmo processo de produção ou em processos de produção conectados [...]” (*apud* MARX, 1890).

As trocas de informações entre os profissionais da AEC vão desde trocas físicas até o uso de servidores de modelos (MANZIONE, 2013).

2.1.5 BIM 4D – Adição da variável tempo ao modelo

Eastman *et al* (2008) diz que o trabalho de planejamento é uma atividade massivamente manual, sem sincronização com o projeto e não considera a relação entre as tarefas e o espaço em campo. Os métodos tradicionais implicam que apenas pessoas familiarizadas com o empreendimento possam tomar decisões a respeito do cronograma.

BIM 4D é a ligação entre o modelo 3D e o planejamento da construção para tornar possível a simulação da edificação e ver como a obra estará a qualquer ponto no tempo. Como este tipo de análise não é possível com documentos impressos (projetos, diagramas, relatórios, etc.), a simulação gráfica permite perceber consideráveis fontes de erros e oportunidades de otimização do canteiro, tais como pessoal, equipamentos, conflito de espaço e problemas de segurança. Com a possibilidade de agregar máquinas e equipamentos temporários à construção na programação das atividades, torna-se possível visualizar o que se pretende construir (EASTMAN *et al*, 2008).

Para Eastman *et al* (2008), o projeto de uma edificação não requer apenas detalhamento e desenhos, mas também a definição do processo de construção. O projeto de uma edificação depende da intensa colaboração entre os profissionais de campo, equipe de detalhamento, fabricante e contratante. Como resultado, é obtido um produto com processos coerentes e integrados em todas os assuntos relevantes. Alguns benefícios desta colaboração são:

- Identificação precoce de itens que demandam longos períodos de espera e encurtamento dos prazos de pedidos;

- Engenharia de valor com ganho de rendimento de projeto, associado a estimativas de custos e cronogramas;
- Pré-exploração e configuração das restrições que a etapa de construção impõe. Ideias podem ser sugeridas pelo fabricante ou contratante antes da construção diminuindo custos de alterações posteriores;
- Facilidade na identificação da interação entre a sequência de montagem e detalhes de projeto, reduzindo interferências de montagem antes do início da atividade.

O modelo BIM 4D permite ao planejador simular vias de acesso no canteiro de obras, áreas destinadas a armazenamento e posicionamento de grandes equipamentos. Esses elementos aliados ao cronograma que está conectado ao modelo, permitem a rápida identificação de problemas e otimizações (EASTMAN *et al*, 2008). Também é necessário definir o grau de detalhamento exigido pelo planejamento, a fim de ter todos os elementos modelados corretamente para a elaboração do mesmo (NAKAMURA, 2014). A Figura 6 demonstra algumas considerações ao utilizar o BIM.



Figura 6 – Considerações ao utilizar BIM

Fonte: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/213/artigo335226-2.aspx>

Em obras pré-fabricadas ou com altos níveis de industrialização, o uso do BIM pode acarretar ganhos consideráveis. Isso porque há necessidade de dimensionar a logística de entrega das estruturas e definição dos equipamentos de movimentação. Porém, a complexidade da obra é um importante fator na adoção do BIM, pois obras simples correm o risco de ficarem prontas antes de o modelo virtual estar finalizado (PULCINELLI, 2014).

Além do BIM 4D, outras dimensões de análise já existem, como o 5D que engloba o 4D acrescido dos custos do empreendimento e o 6D, que é a gestão do empreendimento após a construção do mesmo (MENEZES, 2011).

2.1.6 Autodesk Navisworks Manage 2014

Biotto (2012) descreve algumas das funcionalidades do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014 como:

“[...] animação de equipamentos do canteiro de obras, utiliza regras para conexão automática dos componentes do modelo 3D com as atividades do plano e permite a comparação entre o plano original e o executado, utilizando cores para representar atividades atrasadas, no prazo ou adiantadas. [...] Também tem grande facilidade em atualizar modelos 3D provenientes do SketchUp e AutoCAD Architecture [...]”.

O Navisworks já é utilizado para unir diferentes disciplinas em um único modelo central. A partir disso, pode-se extrair quantitativos dos elementos do modelo, os quais apresentam materiais definidos utilizando o recurso *Quantification Workbook*. Combinada aos dados de quantidades, a lista de material pode ser exportada em planilhas ou passadas por uma conexão API⁴, permitindo que informações do modelo possam ser utilizadas em sistemas próprios (MULLIN, 2013). O ambiente de trabalho desta ferramenta está exemplificado na Figura 7.

⁴ Em português, Interface de Programação de Aplicativos. Comunicação entre aplicativos interligando-os, de modo a possibilitar que determinadas funções possam ser utilizadas em outros aplicativos. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/programacao/1807-o-que-e-api-.htm>

Status	WBS	Name	Description	Weight
1.1.18		Elev. 10.874 - Fila 1@3 - Exo		4.378,922 kg
1.1.19		Elev. 7.000 - Fila 1@2 - Exo		983,833 kg
1.1.20		Elev. 7.000 - Fila 1@3 - Exo		2.143,127 kg
1.1.21		Elev. 7.000 - Fila 1@2 - Exo		3.777,182 kg

Status	WBS	Object	Area	Volume	Weight
1.1.5.1		IC-320A	0,000 m ²	0,000 m ³	3,763 kg
1.1.5.2		IC-320A	0,000 m ²	0,000 m ³	3,941 kg
1.1.5.3		IC-320A	0,000 m ²	0,000 m ³	1,236 kg
1.1.5.4		ICL-3475	0,000 m ²	0,000 m ³	1,335 kg
1.1.5.5		ITL-346AA	0,000 m ²	0,000 m ³	1,630 kg

Figura 7 – Ambiente de trabalho da ferramenta *Quantification Workbook*

Fonte: do autor

O *software* também permite a criação de grupos de seleção chamados de *Selection Sets*, para poder selecionar rapidamente certos elementos, ou executar ações do tipo: esconder, mudar cor ou transparência (AUTODESK, 2014a). Um recurso útil na criação de *Sets* é o *Find Items*⁵, o qual permite procurar itens que contenham determinadas propriedades definidas pelo usuário. Critérios de procura podem ser salvos para posteriormente reexecutar a busca (AUTODESK, 2015).

A ferramenta *TimeLiner* do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014 simula o cronograma da obra conectando-o ao modelo BIM 3D para visualizar os efeitos do planejamento. Os cronogramas são importados de diferentes plataformas, tais como MS Project, Primavera ou Asta. Também é possível criar cronogramas dentro do Autodesk Navisworks Manage 2014 e exportá-lo para outras plataformas (AUTODESK, 2014b). A Figura 8a representa a ferramenta em seu ambiente de planejamento e a Figura 8b apresenta o *TimeLiner* durante uma simulação.

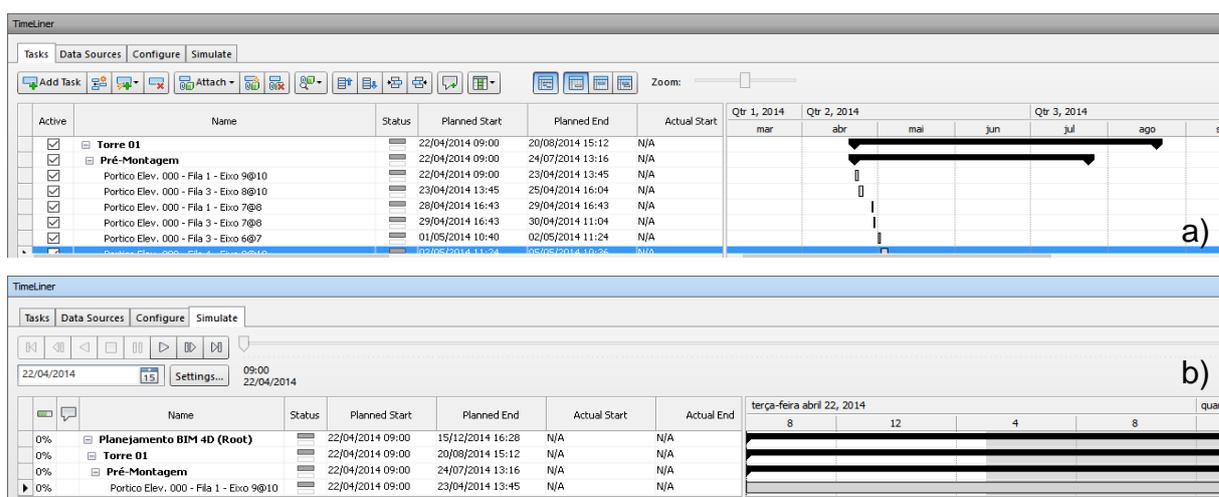


Figura 8 – Ferramenta *TimeLiner* – a) ambiente de planejamento; b) durante a simulação

Fonte: do autor

⁵ Em português: Localizar itens

Almeida (2009) cita que:

“A montagem de estruturas metálicas necessita de um planejamento detalhado, com a sequência pré-estabelecida, permitindo economizar homens-hora e ao mesmo tempo manter a estabilidade do conjunto em todas as fases. As pré-montagens de seções no solo devem ser as maiores possíveis, dentro da capacidade dos guindastes.”

Fernandes (2013) destaca que a montagem de estruturas metálicas representa cerca de 30% do custo total do empreendimento e é quando as maiores expectativas são geradas, pois se a estrutura não estiver perfeitamente projetada e montada, os transtornos são inevitáveis.

A pré-montagem deve sempre ser utilizada visando agilizar e simplificar a montagem das peças. Esta pré-montagem forma uma peça única e maior que será içada de uma só vez ao local definitivo (FERNANDES, 2013). As Figuras 10 e 11 mostram, respectivamente, o início da pré-montagem de uma elevação e o içamento de um módulo de *pipe-rack*⁶ pré-montado em solo.



Figura 10 – Início da pré-montagem de uma elevação

Fonte: do autor

A definição do melhor processo de montagem é realizada com diversos estudos, considerando os equipamentos, acesso a obra e prazos. Busca-se as soluções mais viáveis e econômicas. O planejador deve elaborar o plano de

⁶ Em português: cavalete para sustentação de tubulações horizontais

montagem de forma detalhada e cuidadosa, respeitando as normas de segurança e levando em conta a eficiência e praticidade (BELLEI, 1998).



Figura 11 – Içamento de um módulo de *pipe-rack* pré-montado em solo

Fonte: do autor

Fernandes (2013) diz que a etapa de montagem do empreendimento requer um planejamento específico próprio para que os trabalhos sejam executados dentro do prazo e padrão, garantindo uma sequência organizada. O autor ressalta que cada galpão metálico tem um *layout* diferente e, portanto, tem particularidades específicas. Além disso, são executadas sob diferentes condições climáticas e podem ser executados em locais insalubres ou perigosos. Nestas condições, pode-se concluir que é uma atividade de risco e requer mais precisão e flexibilidade por parte do planejamento.

2.2.1.1 Índices de produtividade e índices de montagem

Índices de produtividade, segundo Gehbauer *et al* (2002):

“[...] indicam o número de horas de trabalho por unidade produzida. Eles apresentam as unidades usuais no levantamento do tempo gasto em atividades com alto emprego de mão-de-obra. [...]”

Na construção, em grande parte das atividades é empregada mão-de-obra, portanto são utilizados quase que exclusivamente índices de produtividade na

elaboração de cronogramas (GEHBAUER *et al*, 2002). Planejamentos de execução são desenvolvidos a partir de dois parâmetros básicos: homem x hora (Hh) e máquina x hora (Mh). Na montagem de estruturas metálicas, são utilizados índices de montagem, e a unidade usualmente adotada é a Hh/t (homem x hora por tonelada montada) (FERNANDES, 2013).

Enquanto índices de produtividade na Construção Civil são bastante conhecidos e divulgados em meios especializados, os índices de montagem são mais restritos, levantados pelas próprias montadoras. Alguns índices são bastante conhecidos, porém outros são mantidos em sigilo, por serem responsáveis pela formação de preços e fornecerem vantagem competitiva (FERNANDES, 2013).

O Quadro 1 apresenta índices de montagem para diversas estruturas metálicas, segundo Fernandes (2013).

Quadro 1 – Índices de montagem segundo Fernandes (2013)

Estrutura	Índice de montagem [Hh/t]
ESTRUTURA PESADA (PESO/ÁREA \geq 70 KG/M²)	30
ESTRUTURA MÉDIA (P/A ENTRE 40 E 70 KG/M²)	50
ESTRUTURA LEVE (P/A \leq 40 KG/M²)	70
CHAPAS DE PISO	50
CHAPARIA	60
ESCADAS	160
ESTRUTURAS DE COBERTURA DE GALPÕES	80
PIPE-RACK	40
PASSARELAS	70
PLATAFORMA DE SUSTENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PESADOS	40
PLATAFORMAS DE SUSTENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS LEVES	80
TRELIÇAS	100

Fonte: adaptado de Fernandes (2013)

Almeida (2009) também apresenta alguns índices de montagem, mostrados na Quadro 2.

Quadro 2 – Índices de montagem segundo Almeida (2009)

Estrutura	Índice de montagem [Hh/t]
ESTRUTURA PESADA (ACIMA DE 20 T)	30
ESTRUTURA MÉDIA (5 A 20 T)	70
ESTRUTURA LEVE	100
ESCADA / CORRIMÃO	180
PLATAFORMAS	120
PIPE-RACK	40

Fonte: adaptado de Almeida (2009)

Fernandes (2013) sugere a composição de trabalho para equipes de montagem de estruturas soldadas e parafusadas. Em estruturas soldadas, sugere 16 colaboradores entre encarregados, montadores e ajudantes. Já para estruturas parafusadas, sugere o emprego de 13 colaboradores.

2.2.2 Sequenciamento de montagem das estruturas

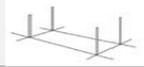
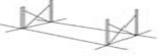
A primeira premissa básica de definição da sequência de montagem de um edifício em estrutura metálica é em função do apoio de cada peça (primeiro, colunas, depois vigas, etc.). A segunda premissa é que as peças já montadas não devam obstruir a montagem das peças subsequentes, seja criando um bloqueio entre o local previsto em projeto e o solo ou interferência na lança do guindaste. A última premissa prevê que o pessoal de montagem deva ter um caminho seguro entre o ponto de ligação e a estrutura. Logo, a sequência lógica para a montagem é (PINHO, 2005):

- Montagem de algumas colunas do núcleo de contraventamento;
- Montagem das vigas principais que interligam as colunas entre si;
- Montagem das estruturas de contraventamento das colunas;
- Montagem das vigas secundárias;
- Verificação do prumo, alinhamento e esquadro;
- Torque das ligações parafusadas;
- Solda das ligações soldadas;
- Seguir com a montagem a partir do núcleo já montado.

Pinho (2005) aponta uma característica específica em montagem de galpões metálicos: parte dos elementos dependem de outros para permanecerem estáveis,

como por exemplo, algumas tesouras da cobertura são instáveis se apoiadas sobre as colunas sem um travamento adequado. Então, a montagem de galpões segue uma sequência de montagem diferenciada da montagem de edifícios, apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 – Sequência de montagem de galpões metálicos

SEQUÊNCIA	DESCRIÇÃO	ILUSTRAÇÃO
01	Montagem das colunas do vão de contraventamento	
02	Montagem dos contraventamentos verticais	
03	Montagem das vigas de beiral e de tapamento de interligação entre as colunas	
04	Montagem da viga de pórtico entre as colunas do primeiro eixo	
05	Estaiamento do pórtico	
06	Montagem da segunda viga de pórtico	
07	Interligação do primeiro e do segundo pórticos com as terças de cobertura	
08	Montagem dos contraventamentos do plano da cobertura	
09	Remoção dos estais; Montagem dos demais eixos repetindo a sequência das etapas seguintes	
10	Montagem das colunas vizinhas ao vão de contraventamento	
11	Montagem das vigas de beiral e de tapamento de interligação entre as colunas	
12	Montagem da viga de pórtico entre as colunas	
13	Interligação do núcleo contraventado com o novo pórtico montando as terças de cobertura	

Fonte: adaptado de Pinho (2005)

2.2.3 Plano de *rigging*

Operações de levantamento e movimentação de cargas demandam planejamento, pelos reflexos nos custos, prazos e segurança do projeto. Em uma obra de montagem, este é um dos pontos de maior importância a ser considerado. A confecção de um bom planejamento de transporte e levantamento de cargas pode evitar ou reduzir o tempo de espera do guindaste. Como este equipamento geralmente tem um custo de aluguel considerável, então a redução do tempo de máquina parada reduz o custo com o equipamento (FERNANDES, 2013).

O plano de levantamento define o equipamento a ser utilizado na montagem e o seu posicionamento no canteiro. A definição da posição da máquina influencia também em (FERNANDES, 2013):

- Deslocamento de peças ou equipamentos, permitindo acesso e recebimento de novas estruturas;
- Posicionamento das peças a montar mais próximo do local de içamento, mas sem quebrar a sequência de montagem;
- Seleção de equipamentos de movimentação para auxiliar na logística.

O plano de *rigging* compatibiliza o peso das estruturas com a capacidade dos equipamentos disponíveis em campo, levando em consideração o posicionamento no canteiro. O plano assume a forma de um procedimento, detalhando o içamento das peças desde o local de armazenagem até a posição final. A Figura 12 mostra as informações básicas para a elaboração do plano de *rigging* e a Figura 13 exemplifica um plano de *rigging* (PINHO, 2005).



Figura 12 – Informações requeridas para elaboração do plano de *rigging* segundo Pinho (2005)

Fonte: do autor

Segundo Almeida (2009) as equipes de *rigging* são responsáveis pelas atividades de transporte e içamento de cargas, equipe composta por profissionais treinados e qualificados para execução da tarefa. O plano de *rigging* deve ser elaborado por um profissional qualificado, conhecido como *Rigger*. Ele, estuda as movimentações de carga, desenvolve projetos e coordena as operações de movimentação (CUNHA, [201-?]).

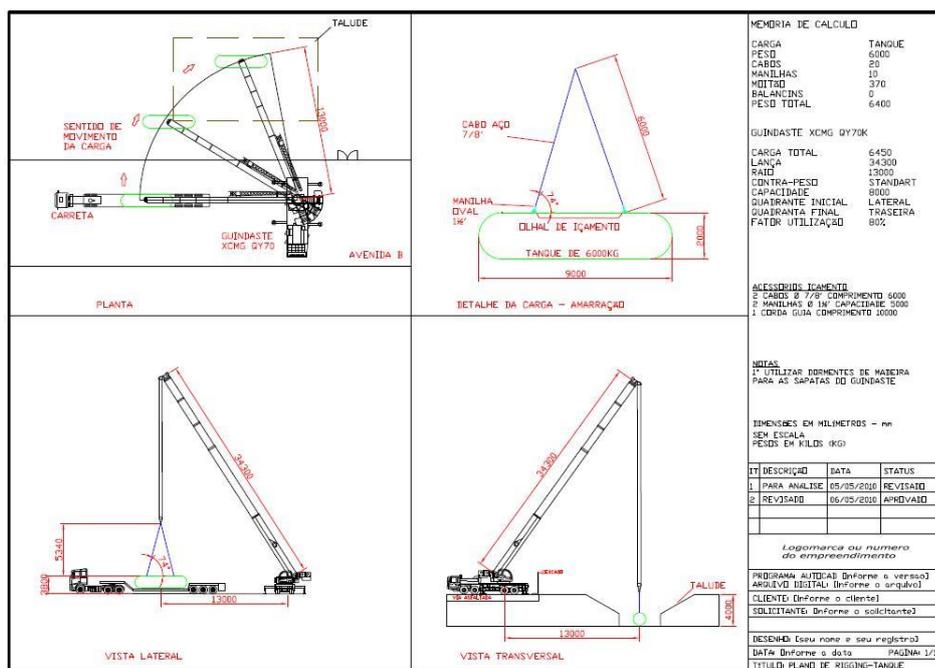


Figura 13 – Exemplo plano de rigging

Fonte: <http://www.rigger.com.br/wp-content/uploads/2010/07/PLRigger.jpg>

2.3 Planejamento

Devido à complexidade dos projetos, um plano é essencial para orientar a execução de uma construção. A intenção de se planejar é criar um “guia” que represente como e quando o projeto definido no escopo irá ser entregue (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2007).

O ato de planejar é um pré-requisito para o sucesso de uma obra. Isto porque o planejamento é realizado antes do início das atividades executivas com o objetivo de definir os métodos construtivos e seus meios de produção, obtendo o maior

rendimento possível com o menor custo de produção (GEHBAUER *et al*, 2002). Para Cardoso (2010), o planejamento é fundamental, pois é através dele que se pode minimizar as aflições causadas por imprevistos durante a fase de execução, porém os riscos não são eliminados.

Fernandes (2013) descreve planejamento como:

“[...] Elaborado com base em previsões, tem por finalidades básicas possibilitar a tomada de decisões e estabelecer referenciais para as fases de programação e controle. Deverá ser seguro e realístico, de modo a motivar e desenvolver a confiança[...]. [...] Deverá, também, procurar atender aos anseios do cliente, sem assumir compromissos que depois não poderão ser cumpridos.”

Kerzner (2006) cita 4 razões para se planejar, mostradas na Figura 14.

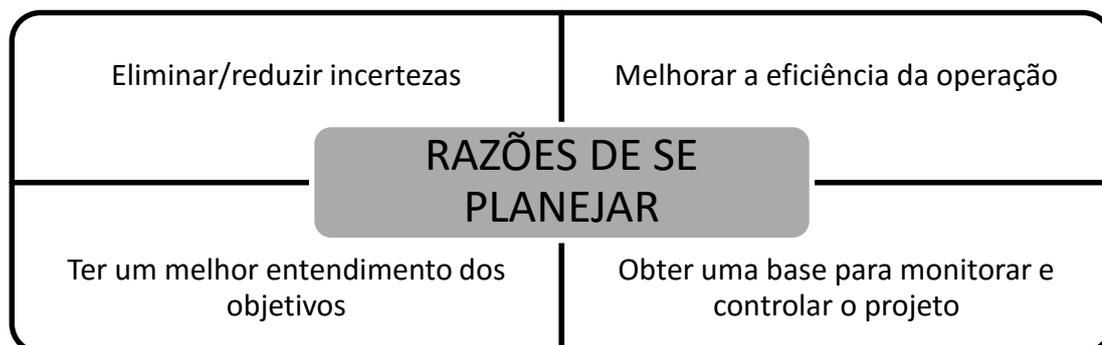


Figura 14 – Razões para se planejar segundo Kerzner (2006)

Fonte: do autor

Queiroz (2001) utiliza o termo programação para definir o planejamento em um nível de micro visão, onde as informações envolvidas serão produzidas em maiores detalhes. Gehbauer *et al* (2002), definindo o planejamento do ponto de vista de um engenheiro, subdivide-o em quatro etapas, todas relacionadas entre si, sendo elas:

- Planejamento dos métodos de execução: comparação e escolha dos métodos construtivos, tendo como base a técnica empregada e seus custos;
- Planejamento da obra: desenvolvimento do cronograma detalhado;
- Planejamento dos recursos operacionais e financeiros: mão-de-obra, equipamentos e materiais necessários para a realização da obra;

- Planejamento do canteiro de obras: locação da infraestrutura temporária.

Já no guia PMBOK 5º ed. (2013), algumas das etapas de planejamento são definidas como:

- Planejamento do gerenciamento do cronograma;
- Definição das atividades;
- Sequenciamento das atividades;
- Estimar os recursos das atividades;
- Estimar as durações das atividades;
- Desenvolvimento do cronograma;
- Controle do cronograma.

É preciso definir o horizonte de tempo do planejamento, o qual varia dependendo da atividade. O grau de detalhamento também é influenciado pela finalidade do planejamento (CARDOSO, 2010).

O planejamento de execução de uma obra é um processo cíclico. É necessário realizar estudos e avaliar cenários diversas vezes para que o processo de construção esteja otimizado, preciso e detalhado, a fim de atingir as solicitações do projeto. Por isso, a definição de uma sequência executiva ou a escolha de um método construtivo só são confirmadas depois que todas as condicionantes previstas forem verificadas (GEHBAUER *et al*, 2002). A Figura 15 ilustra o processo de planejamento.

2.3.1 Planejamento da execução da obra

Para se elaborar um bom planejamento físico, deve-se identificar dentre as atividades aquelas que se repetem. A sequência de execução deve ser lógica, obedecendo as limitações físicas ou tecnológicas. Por exemplo, em obras de edifícios a fundação é executada obrigatoriamente antes do início da estrutura (CARDOSO, 2010).

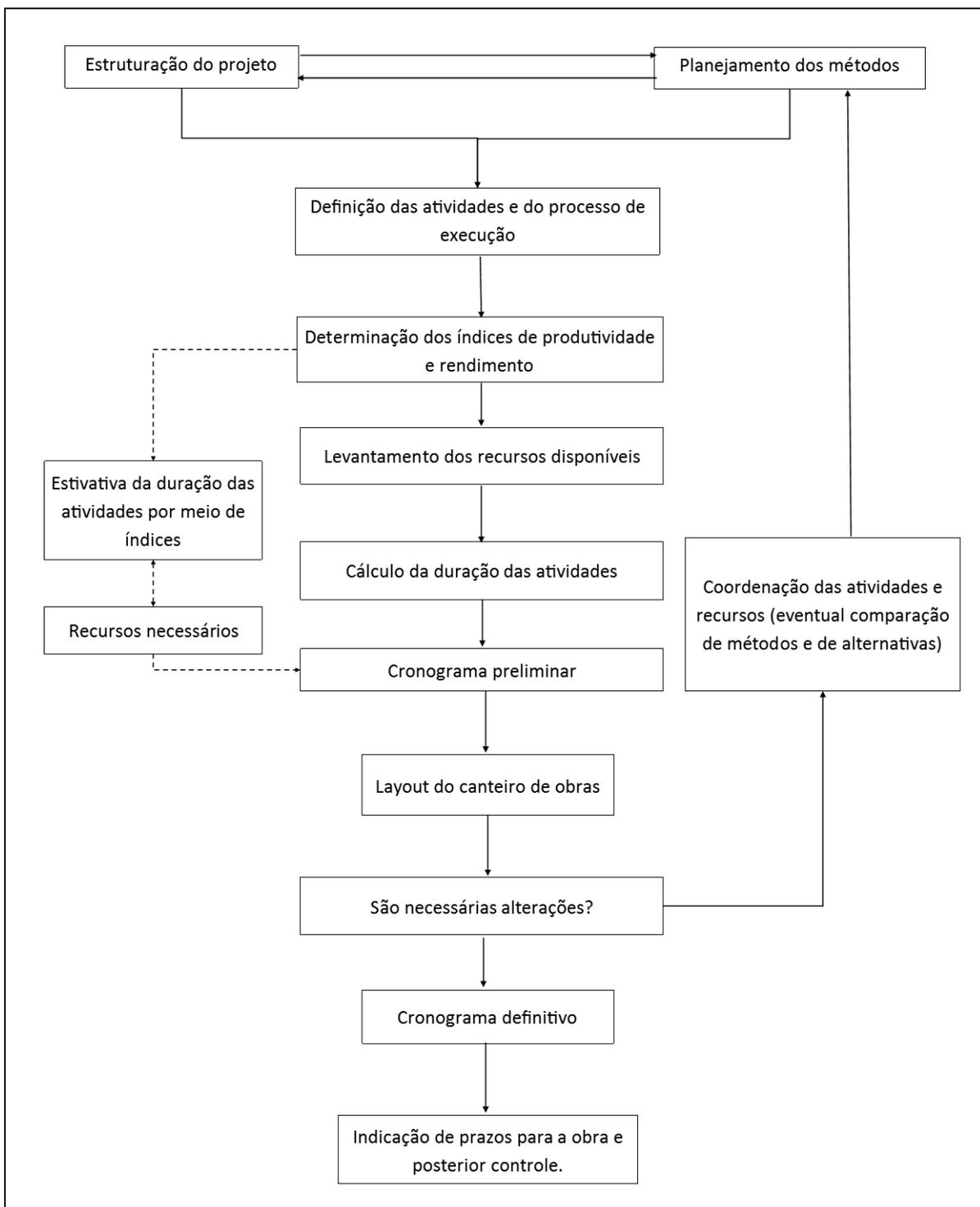


Figura 15 – Processo de planejamento

Fonte: adaptado de GEHBAUER *et al*, 2002

O planejamento da execução da obra, segundo Cardoso (2010, *apud* META, 2004), é composto segundo os itens demonstrado na Figura 16.

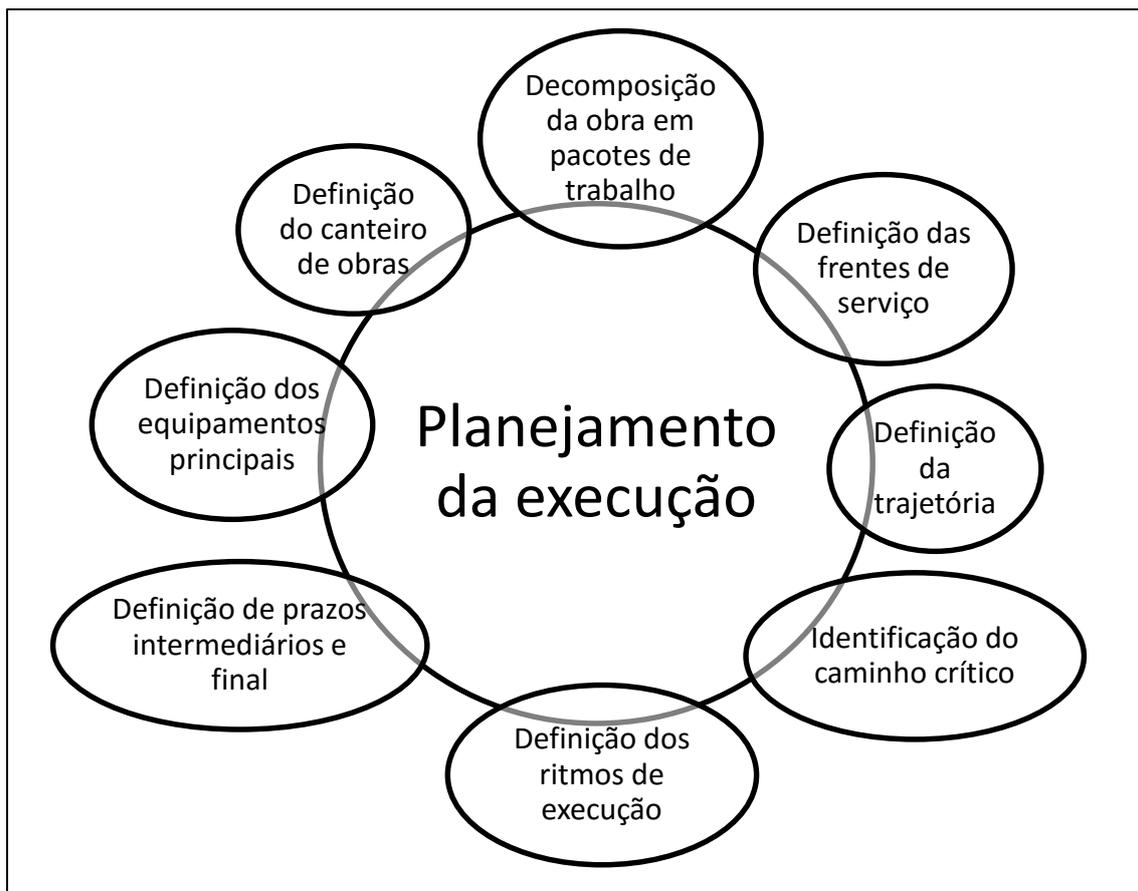


Figura 16 – Itens de um planejamento de execução segundo Cardoso (2010)

Fonte: do autor

Identificando as atividades repetitivas, pode-se utilizar do efeito aprendizagem. Este efeito ocorre em construções com múltiplas repetições, treinando naturalmente a equipe que está executando a tarefa, aumentando a produtividade. Em relação ao tempo gasto na primeira execução, as execuções subsequentes terão redução no tempo gasto (GEHBAUER *et al*, 2002).

2.3.2 Determinação da duração das atividades e estimativa dos recursos

Gehbauer *et al* (2002) apresenta duas maneiras de estimar os recursos necessários e a duração das atividades, sendo:

- Conhecendo a quantidade de mão-de-obra a ser aplicada, calcula-se a duração das atividades pelas Equações 1 ou 2.

$$DA[h] = \frac{Ip \times Q}{MO} \quad (1)$$

$$DA[d] = \frac{Ip \times Q}{MO \times T} \quad (2)$$

Sendo:

- DA: duração de uma atividade em [h = horas] ou [d = dias];
- Ip: Índice de produtividade da mão-de-obra em [Hh / unidade de produção];
- Q: Quantidade de serviço a ser executado em [unidade de produção];
- MO: quantidade de mão-de-obra em [quantidade Homens];
- T: tempo de trabalho por dia em [horas].

b) Calcula-se a quantidade de mão-de-obra conhecendo-se a duração de uma determinada atividade através das Equações 3 ou 4.

$$MO = \frac{Ip \times Q}{DA[h]} \quad (3)$$

$$MO = \frac{Ip \times Q}{DA[d] \times T} \quad (4)$$

2.3.3 Forma de apresentação de um planejamento

2.3.3.1 Estrutura analítica do projeto (EAP)

Segundo Kerzner (2006), o primeiro grande passo na etapa de planejamento, após a definição dos requerimentos de projeto, é o desenvolvimento da *Work Breakdown Structure* (WBS), conhecida em português como Estrutura Analítica do projeto (EAP). O WBS consiste em dividir o trabalho em elementos menores, garantindo que todas as atividades serão contabilizadas, tanto as principais como as secundárias. Estes elementos menores devem ser:

- Gerenciáveis;
- Independentes, ou com o mínimo de dependência com outras tarefas;

- Possíveis de integração, possibilitando a visão do trabalho como um todo;
- Mensuráveis em termos de progresso.

O principal benefício desse processo é a possibilidade de uma visão estruturada do que deve ser feito. O trabalho planejado é alocado nos níveis mais baixos da EAP, os quais são chamados de pacotes de trabalho. A estruturação de uma EAP pode ser do tipo: (1) lista resumida; (2) gráfico organizacional; (3) outro método que identifique uma decomposição hierárquica (GUIA PMBOK, 2013). A Figura 17 ilustra os níveis mais comuns utilizados, segundo Kerzner (2006).

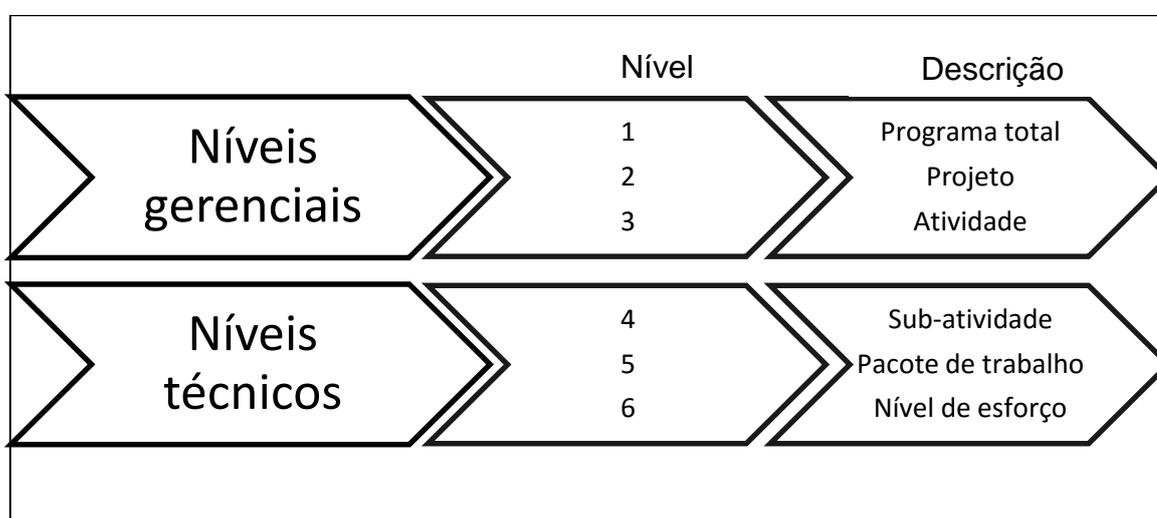


Figura 17 – Estrutura de 6 níveis de uma EAP

Fonte: adaptado de Kerzner (2006)

No caso de a EAP ser elaborada como uma lista resumida, opta-se pela criação de um sistema de código a fim de identificar a qual programa cada projeto ou tarefa pertence. Como exemplo, o código pode ser representado por três números (XX-XX-XX), onde o primeiro algarismo representa o programa total (nível 1), o segundo o projeto (nível 2) e o último a atividade (nível 3). O sistema de código não é um padrão, cada planejador ou empresa tem o seu próprio sistema, adaptado em seu cotidiano (KERZNER, 2006).

A decomposição do trabalho em níveis de maiores detalhes aumenta a habilidade de planejá-lo, gerenciá-lo e controlá-lo. A decomposição deve ser feita com cuidado, pois uma decomposição excessiva pode causar um esforço de gerenciamento improdutivo, diminuindo a eficiência durante a execução do trabalho

(GUIA PMBOK, 2013). A Figura 18 exemplifica uma EAP, adaptado de Fernandes (2013).

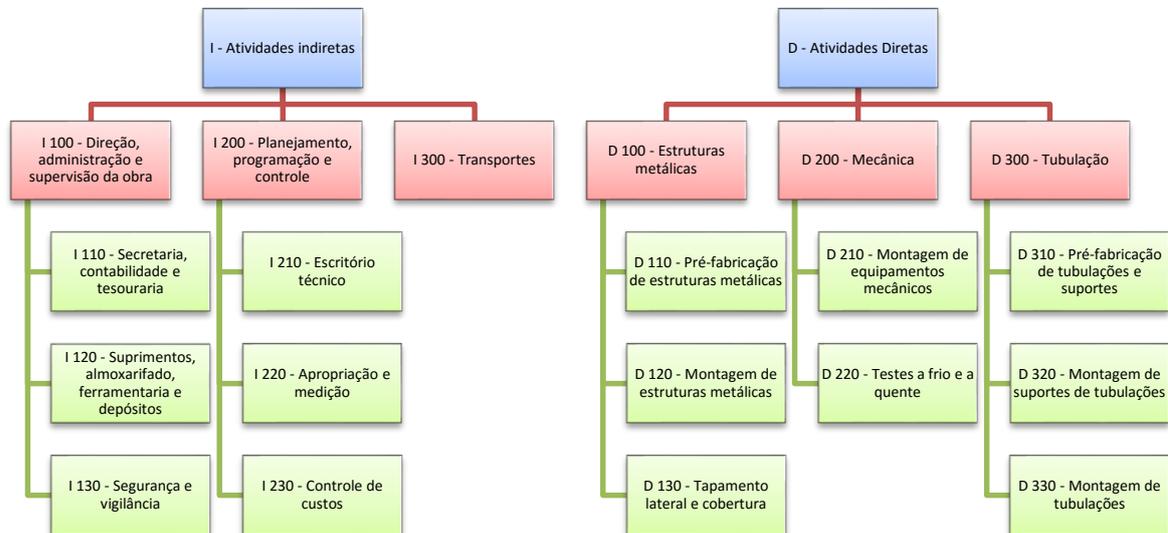


Figura 18 – Exemplo de estrutura analítica de projeto

Fonte: adaptado de Fernandes (2013)

Para a elaboração da EAP as datas de início e fim do projeto devem estar claramente definidas. A EAP deve ser estruturada para utilizar-se o mínimo de *softwares* ou formulários possíveis e deve ser considerada como uma ferramenta de comunicação, onde os resultados podem ser comparados com as expectativas (KERZNER, 2006).

Por fim, alguns critérios devem ser respeitados e verificados na estrutura analítica do projeto, ilustrado na Figura 19.

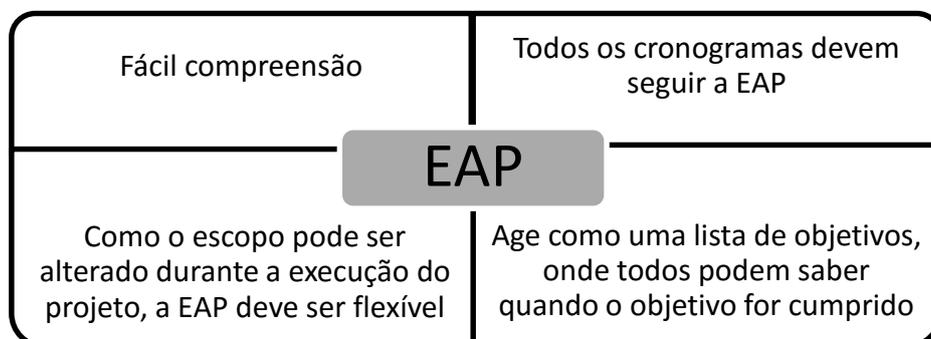


Figura 19 – Critérios para a elaboração da EAP, segundo Kerzner (2006)

Fonte: do autor

2.3.3.2 Cronograma de barras

Conhecido como gráfico de Gantt, os cronogramas de barra são comumente utilizados por serem simples e de fácil visualização e entendimento. São gráficos onde as atividades são listadas no eixo vertical e as datas em escala apropriada de tempo no eixo horizontal. De acordo com as datas iniciais e finais de cada atividade, as barras são posicionadas horizontalmente. O diagrama de Gantt pode ser utilizado para representar graficamente uma EAP previamente elaborada. O cronograma de barras (Figura 20) também é aplicado no planejamento dos recursos (mão-de-obra e equipamentos) (FERNANDES, 2013) (GUIA PMBOK, 2013) (GEHBAUER *et al*, 2002).

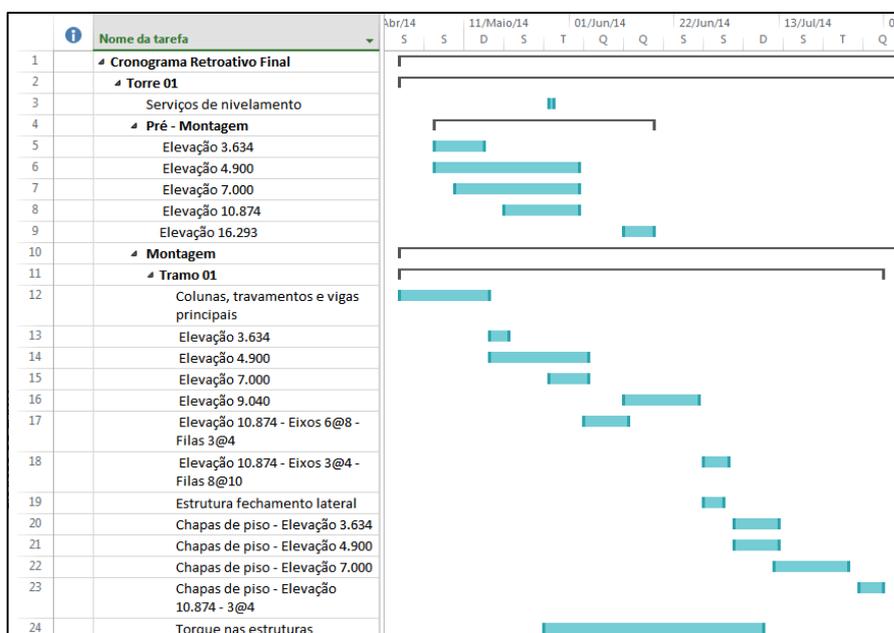


Figura 20 – Exemplo de cronograma de barras

Fonte: do autor

2.3.3.3 Rede de precedência

A rede de precedência mostra as interdependências das atividades entre si, permitindo a percepção dos efeitos de atrasos em relação ao cronograma. Esta técnica está relacionada diretamente ao uso de *softwares* como MS Project ou

Primavera, baseando-se na EAP desenvolvida e no método de cálculo CPM (*Critical Path Method*⁷) (GEHBAUER *et al*, 2002).

O diagrama resultante indica os caminhos (sequência de execução) com os respectivos tempos de duração (resultante do cálculo da rede). O caminho que exige maior tempo para ser executado define a duração total da obra e é chamado de caminho crítico. Os outros caminhos possuirão folgas, significando que podem sofrer atrasos ou serem retardados sem prejudicar o prazo final (CARDOSO, 2010). A Figura 21 demonstra um caso de aplicação da rede de precedência.

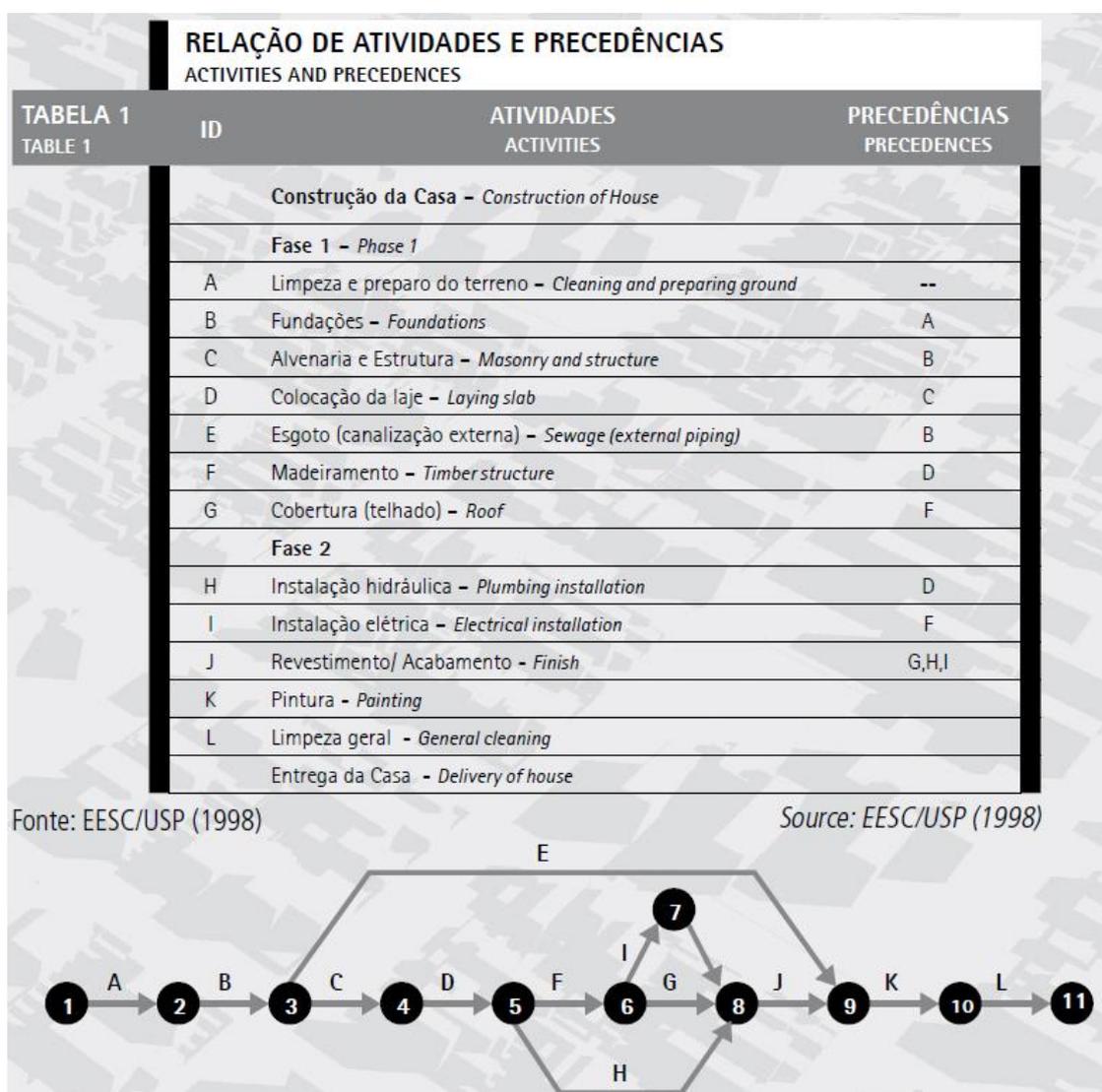


Figura 21 – Exemplo de rede de precedência

Fonte: Cardoso (2010)

⁷ Em português: Método do caminho crítico

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Roteiro da pesquisa

Este trabalho está dividido em 5 etapas, além da revisão bibliográfica e treinamento do pesquisador no *software* Autodesk Navisworks Manage 2014, etapas ilustradas na Figura 22.

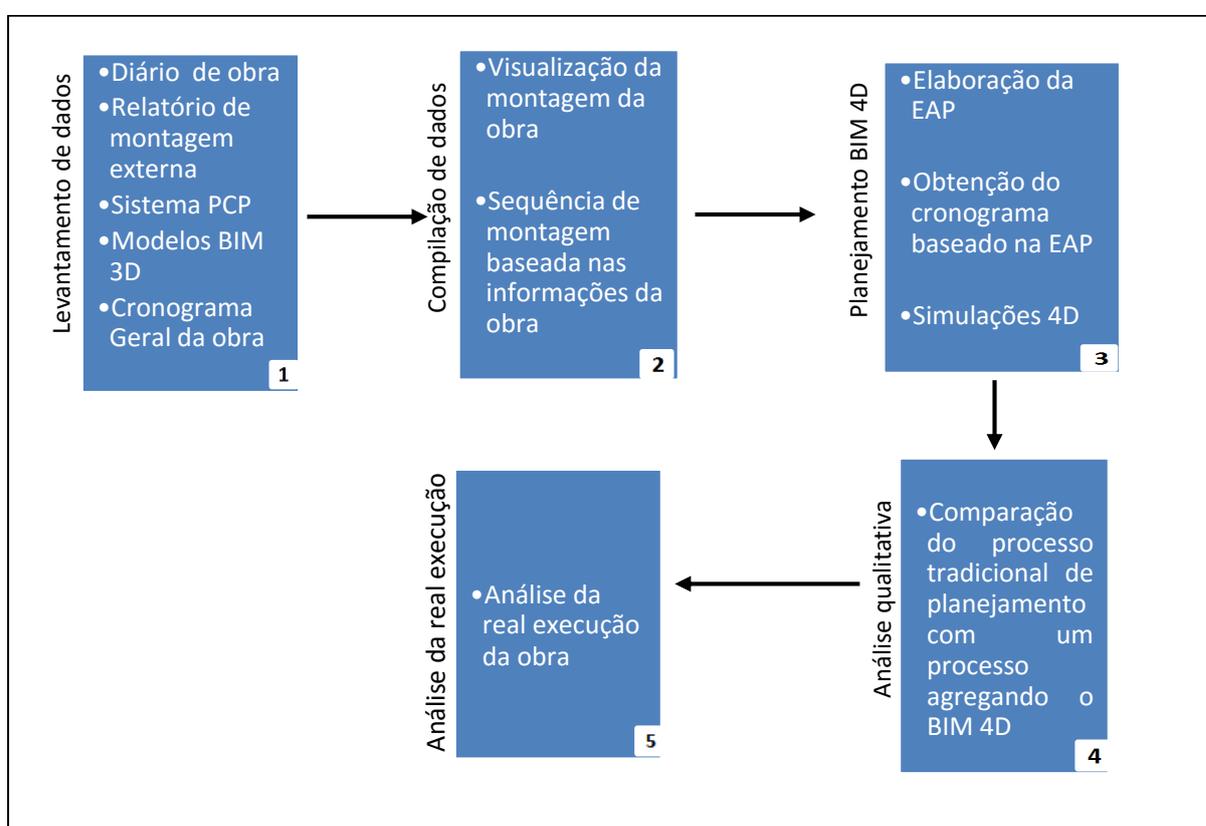


Figura 22 – Roteiro de pesquisa

Fonte: do autor

Aliado a todo o conhecimento reunido na fundamentação teórica, as informações fornecidas pela Brafer auxiliaram na elaboração do planejamento BIM 4D. As informações fornecidas são: (a) cronograma geral da obra; (b) diários de obra; (c) relatórios de montagem externa; (d) relatório do sistema PCP⁸; e (e) modelos 3D

⁸ PCP: Planejamento e Controle da Produção

paramétricos (arquivos no formato IFC). A etapa 1, desenvolvida paralelamente à revisão da bibliografia, envolveu o levantamento destes dados junto à Brafer.

Na etapa dois, foram analisados os dados de cada fonte. Separadamente, cada documento retratou a montagem das estruturas de forma insatisfatória para este trabalho, em que, por exemplo, os relatórios de montagem externa demonstram a obra de forma genérica e o relatório do sistema PCP se mostrou incompleto (estando preenchido até o dia 03/09/14). A compilação dos documentos proporcionou uma visualização e sistematização da sequência de montagem real da obra dentro do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014. Esta visualização proporcionou a completa compreensão da sequência de montagem da obra.

A etapa três visou atender ao objetivo geral deste trabalho. Nesta fase executou-se um planejamento BIM 4D utilizando o *software* Autodesk Navisworks Manage 2014. Uma EAP foi elaborada com o objetivo de definir todas as atividades para posterior dimensionamento do respectivo tempo de montagem. Em paralelo foram criados conjuntos de seleções (*sets*) dentro do Autodesk Navisworks Manage 2014, os quais foram conectados às atividades do planejamento BIM 4D.

A etapa quatro apresenta uma comparação qualitativa dos métodos atuais de planejamento e controle de obra com o planejamento e controle agregando o BIM 4D (desenvolvido pelo autor neste trabalho) nos seguintes aspectos:

- Controle das atividades;
- Precisão de planejamento;
- Seleção e extração de informações;
- Identificação de pontos críticos;
- Nível de complexidade na elaboração do planejamento;
- Recursos.

Além desta análise comparativa dos processos de planejamento, simulou-se a real execução da obra na etapa cinco utilizando o *software* Autodesk Navisworks Manage 2014.

3.2 Levantamento dos dados

A empresa cedeu 5 fontes de dados que auxiliaram no entendimento da execução de montagem da obra, descritos no Quadro 4.

Quadro 4 – Documentos cedidos pela empresa

DOCUMENTO	RESPONSÁVEL PELA ENTREGA
Diários de obra	Engenheiro residente
Modelos 3D paramétricos	Gerente de detalhamento
Relatório de montagem externa	Engenheiro residente
Relatório de montagem do sistema PCP	Funcionário do setor de obras
Cronograma Geral da obra	Coordenador de Contratos

Fonte: do autor

3.2.1 Descrição da obra

O empreendimento estudado é a ampliação de uma indústria de painéis de MDF (fibras de madeira de média densidade) e MDP (partículas de madeira de média densidade) em Ponta Grossa – Paraná e a empresa responsável pelo fornecimento e montagem das estruturas metálicas foi a Brafer Construções Metálicas S/A. Este projeto abrange o fornecimento e montagem de 3 torres pesando aproximadamente 480 toneladas. A Figura 23 localiza a área de intervenção de cada torre.



Figura 23 – Imagem aérea da indústria e indicação da área de intervenção

Fonte: adaptado de Google Maps

A modelagem da estrutura foi realizada pela própria Brafer durante a execução do empreendimento utilizando o *software* Tekla Structures.

3.2.2 Relatório de montagem do sistema PCP

A empresa Brafer tem como procedimento interno a alimentação de um sistema PCP, o qual é utilizado em toda a empresa. A equipe de montagem inseriu os dados de montagem dentro deste sistema, tais como TAGs (identificação da peça) e datas.

3.2.3 Modelos 3D

A Brafer forneceu ao pesquisador um modelo 3D não paramétrico contendo as estruturas metálicas (modelo básico), equipamentos a serem instalados e instalações presentes no canteiro, todos locados corretamente. Este modelo foi carregado temporariamente no Autodesk Navisworks Manage 2014 para servir como base na locação dos modelos BIM 3D produzidos pela Brafer Construções Metálicas S/A, para realizar a correta locação das torres, como mostrado na Figura 24.

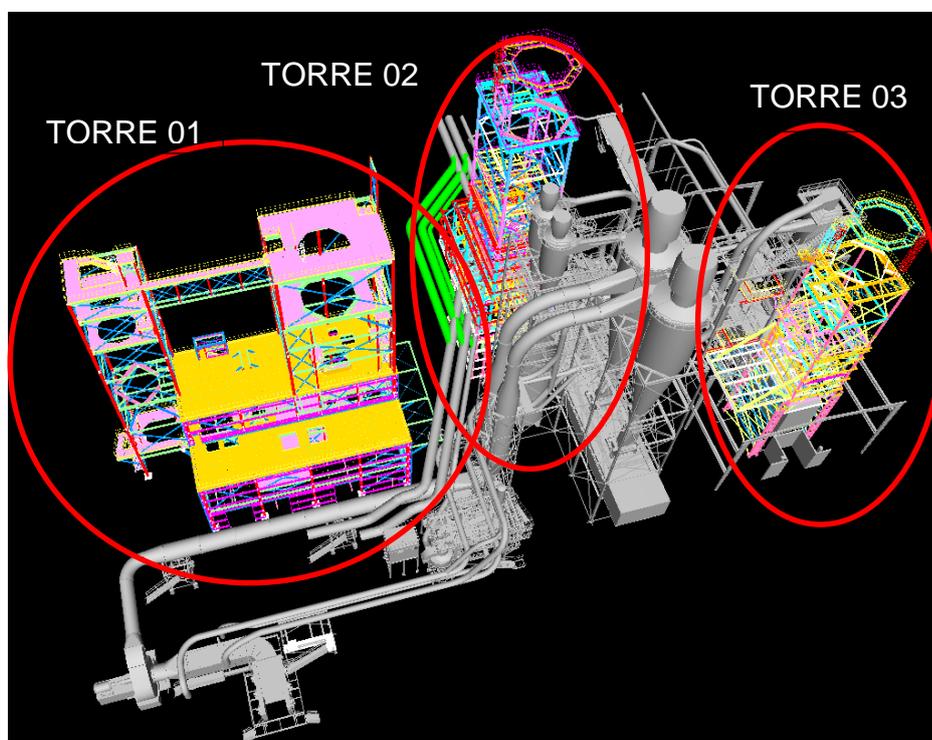


Figura 24 – Modelos carregados e locados no Autodesk Navisworks Manage 2014

Fonte: do autor

3.2.4 Diários de obra

Os diários de obra são documentos registrados em planilhas eletrônicas no formato de arquivo .xlsx e editados através do *software* Microsoft Excel. Estes documentos têm como finalidade registrar o dia de trabalho com as seguintes informações:

- Controle de efetivo;
- Horário de trabalho;
- Condições Meteorológicas;
- Descrição dos serviços executados;
- Registro das principais ocorrências.

Foram fornecidos pela empresa 170 arquivos de diários de obra, cada um representando um dia de obra. No Anexo B um exemplo de diário de obra é demonstrado.

3.2.5 Relatórios de montagem externa

São documentos internos na empresa com a finalidade de acompanhamento por parte da gerência de obras da Brafer. Neste formulário são registradas informações, semanalmente, relativas à:

- Controle de efetivo;
- Horas de trabalho x homem, por dia;
- Descrição dos serviços executados;
- Peso total montado na semana;
- Equipamentos e horas de trabalho;
- Romaneio das cargas recebidas na semana;
- Observações.

Um modelo do relatório de montagem externa é apresentado no Anexo C.

3.3 Compilação de dados

3.3.1 Softwares envolvidos

A elaboração deste trabalho contou com a utilização dos *softwares* listados no Quadro 5. Esta tabela justifica a utilização dos mesmos.

Quadro 5 – Softwares envolvidos

Software	Justificativa
AUTODESK NAVISWORKS MANAGE 2014 EDUCACIONAL VERSION	O <i>software</i> apresenta todas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do atual trabalho, tais como simulação 4D, possibilidade de criar <i>sets</i> de seleções, importar e exportar modelos em diversos formatos, possibilidade de importar/exportar cronogramas e conectá-los ao modelo, além de exportar listas de quantitativos. Outro ponto importante foi a disponibilidade de licenças gratuitas para estudantes.
GOOGLE SKETCHUP	<i>Software</i> utilizado para importar modelos 3D não paramétricos da biblioteca virtual <i>online</i> . Estes modelos representam os equipamentos do canteiro de obra, tais como guindastes.

Fonte: do autor

3.3.2 Sequência de execução baseada nas informações da obra

Os documentos fornecidos pela Brafer serviram como fonte de dados para obter a sequência de montagem realizada na obra objeto de estudo. A junção de todos os dados permite visualizar no Autodesk Navisworks Manage 2014 a completa sequência de montagem. Os documentos verificados foram:

- Relatório do sistema PCP conectado ao modelo BIM (análise BIM 4D);
- Diário de obra isoladamente;
- Relatório de montagem externa isoladamente;
- Compilação dos 3 documentos anteriores para obtenção da sequência de montagem realizada em BIM 4D (real executada), tendo como base os diários de obra no caso de conflitos.

3.3.2.1 Relatório do sistema PCP conectado ao modelo BIM

Foram compilados os dados provenientes do sistema PCP em conjunto com o modelo BIM 3D das torres, sendo que para cada peça listada no relatório havia uma data de montagem atribuída a mesma.

O processo de inserção e verificação das informações de datas no Autodesk Navisworks Manage 2014 ocorreu pela criação de *Sets* de seleção. Para cada dia de obra lançada no PCP, existe uma seleção correspondente no Autodesk Navisworks Manage 2014, exemplificado na Figura 25. Os parâmetros de pesquisa utilizados neste trabalho dentro do recurso *Find Items* do Autodesk Navisworks Manage 2014 e um caso de busca são exemplificados na Figura 26.

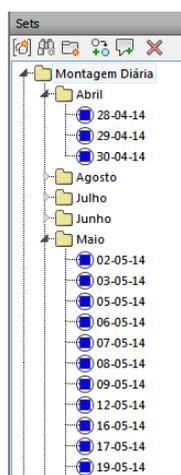


Figura 25 – Sets de seleção

Fonte: do autor

Category	Property	Condition	Value
* + Tekla Common	Assembly mark	Contains	3V-157A
* + Tekla Common	Assembly mark	Contains	3V-157B
* + Tekla Common	Assembly mark	Contains	3V-173A
* <input type="text"/>			

Figura 26 – Exemplo de busca e parâmetros

Fonte: do autor

Utilizando a ferramenta de importação e exportação do Autodesk Navisworks Manage 2014, seleções de peças foram realizadas. A partir disto, foi desenvolvida uma macro para Excel pelo pesquisador, que permite gerar arquivos .xml com a

configuração de busca com as TAGs desejadas, processo que está ilustrado no diagrama da Figura 27. O Quadro 6 explica os parâmetros de pesquisa.

Quadro 6 – Parâmetros de pesquisa

Parâmetro	Explicação	Parâmetro selecionado
<i>Category</i> (Categoria)	As informações no arquivo .ifc estão divididas em diversas categorias, sendo necessário indicar em qual categoria a informação está armazenada.	Tekla Common
<i>Property</i> (Propriedade)	Dentro das categorias estão algumas das propriedades dos objetos, sendo necessário indicar em qual propriedade a informação está.	Assembly Mark (TAG)
<i>Condition</i> (Condição)	É o operador de condição da pesquisa. Sendo eles: igual; não igual; Contem; Wildcard; Definido; Indefinido. A explicação para cada operador é encontrada no manual do <i>software</i> .	Contains (Contem)
<i>Value</i> (Valor)	O valor a ser procurado	TAGs (uma por linha)

Fonte: do autor



Figura 27 – Processo para criar os Sets de seleção

Fonte: do autor

Após a alimentação, a ferramenta *TimeLiner* do software Autodesk Navisworks Manage 2014 foi utilizada para criar a simulação da sequência construtiva utilizando os *sets* das TAGs agrupadas por data. Esta simulação inicia na data 28/04/14 e termina em 03/09/2014. O Apêndice A apresenta a simulação através de imagens geradas em diferentes datas.

3.3.2.2 Diário de obra

Desejando ter uma visão geral dos diários em apenas uma planilha, desenvolveu-se uma macro para Excel capaz de abrir todos os diários de obra e registrar em uma única planilha as informações relativas a efetivo, serviços executados e principais ocorrências. Os dados relacionados aos serviços executados foram utilizados para a elaboração de um relatório indicando atividades e respectivas datas de execução, que será chamado de sequência de montagem baseada nos diários de obra, apresentado no Apêndice B deste trabalho.

3.3.2.3 Relatório de montagem externa

Assim como com os diários de obra, os relatórios de montagem externa foram lançados em uma planilha com o auxílio de macro para Excel e a sequência de montagem baseada nos relatórios de montagem externa foi elaborada, sendo apresentada no Apêndice B.

3.3.2.4 Compilação dos dados anteriores para obtenção da sequência de montagem realizada em BIM 4D

Os diários de obra, relatórios de montagem externa e relatório do sistema PCP, juntamente do modelo BIM compreendem esta compilação. Utilizando as sequências elaboradas nas análises anteriores e com auxílio do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014, a sequência construtiva baseada em todas as informações da obra foi elaborada em BIM 4D. Nos conflitos encontrados, foram adotados os dados presentes nos diários de obra na composição da sequência construtiva. Esta sequência é apresentada no Apêndice B em forma de tabela e em sequência de imagens da simulação nos resultados deste trabalho.

3.4 Elaboração do planejamento de montagem BIM 4D a partir de um modelo 3D paramétrico

O planejamento de montagem deste trabalho seguiu o roteiro proposto por Gehbauer *et al* (2002) na Figura 15, utilizando a ferramenta de planejamento BIM 4D do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014. A metodologia aplicada está dividida em subgrupos apresentados nos itens a seguir.

3.4.1 Estruturação do projeto e planejamento dos métodos

A execução da montagem se dá pela utilização de plataformas de trabalho aéreo (PTA), guindastes, caminhões muncks, montadores e auxiliares, além da mão-de-obra indireta tais como engenheiros, estagiários, técnicos de segurança, etc.

As datas de início e fim neste trabalho são as propostas pelo contratante no cronograma geral da obra, sendo 22/04/2014 a data de início e 25/08/2014 o término da montagem. É importante ressaltar que há uma tubulação existente no local de montagem da torre 02, que posteriormente será remontada contornando a torre, como mostra a Figura 28. Nesta figura, a tubulação em verde mostra a nova estrutura que substituirá a tubulação no meio da estrutura. No planejamento realizado neste trabalho não foi possível determinar quando esta tubulação foi efetivamente desmontada, então considerou-se que no dia 19/05/2014, conforme previsto em cronograma, a área da torre 02 estará desobstruída para a montagem.

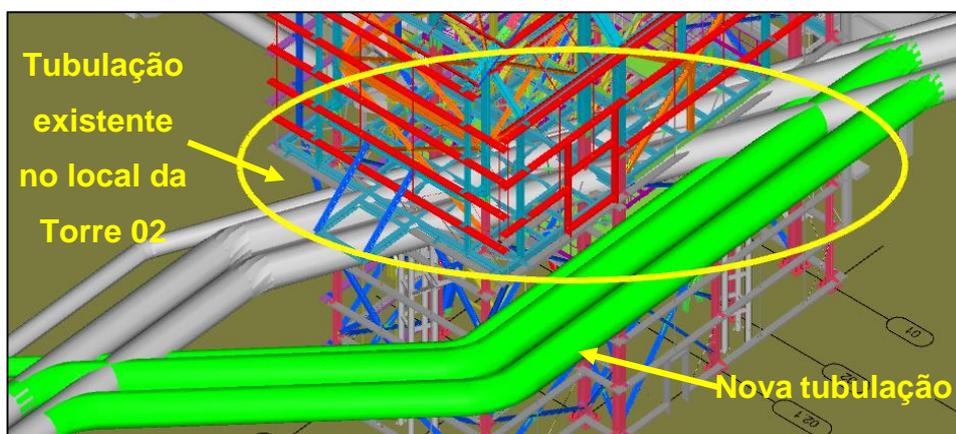


Figura 28 – Tubulação na Torre 02

Fonte: do autor

A EAP deste trabalho foi estruturada em 3 níveis, sendo eles e seus prefixos, “xx” representando um número sequencial:

- 1 – Torre (01, 02 ou 03);
- 2 – Pré-montagem (PM) ou Montagem (M);
- 3 – Atividades (T-xx).

3.4.2 Definição das atividades e do processo de execução

Esta etapa do trabalho representa a definição das tarefas de montagem das estruturas. Para isso foram definidos dois grupos de atividades: Pré-montagem e Montagem. Para a nomenclatura dos grupos, as seguintes considerações são necessárias:

- Elevação: conjunto de peças que compõem uma estrutura posicionada na horizontal, exemplificada na Figura 29b.

- Pórtico: conjunto de peças que compõem uma estrutura posicionada na vertical, exemplificada na Figura 29a.

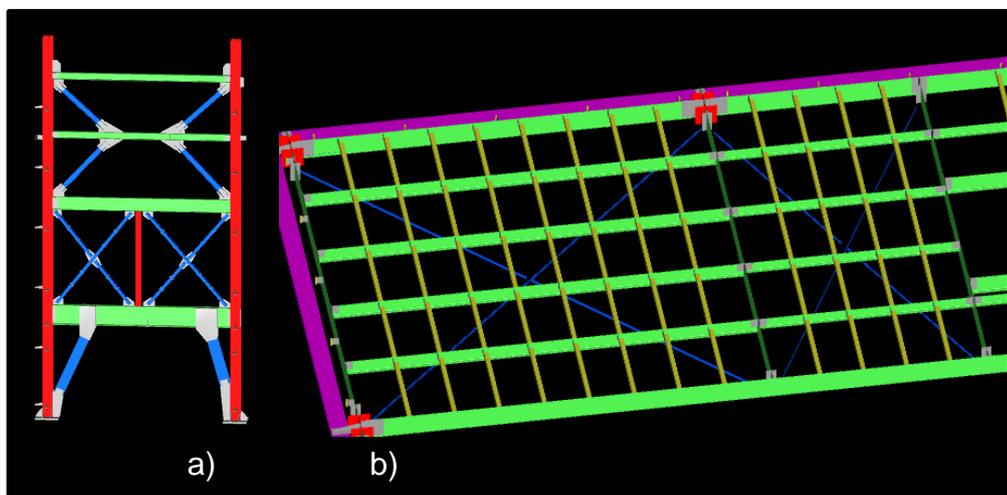


Figura 29 – Exemplo de a) Pórtico e b) Elevação

Fonte: do autor

As atividades de pré-montagem são necessárias para prover maior segurança a equipe de montagem, além de maior velocidade. Os grupos foram criados com o intuito de ter o maior número de pré-montagens possíveis, diminuindo o içamento e montagem de peças soltas. As atividades de torqueamento das

estruturas já estão inseridas dentro da etapa de pré-montagem (para peças dentro do grupo) e na montagem (para peças soltas e ligações de grupos).

A criação dos grupos ocorreu dentro do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014, analisando o modelo BIM e buscando formar grupos com pouca complexidade de encaixe durante a montagem. Estes grupos foram salvos no *software* e criadas as atividades na EAP. Foram criados grupos com o mesmo nome das atividades da EAP para garantir que o recurso de rápida conexão do planejamento ao modelo pudesse ser utilizado.

3.4.3 Índices de montagem

Foram adotados neste trabalho os índices de montagem apresentados no Quadro 7 com as seguintes considerações:

- a) Almeida (2009) apresenta um índice de montagem de 30 Hh/t para estruturas acima de 20 toneladas e 70 Hh/t para estruturas entre 5 e 20 toneladas. As torres do estudo de caso, como um todo são classificadas como pesadas, porém, elas são estruturas compostas por ligações complexas e parte das peças são pequenas e leves. Por este motivo e juntamente com a existência de pré-montagem, foi adotado um índice de montagem de 50 Hh/t nas estruturas gerais;
- b) Os índices de montagem de chapa de piso adotados são os números apresentados por Fernandes (2013), uma vez que Almeida (2009) não apresenta estes índices;
- c) Os índices de montagem de guarda-corpo adotados são os números apresentados por Almeida (2009) no item de corrimão;
- d) O índice de montagem das escadas adotado é o número apresentado por Fernandes (2013);
- e) Por ser um planejamento simplificado de montagem de estruturas metálicas não foram levantados índices de montagem para dimensionamento dos guindastes. Portanto, apenas os índices de montagem para mão-de-obra foram utilizados para a elaboração do planejamento simplificado.

Quadro 7 – Índices de montagem adotados

Tipo de estrutura	Hh/t adotado
Estrutura Geral	50
Chapa de piso	50
Guarda-Corpo	180
Escadas	160

Fonte: do autor

3.4.4 Estimativa da duração das atividades e recursos necessários

Para o cálculo da duração das atividades, a Equação 2, escrita por Gehbauer *et al* (2012) foi utilizada como demonstrado na Equação 5. Para isso, algumas considerações são feitas:

- a) A duração das atividades está definida em dias com precisão de 2 casas decimais devido à curta duração das atividades;
- b) Foi adotado que os índices de montagem representam o tempo necessário para pré-montar, montar e torquar (aplicar torque nos parafusos) a estrutura. Para não haver tarefas de montagem com duração igual a zero, adotou-se que dentre o tempo total dedicado na tarefa, 0,25 dia será o tempo dedicado à montagem. Em tarefas cuja duração total é menor do que 0,25 dia, está considerado metade do tempo para pré-montagem e metade para montagem;
- c) O dimensionamento considera uma mão-de-obra direta de 20 homens, para que se pudesse comparar com a real execução da obra (média de 20 homens). Não foram considerados equipamentos para a composição da duração das atividades, sendo o tempo dimensionado exclusivamente calculado considerando apenas a mão-de-obra;
- d) A jornada de trabalho é de segunda-feira a sexta-feira, com duração de 8 horas por dia;
- e) Não há equipes trabalhando simultaneamente, seja durante a pré-montagem ou durante a montagem;
- f) Não foi considerado montagem simultânea das torres.

A obtenção dos pesos de cada atividade foi realizada através da ferramenta *Quantification Workbook* do software Autodesk Navisworks Manage 2014.

$$DA[d] = \frac{50 \times 8,12}{20 \times 8} \quad (5)$$

$$DA[d] = 2,54 \text{ dias}$$

Tempo dedicado a pré-montagem: 2,29 dias

Tempo dedicado à montagem: 0,25 dia

Ressalta-se que neste trabalho não foi realizada a definição dos equipamentos necessários para a execução da montagem. Todos os equipamentos presentes nas simulações são para fins de animação.

3.5 Comparação qualitativa do processo tradicional de planejamento com um processo agregando o BIM 4D

Cumprindo o objetivo específico de comparar o processo de planejamento tradicional com um processo agregando o BIM 4D, alguns pontos foram analisados qualitativamente, levantando ganhos e perdas, sendo eles:

- Controle das atividades;
- Precisão de planejamento;
- Seleção e extração de informações;
- Identificação de pontos críticos;
- Nível de complexidade na elaboração do planejamento;
- Recursos.

Em paralelo ao desenvolvimento deste trabalho, desejou-se verificar se a confiabilidade dos pesos extraídos do modelo 3D paramétrico. Para isso, exportou-se o peso de alguns *Sets* de seleção para uma planilha eletrônica e para cada peça exportada, procurou-se o peso correspondente nos relatórios do Sistema PCP da empresa Brafer. Os mesmos *Sets* foram inseridos na ferramenta *Quantification Workbook* do Autodesk Navisworks Manage 2014, o qual calculou o peso de cada grupo, peça a peça. No Apêndice D está a tabela comparando os pesos de cada grupo.

Também foram extraídas algumas peças manualmente pelo modelo, para verificar se há diferença entre os métodos de obtenção de quantitativo. Os pesos das peças extraídas manualmente foram obtidos através dos relatórios do Sistema PCP e a análise está apresentada nos resultados deste trabalho.

3.6 Simulação da real execução da obra

Simulou-se a real execução da obra, a fim de identificar potenciais falhas na fase de montagem e oportunidades de melhoria nos processos da empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Sequência de execução baseada nas informações da obra

Observou-se durante a compilação dos dados do sistema PCP dentro do Autodesk Navisworks Manage 2014 que os dados foram alimentados até o dia 03/09/2014 e que após ocultar os sets de seleção criados, nem todas as TAGs foram selecionadas, ilustradas na Figura 30.



Figura 30 – Peças sem data atribuída no relatório do sistema PCP

Fonte: do autor

Com isso, uma análise feita apenas dos dados deste relatório se torna insatisfatória ao objetivo deste trabalho. Porém, a integração do modelo BIM 3D com dados de todos relatórios através do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014 foi fundamental para o entendimento da execução da obra, pois se trata de uma estrutura complexa.

A união da sequência de montagem baseada em todas as informações da obra (tabela apresentada no Apêndice B) com o modelo 3D paramétrico gerou a visualização sequência construtiva baseada nas informações da obra em BIM 4D. Esta união permitiu um melhor entendimento de como a obra foi executada, através

da visualização dinâmica do modelo BIM 4D, cujas relações entre atividades ficaram mais claras. A sequência de imagens da Figura 31 demonstra a simulação do modelo BIM 4D.

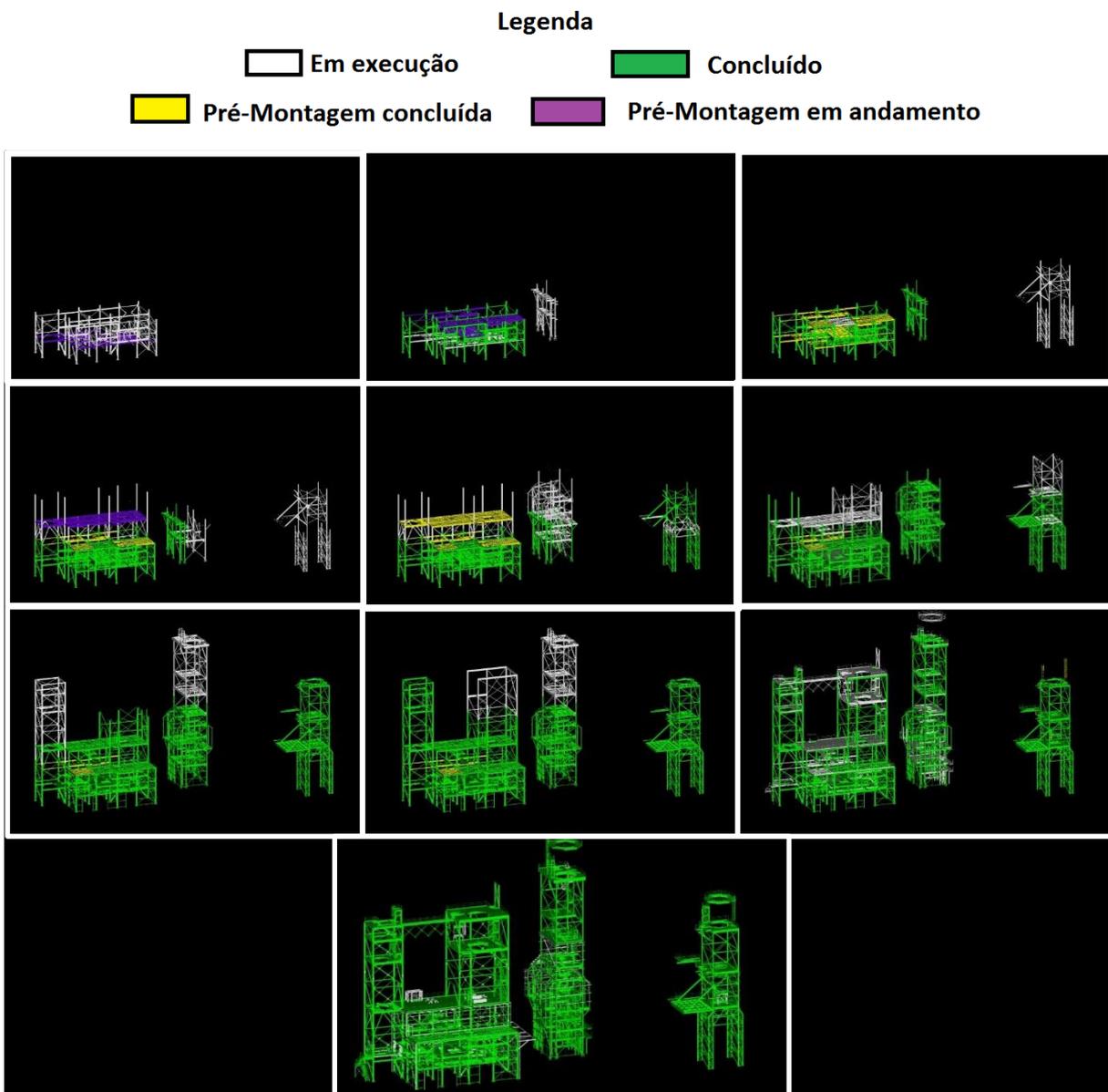


Figura 31 – Simulação da sequência construtiva baseada em todas as informações da obra

Fonte: do autor

Esta simulação evidencia que o BIM 4D pode ser utilizado mesmo quando não há planejamento mas deseja-se realizar controle da obra. Este controle através do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014 mostrou-se simples e eficaz quando se deseja elaborar relatórios.

4.2 Elaboração do planejamento de montagem BIM 4D a partir de um modelo 3D paramétrico

Como etapa final do planejamento BIM 4D, uma simulação da montagem da obra foi gerada. Essa simulação é resultado da conexão do modelo 3D paramétrico com o planejamento desta obra, o qual está retratado na sequência de imagens da Figura 33. Este planejamento é compreensível por qualquer pessoa, uma vez que há a possibilidade de visualização e percepção das relações entre atividades, o que não é evidente através de um diagrama de barras ou cronograma na forma de tabela. Informações podem ser exibidas durante a simulação do planejamento, tais como data, dias de obra, semanas transcorridas, porcentagens das etapas e do projeto, etc. A Figura 32 exemplifica as informações escolhidas para serem exibidas durante a simulação deste trabalho.



Figura 32 – Informações apresentadas durante uma simulação

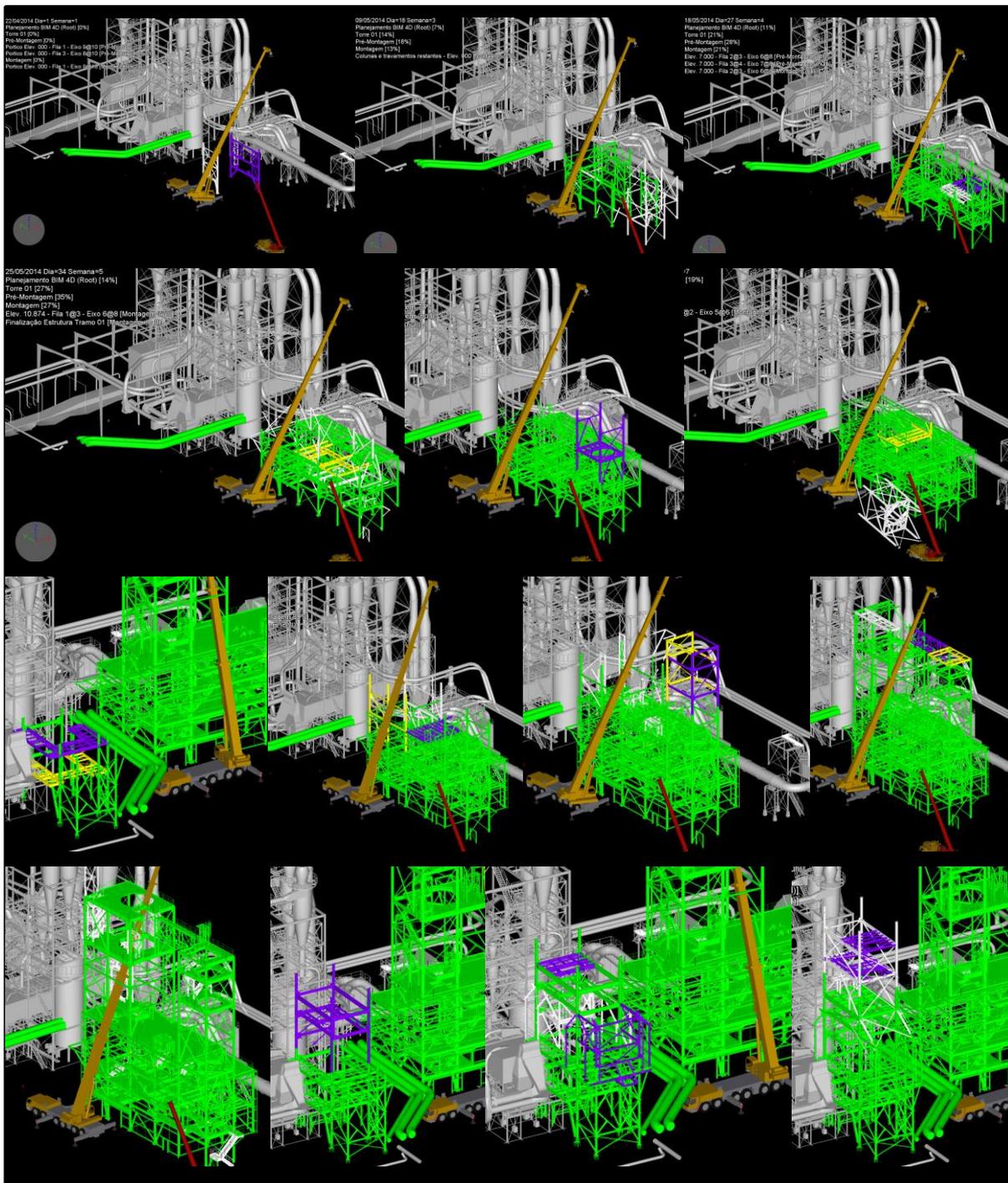
Fonte: do autor

Este trabalho não recebeu modelos suficientes de todas as instalações físicas presentes no canteiro (escritórios, vias), então este está parcialmente detalhado. O posicionamento dos equipamentos móveis (guindastes) deste trabalho foi realizado apenas para fins de animação, não refletindo o local do mesmo durante as montagens.

Entretanto, além de visualizar as estruturas das torres e das instalações existentes, acredita-se que com um modelo mais completo (totalidade do canteiro) é possível determinar áreas de pré-montagem, posicionamento de equipamentos pesados, visualização de pontos críticos, simulações de planos de *rigging*, e dimensionamento da logística do canteiro.

Legenda

- Em execução
- Concluído
- Pré-Montagem concluída
- Pré-Montagem em andamento



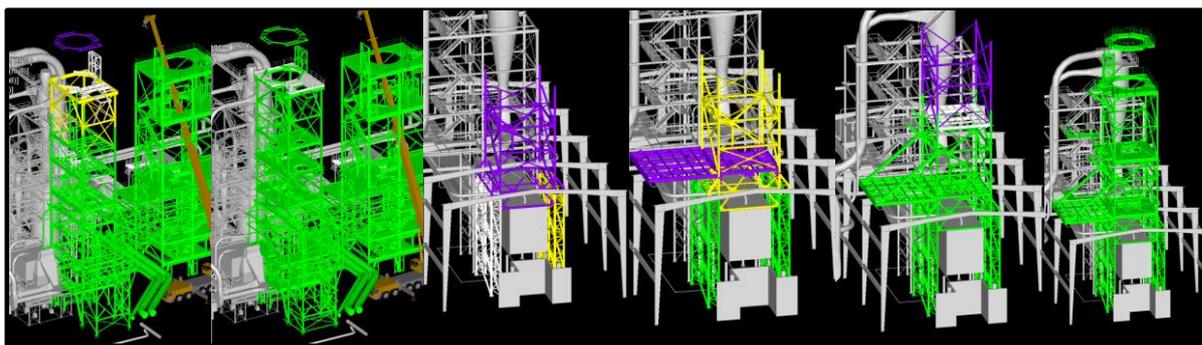


Figura 33 – Sequência de imagens da simulação do planejamento BIM 4D elaborado pelo autor

Fonte: do autor

O cronograma apresentado na forma de simulação permite visualizar as informações abaixo:

- Data, dia e semana de montagem;
- Percentual concluído de cada atividade e projeto;
- Atividades sendo executadas nas datas, além das subsequentes (dia seguinte);
- Atividades em pré-montagem, pré-montadas (aguardando montagem), em andamento de montagem e concluídas;
- Posicionamento das estruturas e a relações entre as mesmas;
- *Layout* do canteiro de obras.

Novas simulações podem e devem ser realizadas a partir do planejamento BIM 4D, para otimização das equipes de trabalho, subdividindo-as para ter frentes de trabalho simultâneas, análise do espaço físico e dimensionamento de equipamentos.

A utilização de novas simulações pode permitir ao planejador “enxergar” novas formas de montar a estrutura, uma vez que o cronograma está conectado ao modelo, permitindo a visualização do que foi planejado. Também é possível visualizar quais atividades estão ocorrendo simultaneamente, facilitando tomadas de decisões.

Como este trabalho não considerou atividades simultâneas, tornou-se necessário verificar se todos os predecessores estavam corretamente definidos. Utilizando a simulação como ferramenta de verificação, foi analisado dia a dia de obra e constatado que não havia duas ou mais atividades ocorrendo. Quando foram encontradas atividades paralelas, o cronograma foi ajustado e a simulação executada novamente.

4.3 Comparação qualitativa do processo tradicional de planejamento com um processo agregando o BIM 4D

4.3.1 Controle de atividades

Pelo método tradicional de planejamento, o controle das atividades é realizado através de planilhas de controle, atualização na porcentagem concluída dentro do cronograma e no caso da empresa Brafer, pelo sistema PCP. A Figura 34a exemplifica a área de trabalho em um planejamento convencional e a Figura 34b demonstra a área de trabalho em um planejamento utilizando BIM, estando centralizada dentro do *software* Autodesk Navisworks Manage 2014 todas as informações necessárias. O controle é feito inserindo as datas de início e término da atividade em campo específico da ferramenta *TimeLiner*, como destaca a Figura 35. Assim, ao rodar a simulação, atividades adiantadas ou atrasadas serão destacadas de acordo com a configuração pré-estabelecida. No exemplo da Figura 36, adotou-se a cor vermelha para demonstrar que tal atividade está adiantada/atrasada.

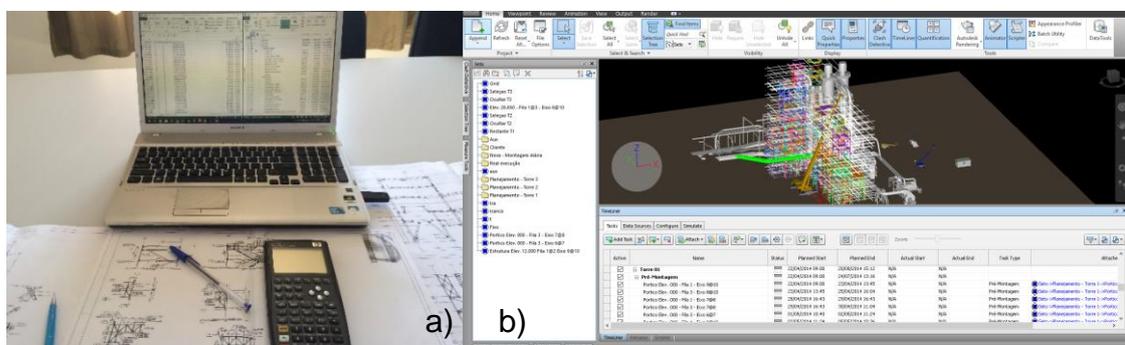


Figura 34 – a) Área de trabalho no planejamento convencional e b) utilizando BIM

Fonte: do autor

Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type	Attached
<input checked="" type="checkbox"/>	Portico Elev. 000 - Fila 3 - Exco 6@7		02/05/2014 11:24	02/05/2014 14:24	N/A	N/A	Montagem	↳Sets->Planejamento - Torre 1->Portico Elev. 000 - Fila 3 - Exco 6@7
<input checked="" type="checkbox"/>	Portico Elev. 000 - Fila 4 - Exco 9@10		05/05/2014 10:36	05/05/2014 13:36	N/A	N/A	Montagem	↳Sets->Planejamento - Torre 1->Portico Elev. 000 - Fila 4 - Exco 9@10
<input checked="" type="checkbox"/>	Travamento Exco 10 - Fila 3@4		05/05/2014 13:36	06/05/2014 09:57	N/A	N/A	Montagem	↳Sets->Planejamento - Torre 1->Travamento Exco 10 - Fila 3@4
<input checked="" type="checkbox"/>	Colunas e travamentos restantes - Elev. 000		06/05/2014 09:57	12/05/2014 16:04	N/A	N/A	Montagem	↳Sets->Planejamento - Torre 1->Colunas e travamentos restantes - El...
<input checked="" type="checkbox"/>	Elev. 3.634 - Fila 1@3 - Exco 9@10		14/05/2014 09:33	14/05/2014 11:33	N/A	N/A	Montagem	↳Sets->Planejamento - Torre 1->Elev. 3.634 - Fila 1@3 - Exco 9@10
<input checked="" type="checkbox"/>	Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Exco 9@9		14/05/2014 11:33	14/05/2014 14:33	N/A	N/A	Montagem	↳Sets->Planejamento - Torre 1->Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Exco 9@9
<input checked="" type="checkbox"/>	Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Exco 7@8		14/05/2014 14:33	14/05/2014 16:33	N/A	N/A	Montagem	↳Sets->Planejamento - Torre 1->Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Exco 7@8
<input checked="" type="checkbox"/>	Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Exco 6@7		14/05/2014 16:33	14/05/2014 19:33	N/A	N/A	Montagem	↳Sets->Planejamento - Torre 1->Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Exco 6@7

Figura 35 – Controle de atividades utilizando a ferramenta *TimeLiner*

Fonte: do autor



Figura 36 – Visualizando das atividades atrasadas/adiantadas no Autodesk Navisworks Manage 2014

Fonte: do autor

No caso de estruturas metálicas em BIM 4D, outra maneira de controle seria duplicar o planejamento elaborado e vinculando sets de seleções contendo as estruturas já montadas ao invés da atividade completa. Especificando para a metodologia de trabalho da Brafer, o Autodesk Navisworks Manage 2014 permite a comunicação bidirecional das informações entre modelo e PCP, eximindo atividade humana e manual (lançamento peça a peça). O controle pode ser feito de forma visual, sendo possível alimentar relatórios com informações extraídas do Autodesk Navisworks Manage 2014.

4.3.2 Precisão de planejamento

A precisão de planejamento pôde ser mensurada através do levantamento dos pesos de cada atividade. Enquanto no método tradicional de planejamento o quantitativo é obtido por processos manuais utilizando desenhos 2D impressos, calculadora e planilhas, planejamento de obras em BIM contam com recursos computacionais como o *Quantification Workbook* do Autodesk Navisworks Manage 2014.

A seleção de informações neste trabalho com apoio do BIM foi realizada utilizando o recurso *Find Items* do software Autodesk Navisworks Manage 2014, cujos elementos foram selecionados e salvos em *Sets* de seleções. O software também permite a exportação dos elementos selecionados, cabendo ao usuário definir as

propriedades de interesse. Desta forma, as listas de informações podem ser manipuladas em sistemas (casos avançados) ou já estão disponíveis ao usuário.

A precisão do planejamento com recursos BIM 4D depende do nível de detalhe do modelo 3D paramétrico e da necessidade de detalhamento. Para fins de medição, uma EAP detalhada facilita o acompanhamento da obra, e devido a possibilidade de visualizar os objetos que cada item representa através do Autodesk Navisworks Manage 2014, interpretações diferentes pelos profissionais são evitadas.

A análise da precisão de exportação dos pesos resultou no quadro presente no Apêndice D. O Quadro 8 representa parte desta análise, onde 5 grupos foram selecionados aleatoriamente e foram extraídos seus quantitativos por: (a) *Quantification Workbook*; (b) ferramenta de exportação do Autodesk Navisworks Manage 2014 e obtenção dos pesos pelo sistema PCP; e (c) extração manual com obtenção dos pesos pelo sistema PCP. Esta análise teve por finalidade comparar os 3 métodos de extração e atestar que o *software* é confiável em seu quantitativo.

Quadro 8 – Comparativo entre métodos de extrações de quantitativo

Item	Peso Modelo [Kg]	Peso PCP [Kg]	Extração Manual [Kg]	Diferença Modelo - PCP		Diferença Modelo - Manual	
				[Kg]	[%]	[Kg]	[%]
Elev. 10.874 - Fila 3@4 - Eixo 6@8	4.024,87	3.985,13	4.042,53	39,74	0,99%	17,66	0,44%
Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Eixo 7@8	645,05	642,16	580,28	2,89	0,45%	64,77	10,04%
Elev. 7.000 - Fila 3@4 - Eixo 7@8	2.812,28	2.817,60	2.631,69	5,32	0,19%	180,59	6,42%
Portico Elev. 000 - Fila 4 - Eixo 9@10	3.680,29	3.761,46	3.988,81	81,17	2,21%	308,52	8,38%
Portico Elev. 24.000 - Fila 1@3 - Eixo 8@10	12.785,03	12.824,56	12.598,58	39,53	0,31%	186,45	1,46%

Fonte: do autor

Notou-se uma diferença pequena entre os métodos de exportação pelo *Quantification Workbook* e a ferramenta de exportação do Autodesk Navisworks Manage 2014. Esta diferença é justificada pelos diferentes métodos de cálculo de peso através *software* e Sistema PCP da Brafer. Outro motivo é que o Sistema PCP desconsidera a existência de furos, já o *software* não. A disparidade entre o peso obtido pelo modelo e a extração manual está justificada pelo nível de detalhamento do modelo. Ao selecionar as peças, pequenos componentes de outras peças (chapas de ligação, arranques) foram acidentalmente selecionadas, ou não, somando/subtraindo peso quando comparado ao quantitativo obtido pelo *Quantification Workbook*. Também na seleção manual é comum não computar o peso de chapas soltas e pequenas peças.

Também se identificou pelo Autodesk Navisworks Manage 2014 quais atividades estão ocorrendo simultaneamente em determinada data pela simulação do

cronograma (Figura 37b). Esta simulação pode ser parada em qualquer dia e verificado quais atividades estão ativas. No método tradicional, pela leitura do gráfico de Gantt é feita a identificação de quais atividades estão na mesma data (Figura 37a).

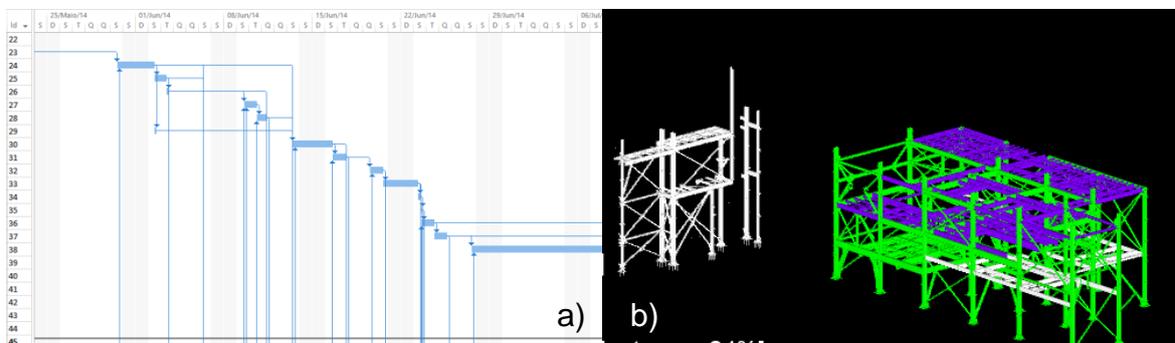


Figura 37 – a) Verificação das atividades pelo a) Gráfico de Gantt e; b) simulação BIM 4D

Fonte: do autor

Estudo mais aprofundado, como por exemplo gestão de equipamentos pode proporcionar um melhor aproveitamento dos guindastes, o que não foi realizado neste trabalho.

4.3.3 Seleção e extração de informações

A seleção e identificação de elementos no modelo pelo Autodesk Navisworks Manage 2014 é de fácil uso e rápida aplicação. Se o planejador conhecer a estruturação das propriedades do modelo paramétrico, as buscas podem ser realizadas e salvas em pouco tempo. Todo item salvo dentro de *sets* pode ter suas informações exportadas para a alimentação de relatórios, eximindo o erro humano.

O uso do *Quantification Workbook* acelera e torna mais confiável o levantamento de materiais e pesos. Isso porque todos os objetos são paramétricos e possuem gravados em suas propriedades tais parâmetros. Dentro dos grupos da ferramenta, quantitativos estão acessíveis rapidamente no Autodesk Navisworks Manage 2014 e podem ser exportados para planilhas. Vale ressaltar que o uso desta ferramenta depende de uma pré-configuração no *software* que fará o mesmo procurar as informações no local correto.

4.3.4 Identificação de pontos críticos

Pontos críticos relacionados ao espaço físico do canteiro podem ser estudados em BIM. A junção de modelos e informações no Autodesk Navisworks Manage 2014 possibilita o estudo do espaço de manobra dos guindastes, permitindo um melhor dimensionamento do mesmo. A Figura 38 destaca em amarelo o alcance de um guindaste de capacidade 70 toneladas posicionado ao lado da torre 01. Nota-se que é possível analisar de forma rápida e visual o posicionamento do equipamento.

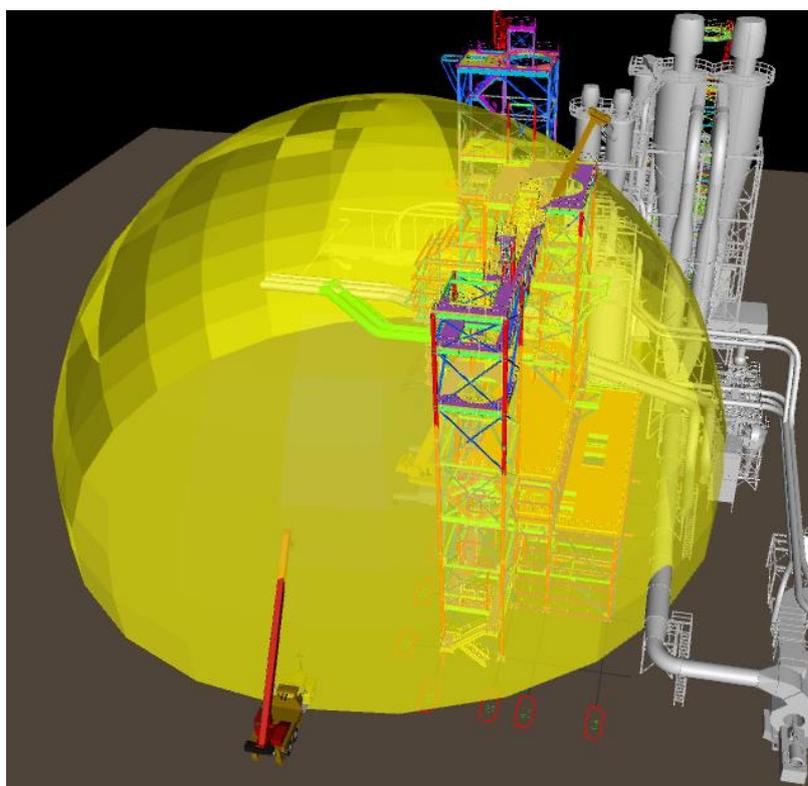


Figura 38 – Alcance de um guindaste de capacidade 70 toneladas

Fonte: do autor

Com um modelo mais completo, seria possível perceber no planejamento BIM 4D que há pouca área disponível para posicionamento dos equipamentos de montagem, retratada pela imagem da Figura 39, e que o dimensionamento da logística seria de suma importância para evitar bloqueio do acesso de pessoal e maquinário. Logo, tendo todas as instalações modeladas, acredita-se que os equipamentos poderiam ser melhor aproveitados e incertezas diminuídas.



Figura 39 – Área livre ao lado da torre 01

Fonte: do autor

4.3.5 Complexidade na elaboração do planejamento

Quanto à complexidade na utilização das ferramentas BIM 4D para elaborar planejamentos, observou-se que não há agravo de dificuldade, tão somente o treinamento do profissional. Notou-se que dependendo do nível de detalhamento de um projeto, há o emprego de maior tempo nas redefinições do cronograma (quando há a criação de novos *sets* de elementos por exemplo), comparativamente a simples alteração no gráfico de Gantt.

4.3.6 Recursos

Observou-se que não há aumento no número de pessoas envolvidas na elaboração de um planejamento empregando a ferramenta BIM, porém, há necessidade de treinamento do profissional. A utilização dos *softwares* BIM não exige a experiência de um profissional, nem resolve as situações em que a tomada de decisão é necessária.

A implementação do BIM em uma empresa requer investimento financeiro. Atualmente os *softwares* BIM são caros e exigem que haja computadores com alto poder de processamento. Também há necessidade de investimento em servidores para armazenar esses modelos (nuvem ou servidores internos) e infraestrutura (rede) de qualidade que garanta o envio/recebimento de dados estável.

4.3.7 Discussões sobre o comparativo

O quadro 9 apresenta um resumo de pontos positivos e negativos resultantes da comparação entre o processo de planejamento tradicional e um processo agregando o BIM 4D.

Quadro 9 – Comparativo: pontos positivos negativos de um processo agregando BIM 4D

Critério	Positivo	Negativo
Controle das atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Visual – Identificando facilmente atividades atrasadas/adiantadas; • Comunicação bidirecional entre relatórios e o modelo; • Concentração de dados em um único lugar (Projetos, quantitativos e especificações); • Comunicação entre profissionais envolvidos; • Controle da execução da obra facilitada; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não identificado.
Precisão de planejamento	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidades e especificações exatas (vide tabela comparativa no Apêndice D); • Entendimento do Gráfico de Gantt (%) pela visualização da atividade no modelo; • Possibilidade de dimensionamento e especificação de equipamentos (espaço físico do canteiro). 	<ul style="list-style-type: none"> • Não identificado.
Seleção e extração de informações	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso à quantidades, propriedades e especificações simultaneamente, sem necessidade de consulta à pranchas e documentos; • Extração de informações de forma automática e seleções através de filtros; • Organização de dados do planejamento (sets de elementos salvos e vinculados ao cronograma); • Elaboração de relatórios de forma automatizada (relação de peças) e alimentação de sistemas de forma bidirecional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não identificado.
Identificação de pontos críticos	<ul style="list-style-type: none"> • Percepção do espaço de trabalho dos guindastes; • Identificação de possíveis problemas de logística e bloqueio de acessos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não identificado.
Nível de complexidade na elaboração do planejamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não há agravo de complexidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não identificado.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Mesmo profissional com competências adicionais em BIM (ferramentas e conceitos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento em treinamentos; • Custos de implementação; • Custos com computadores; • Softwares caros; • Necessidade de servidor e rede estáveis e de qualidade.

Fonte: do autor

De modo geral o BIM traz vantagens e desvantagens, as quais devem ser ponderadas antes de sua implantação. Analisando o emprego do BIM em uma organização percebeu-se que a integração dos processos administrativos é possível, uma vez que a simulação do modelo demonstra pontos importantes e de fácil entendimento a diversos profissionais, além de permitir a geração de relatório mais precisos. A tomada de decisão se torna mais rápida, pois cenários são simulados em menos tempo, frente aos métodos tradicionais.

Dentre os pontos negativos, observou-se que os *softwares* são caros, e muitas vezes a interoperabilidade entre diferentes fabricantes é deficiente, podendo haver perda de dados. E o ponto mais importante analisado é que para poder haver planejamento ou controle em BIM, os processos anteriores já devem estar adaptados a esta metodologia, como por exemplo a etapa de projeto. A Figura 40 evidencia pontos positivos e negativos identificados no emprego do BIM.

Pontos Positivos

- Melhor controle
- Integração dos processos administrativos
- Ferramenta visual
- Seleção e extração de informações de forma rápida
- Integração com o gráfico de Gantt
- Concentração de dados em apenas uma fonte
- Melhor comunicação entre profissionais, permite processo colaborativo

Pontos Negativos

- Softwares caros
- Interoperabilidade entre *softwares* ainda deficiente
- Requer que os processos anteriores já utilizem BIM

Figura 40 – Pontos positivos e negativos

Fonte: do autor

4.4 Análise da real execução da obra

Durante a simulação da real execução da obra, foi possível verificar vários recursos exclusivos de um *software* para BIM 4D, como por exemplo a comunicação

entre relatórios e modelo, de forma bidirecional, controle de atividades baseando-se na simulação dia a dia com os dados do sistema PCP da Brafer.

Este estudo demonstra que é possível utilizar o BIM, mais especificamente o Autodesk Navisworks Manage 2014, como ferramenta de avaliação de performance das obras, verificando falhas e possíveis aprimoramentos dos processos. Como parte da análise da obra, foi constatado o índice médio de montagem de 54,25 Hh/t., estando próximo dos índices encontrados na literatura. Este número também é compatível com o índice médio de montagem do planejamento BIM 4D elaborado pelo pesquisador, cujo valor é 53,95 Hh/t., os quais possuem tempos de execução similares.

Pode-se dizer que os índices de montagem para estruturas metálicas são restritos e levantados pelas empresas especializadas. A obra deste estudo de caso apresentou índices de acordo com o encontrado na literatura. Vale ressaltar que a duração de pré-montagem de 2,29 dias com 20 colaboradores, da atividade PR-01-02 (Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 8@10) do planejamento BIM 4D elaborado pelo pesquisador. No modelo BIM, de forma visual, percebe-se que esta duração está alta, pois a estrutura aparenta ser simples de ser pré-montada em solo e posteriormente içada ao local. A Figura 41 ilustra o pórtico citado.

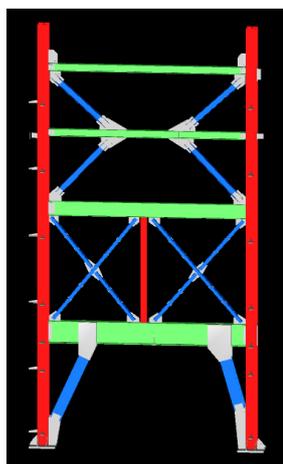


Figura 41 – Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 8@10

Fonte: do autor

O pesquisador teve participação em outra obra desta mesma empresa e constatou índices de montagem menores. A Figura 42 ilustra um *pipe-rack* pesando aproximadamente 8 toneladas que foi montado em 55 horas x homens. O índice de montagem desta estrutura foi de 6,9 Hh/t. Contudo, nota-se ser uma estrutura simples,

se comparada à estrutura da Figura 41. Diante disso, percebeu-se que os índices de montagem devem ser levantados para os diferentes tipos de estruturas, pelas próprias empresas, sendo utilizados na elaboração de cronogramas futuros.



Figura 42 – Montagem de estrutura acompanhada pelo autor

Fonte: do autor

Era desejado comparar a sequência construtiva baseada nas informações da obra com o planejamento elaborado neste trabalho em maior abrangência. Porém, devido aos diários de obra não relatarem problemas de logística, mas apenas situações corriqueiras da obra, não há parâmetros que tornem esta comparação possível. Outro motivo é a não elaboração do planejamento prévio, no qual muitas das comparações não teriam a fundamentação necessária. Também foi observado que algumas das ocorrências foram registradas de forma genérica, não sendo possível encontrar pontos onde a simulação BIM 4D detectaria falhas ou oportunidades de melhoria.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho concluiu, após elaborar um planejamento utilizando recursos BIM 4D, que este não substitui os conceitos tradicionais de planejamento, mas complementa-o com novas ferramentas de análise, garantindo um processo para extração de informações mais preciso, confiável e rápido. Esta ferramenta permite a simulação de diferentes cenários de construção, proporcionado ao planejador melhores planos de ataque e decisões mais rápidas. Acrescenta-se ainda maior acessibilidade às informações com atualizações sincronizadas entre escritório e canteiro, melhor rastreabilidade do controle da qualidade e melhor compreensão das relações entre as atividades. Permite também a melhor comunicação entre profissionais e o processo colaborativo é amplamente utilizado.

O tempo de execução de planejamentos BIM 4D depende intimamente de um organizado *workflow*⁹ BIM, com especificações e nomeações suficientes, vindas da fase de projeto, para facilitar a criação dos *sets* de elementos. Estes *sets* devem ser nominados conforme a nomenclatura de atividades definidas na EAP, a fim de diminuir o tempo gasto na vinculação dos elementos do modelo ao cronograma. Em obras de estruturas metálicas especificamente, recomenda-se adotar os índices de montagem da empresa para compor a duração das atividades do cronograma, ao invés da literatura, desde que sejam mensurados e calibrados. Isso porque cada estrutura possui particularidades, refletindo na forma de montagem e no rendimento da equipe. A utilização de índices próprios pode garantir cronogramas mais realistas que atendam os anseios do cliente.

A visualização da construção da obra, após a mesma estar pronta, só é possível porque a empresa Brafer já produz modelos 3D paramétricos em seus projetos e dada a organização, métodos, procedimentos e controles que a empresa utiliza. A utilização do sistema PCP garante um controle e rastreabilidade de todas as estruturas em diversas fases de fabricação e montagem. Conclui-se que o é possível empregar o BIM como ferramenta de análise de performance e a empresa Brafer tem potencial para empregá-lo, encontrando falhas e oportunidades de melhoria. O BIM

⁹ Em português: fluxo de trabalho

também pode ser empregado como ferramenta de controle de obras durante a fase de execução.

Quanto a interoperabilidade, a comunicação via IFC funcionou, porém, algumas propriedades apresentaram problema no formato do valor (ao invés de número, a propriedade estava em texto).

Entende-se que *softwares* de planejamento BIM não substituirão em hipótese alguma a capacidade e experiência profissional do planejador, mas permitirão a tomada de decisão qualificada, aliando ferramentas usuais como o Gráfico de Gantt à realidade do canteiro, resultando em um melhor plano de ataque. Além disso, a visualização 3D amplia a capacidade de detecção de falhas, melhora a comunicação entre os profissionais de projeto, produção, proprietários e canteiro, antecipando os problemas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Jorge. **Tecnologias da montagem eletromecânica**. Rio Grande: FURG-CTI, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. **Guia AsBEA boas práticas em BIM**. Fascículo 1, São Paulo: [s.n.], 2013.

AUTODESK. **Create and Use Sets of Objects**. 2014a. Disponível em: <<http://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ENU/Navisworks-Manage/files/GUID-8FD0DD39-EC51-4C2F-BD60-6F84A3540E52-htm.html>>. Acesso em: 22/09/2015.

AUTODESK. **Overview of TimeLiner Tool**. 2014b. Disponível em: <<http://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/Navisworks/files/GUID-D0D36E3D-F1D0-43B6-AB4E-2E7799B340A3-htm.html>>. Acesso em: 22/09/2015.

AUTODESK. **TimeLiner Workflow**. 2014c. Disponível em: <<http://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/Navisworks/files/GUID-96D92B8A-CD9D-4E25-A549-0EB2BF15B5CE-htm.html>>. Acesso em: 22/09/2015.

AUTODESK. **Find Items Window**. 2015. Disponível em: <<http://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Navisworks/files/GUID-ED934808-665F-4C65-A937-3A23DD937428-htm.html>>. Acesso em: 25/09/2015.

AYRES, Cervantes. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009.

BELLEI, Ildony H. **Edifícios industriais em aço**. 2.e.d. São Paulo: Pini, 1998.

BIOTTO, Clarissa. **Método para projeto e planejamento de sistemas de produção na construção civil com uso da modelagem BIM 4D**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

buildingSMART. **History**. Disponível em: <<http://www.buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/history>>. Acesso em 14/04/2015.

buildingSMART TECH. **IFC Overview summary**. 2015a. Disponível em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>>. Acesso em: 14/04/2015.

buildingSMART TECH. **MVD Overview summary**. 2015b Disponível em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/mvd-overview/mvd-overview-summary>>. Acesso em: 14/04/2015.

CARDOSO, Luiz R. de A. Planejamento, gerenciamento e controle de obras. In: Ministério das Cidades e Aliança de Cidades. **Ações Integradas de Urbanização de Assentamentos Precários**. São Paulo: Publisher Brasil Editora, 2010.

CRESPO, Cláudia C.; RUSCHEL, Regina C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, III, 2007. Porto Alegre: [s.n.], 2007.

CUNHA, Marcelo. **Normas NR: Rigger**. [201-?]. Disponível em: <http://www.rigger.com.br/?page_id=59>. Acesso em: 30/05/2015.

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

FARIA, Renato. **Construção integrada**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/127/artigo286443-1.aspx>>. Acesso em: 30/05/2015.

FERNANDES, Paulo S.T. **Montagens industriais: planejamento, execução e controle**. 4.e.d. São Paulo: Artliber Editora. 2013.

GEHBAUER, Fritz, et al. **Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha**. 2.e.d. Curitiba: CEFET-PR, 2002.

GUIA PMBOK. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. Em português. 5.e.d. Newton Square, PA: Project Management Institute Inc. 2013.

KERZNER, Harold. **Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling**. 9th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2006.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

MENEZES, Gilda L.B.B. de. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v.18, n.22, p. 153-171, 21º sem., 2011.

MENEZES, G. L. B. B; LELIS, R. L. S. Desafios da padronização nacional de componentes BIM. In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN, IX, [2013].[s.l.:s.n.], [2013]. Disponível em: <www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/1249/140>. Acesso em: 30/05/2015.

MULLIN, Lee. Quantification in Navisworks. **Beyond Design**. jul. 2013. Disponível em: <<http://beyonddesign.typepad.com/posts/2013/07/quantification-in-navisworks.html>>. Acesso em: 25/09/2015.

NAKAMURA, Juliana. Construtoras apostam no BIM 4D para melhorar assertividade do planejamento de obras. **Téchne**. v213, dez. 2014. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/213/construtoras-apostam-no-bim-4d-para-melhorar-assertividade-do-planejamento-335226-1.aspx>>. Acesso em: 28/05/2015.

NATIONAL BIM STANDARD – UNITED STATES. **International Framework for Dictionaries Library, buildingSMART Data Dictionary**. 2012. Disponível em:<http://www.nationalbimstandard.org/nbims-us-v2/pdf/NBIMS-US2_c2.10.pdf>. Acesso em: 18/05/2015.

PEDROTO, Maria; MARTINS, João P. Pesquisa estruturada e manipulação de informação no modelo IFC. Requisitos e soluções. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2012, 4., 2012, Coimbra: [s.n.], 2012. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/images/ArtigoIFCToolbeltV1.33.pdf>> Acesso em: 12/05/15.

PINHO, Mauro O. **Transporte e montagem**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2005. 144p. (Série Manual de Construção em Aço, 8).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Practice standard for Scheduling**. Newton Square, PA: PMI, 2007.

PULCINELLI, Marcelo. Construtoras apostam no BIM 4D para melhorar assertividade do planejamento de obras. **Téchne**. v213, dez. 2014. Entrevista concedida a Juliana Nakamura.

QUEIROZ, MARIO N. de. **Programação e controle de obras**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2001.

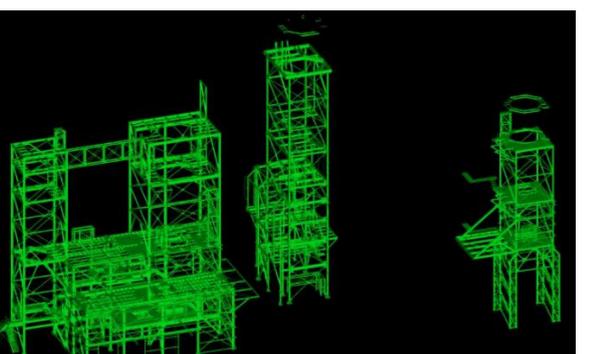
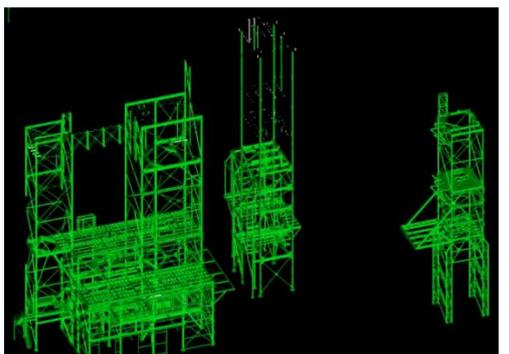
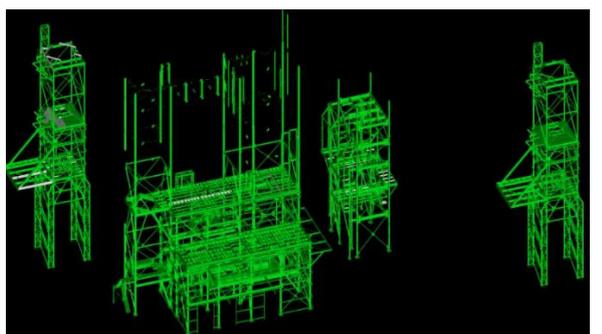
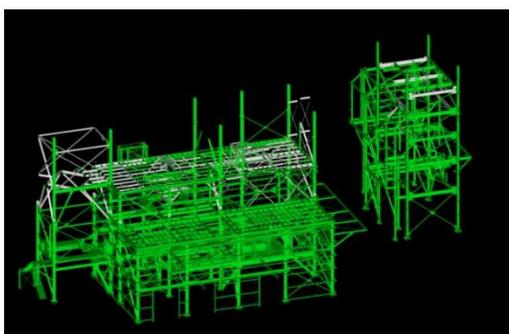
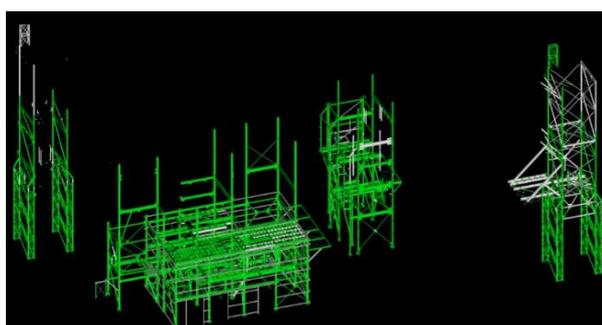
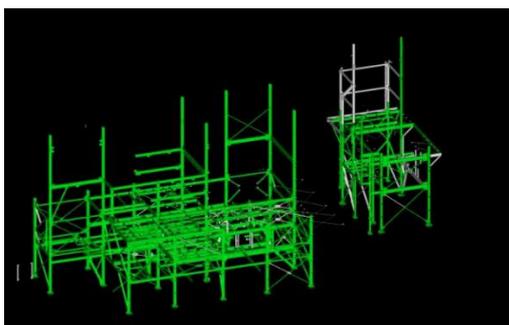
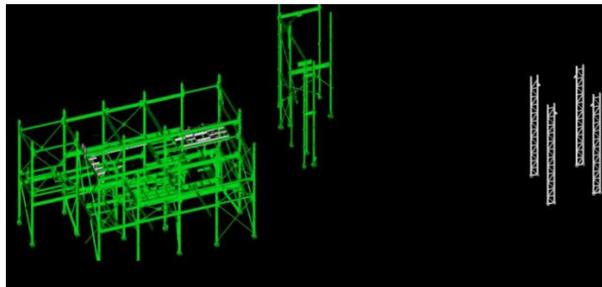
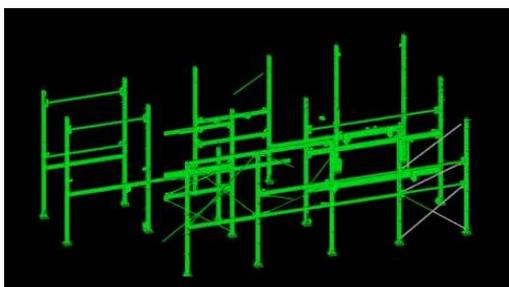
APÊNDICE A

Sequência de imagens da simulação 4D da real execução da obra baseado no relatório do sistema PCP.

Legenda

 Em execução

 Concluído



APÊNDICE B

Tabelas e cronogramas obtidos através das análises dos dados de obra.

O cronograma baseado nos diários de obra, é demonstrado no Quadro 10.

Quadro 10 – Cronograma baseado nos diários de obra

Tarefa	Início	Término
CRONOGRAMA COM BASE NOS DIÁRIOS DE OBRA	Seg 28/04/14	Ter 18/11/14
Torre 01	Seg 28/04/14	Ter 18/11/14
Serviços de nivelamento	Qua 28/05/14	Qua 28/05/14
Pré-Montagem	Seg 05/05/14	Ter 17/06/14
Elevação 3.634	Seg 05/05/14	Qua 14/05/14
Elevação 4.900	Seg 05/05/14	Seg 02/06/14
Elevação 7.000	Sex 09/05/14	Seg 02/06/14
Elevação 10.874	Seg 19/05/14	Seg 02/06/14
Estruturas Tramo 02	Qui 12/06/14	Ter 17/06/14
Montagem	Seg 28/04/14	Ter 18/11/14
Estruturas Tramo 01	Seg 28/04/14	Sex 13/06/14
Elevação 3.634	Sáb 17/05/14	Sex 23/05/14
Elevação 4.900	Sáb 17/05/14	Qua 04/06/14
Elevação 7.000	Qua 28/05/14	Sex 06/06/14
Elevação 9.040	Qui 05/06/14	Qui 12/06/14
Elevação 10.874	Qui 05/06/14	Qui 12/06/14
Elevação 10.874 - Eixos 1@2 - Filas 6@7	Seg 23/06/14	Seg 23/06/14
Elevação 10.874 - Eixos 8@10	Sáb 12/07/14	Qua 16/07/14
Elevação 13.694	Ter 15/07/14	Ter 15/07/14
Estruturas Tramo 02 - Parte 01	Sex 13/06/14	Ter 24/06/14
Estruturas Tramo 02 - Parte 02	Qua 09/07/14	Qua 16/07/14
Estruturas Tramo 01 e Tramo 02 - Parte 02	Qui 17/07/14	Ter 22/07/14
Estruturas Tramo 02 - Eixos 8@10	Seg 28/07/14	Sex 15/08/14
Estruturas Tramo 03 - Eixos 8@10 - Parte 01	Seg 04/08/14	Sex 15/08/14
Estruturas Tramo 03 - Eixos 5@6	Seg 18/08/14	Seg 25/08/14
Estruturas Tramo 03 - Eixos 8@10 - Parte 02	Ter 26/08/14	Seg 01/09/14
Estruturas Tramo 03	Qui 11/09/14	Qui 25/09/14
Torqueamento das estruturas - Tramo 01	Ter 27/05/14	Qua 09/07/14
Torqueamento Tramos 02 e 03	Qua 20/08/14	Seg 01/09/14
Chapas de piso elevação 3.634	Seg 07/07/14	Qua 16/07/14
Chapas de piso elevação 4.900	Seg 07/07/14	Qua 16/07/14
Grades de piso elevação 7.000	Sáb 12/07/14	Sáb 26/07/14
Grades de piso Elevação 32.000	Sex 29/08/14	Seg 01/09/14

Continua na próxima página

Continuação Quadro 10

Grades de Piso	Qui 11/09/14	Sáb 18/10/14
Grades de piso - Tramo 01 - Parte 01	Sáb 19/07/14	Sáb 19/07/14
Grades de piso - Tramo 01 - Parte 02	Ter 29/07/14	Sáb 02/08/14
Solda chapas de piso	Seg 20/10/14	Seg 27/10/14
Estruturas Leves	Sáb 26/07/14	Sáb 26/07/14
Guarda-Corpo	Qui 11/09/14	Sáb 18/10/14
Escadas	Ter 30/09/14	Sáb 18/10/14
Contraventos	Seg 13/10/14	Qua 15/10/14
Acabamentos	Seg 20/10/14	Ter 11/11/14
Fechamento	Sex 24/10/14	Sex 07/11/14
Telhas	Ter 11/11/14	Ter 18/11/14
Limpeza das estruturas	Seg 08/09/14	Qua 10/09/14
Torre 02	Sex 16/05/14	Ter 18/11/14
Serviços de nivelamento	Sex 16/05/14	Sex 16/05/14
Montagem	Seg 19/05/14	Ter 18/11/14
Estruturas Tramo 01	Seg 19/05/14	Ter 08/07/14
Estruturas Tramo 02	Qua 25/06/14	Ter 08/07/14
Estruturas Tramo 01 e Tramo 02 - Parte 02	Qui 17/07/14	Seg 11/08/14
Estruturas Tramo 02 e Tramo 03	Ter 12/08/14	Sex 05/09/14
Estruturas	Qui 11/09/14	Qui 25/09/14
Torqueamento das Estruturas	Qua 20/08/14	Sex 05/09/14
Fechamento Lateral - Elevação 4.000	Sex 25/07/14	Sex 25/07/14
Steel Deck	Qua 06/08/14	Sáb 09/08/14
Grades de Piso	Qui 11/09/14	Qui 25/09/14
Grades de piso - Parte 02	Seg 20/10/14	Qui 30/10/14
Guarda Corpo	Qui 11/09/14	Sex 10/10/14
Escadas	Ter 30/09/14	Qui 30/10/14
Escadas Elevação 36.000 a 41.000	Sáb 01/11/14	Seg 10/11/14
Contraventos	Seg 03/11/14	Qui 06/11/14
Fechamento	Sáb 01/11/14	Qui 13/11/14
Plataforma octogonal	Qua 05/11/14	Qua 05/11/14
Acabamentos	Sáb 01/11/14	Ter 18/11/14
Limpeza das estruturas	Seg 08/09/14	Qua 10/09/14
Torre 03	Sáb 31/05/14	Ter 18/11/14
Pré-Montagem	Seg 16/06/14	Sex 04/07/14
Estruturas Tramo 01	Seg 16/06/14	Seg 16/06/14
Estruturas Tramo 02	Ter 17/06/14	Sex 04/07/14
Montagem	Sáb 31/05/14	Ter 18/11/14
Estruturas Tramo 01 - Etapa 01	Sáb 31/05/14	Sáb 07/06/14
Elevação 14.100	Qua 09/07/14	Sex 18/07/14
Elevação 31.910	Seg 21/07/14	Seg 28/07/14

Continua na próxima página

Continuação Quadro 10

Estruturas Tramo 02	Seg 30/06/14	Qua 23/07/14
Estruturas Tramo 03 - Parte 01	Qua 02/07/14	Qua 23/07/14
Estruturas Tramo 03 - Parte 02	Seg 22/09/14	Qui 25/09/14
Torqueamento das estruturas - Tramo 01	Qua 25/06/14	Qua 02/07/14
Torqueamento da estrutura	Seg 21/07/14	Sex 25/07/14
Restante estrutura tramo 01 - com torqueamento	Qua 25/06/14	Qua 02/07/14
Grades de piso - Parte 01	Seg 01/09/14	Qua 10/09/14
Grades de piso - Parte 02	Seg 22/09/14	Qui 25/09/14
Guarda-Corpo - Parte 01	Seg 01/09/14	Qua 10/09/14
Guarda-Corpo - Parte 02	Seg 22/09/14	Qui 25/09/14
Steel Deck	Sáb 02/08/14	Qui 07/08/14
Escadas	Ter 30/09/14	Qui 02/10/14
Acabamentos	Seg 10/11/14	Ter 18/11/14
Estruturas das escadas	Ter 26/08/14	Sex 05/09/14
Pré-Montagem	Ter 26/08/14	Sex 05/09/14

Fonte: do autor

O Quadro 11 detalha as datas e tarefas extraídas dos relatórios de montagem externa da empresa.

Quadro 11 – Cronograma baseado nos relatórios de montagem externa

Tarefa	Início	Término
Torre 01	Seg 28/04/14	Sex 28/11/14
Montagem	Seg 28/04/14	Sex 28/11/14
Tramo 01	Seg 28/04/14	Sáb 09/08/14
Tramo 02	Seg 21/07/14	Sáb 20/09/14
Tramo 03	Seg 11/08/14	Sáb 20/09/14
Grades de piso -Elevação 16.000	Sex 03/10/14	Sáb 11/10/14
Grades de piso	Seg 13/10/14	Sex 28/11/14
Escadas	Seg 13/10/14	Sáb 01/11/14
Acabamentos	Seg 13/10/14	Sáb 08/11/14
Torre 02	Qui 15/05/14	Sáb 22/11/14
Montagem	Qui 15/05/14	Sáb 22/11/14
Colunas, vigas e travamento - Tramo 01	Qui 15/05/14	Qui 07/08/14
Tramo 02	Ter 01/07/14	Sáb 20/09/14
Tramo 03	Seg 11/08/14	Sáb 20/09/14
Grades de piso	Seg 22/09/14	Sáb 22/11/14
Escadas	Seg 22/09/14	Sáb 01/11/14
Acabamentos	Seg 03/11/14	Sáb 22/11/14
Torre 03	Sáb 31/05/14	Sáb 22/11/14
Pré-Montagem	Qui 12/06/14	Seg 30/06/14
Tramo 02	Qui 12/06/14	Seg 30/06/14

Continua na próxima página

Continuação Quadro 11

Montagem	Sáb 31/05/14	Sáb 22/11/14
Colunas, vigas e travamento - Tramo 1	Sáb 31/05/14	Sáb 09/08/14
Tramo 02	Ter 01/07/14	Sáb 23/08/14
Tramo 03	Seg 11/08/14	Sáb 23/08/14
Plataforma Octogonal	Ter 16/09/14	Qui 18/09/14
Acabamentos	Seg 22/09/14	Qui 02/10/14
Acabamentos	Seg 03/11/14	Sáb 22/11/14

Fonte: do autor

O Quadro 12 demonstra o cronograma baseado em todas as informações da obra.

Quadro 12 – Cronograma baseado em todas as informações da obra

Tarefa	Início	Término
Torre 01	Seg 28/04/14	Ter 18/11/14
Serviços de nivelamento	Qua 28/05/14	Qua 28/05/14
Pré-Montagem	Seg 05/05/14	Ter 17/06/14
Elevação 3.634	Seg 05/05/14	Qua 14/05/14
Elevação 4.900	Seg 05/05/14	Seg 02/06/14
Elevação 7.000	Sex 09/05/14	Seg 02/06/14
Elevação 10.874	Seg 19/05/14	Seg 02/06/14
Elevação 16.293	Qui 12/06/14	Ter 17/06/14
Montagem	Seg 28/04/14	Ter 18/11/14
Tramo 01	Seg 28/04/14	Sáb 02/08/14
Colunas, travamentos e vigas principais	Seg 28/04/14	Qui 15/05/14
Elevação 3.634	Sex 16/05/14	Seg 19/05/14
Elevação 4.900	Sex 16/05/14	Qua 04/06/14
Elevação 7.000	Qua 28/05/14	Qua 04/06/14
Elevação 9.040	Qui 12/06/14	Qui 26/06/14
Elevação 10.874 - Eixos 6@8 - Filas 3@4	Qua 04/06/14	Qui 12/06/14
Elevação 10.874 - Eixos 3@4 - Filas 8@10	Sáb 28/06/14	Qua 02/07/14
Estrutura fechamento lateral	Sáb 28/06/14	Ter 01/07/14
Chapas de piso - Elevação 3.634	Sex 04/07/14	Sáb 12/07/14
Chapas de piso - Elevação 4.900	Sex 04/07/14	Sáb 12/07/14
Chapas de piso - Elevação 7.000	Sáb 12/07/14	Sáb 26/07/14
Chapas de piso - Elevação 10.874 - 3@4	Ter 29/07/14	Sáb 02/08/14
Torque nas estruturas	Ter 27/05/14	Qua 09/07/14
Tramo 02	Sex 13/06/14	Seg 01/09/14
Colunas e travamentos	Sex 13/06/14	Ter 24/06/14
Elevação 13.694	Seg 14/07/14	Ter 15/07/14
Elevação 16.293	Qua 09/07/14	Qua 23/07/14
Estruturas de travamento - Eixos 8@10 - Acima da elevação 16.293	Seg 28/07/14	Sex 15/08/14

Continua na próxima página

Continuação Quadro 12

Estrutura Eixos 5@6 - Filas 1@2	Sáb 12/07/14	Sáb 19/07/14
Torque nas estruturas	Qua 20/08/14	Seg 01/09/14
Tramo 03	Seg 04/08/14	Qui 25/09/14
Estruturas e travamentos - Eixos 8@10	Seg 04/08/14	Sex 15/08/14
Estruturas e travamentos restantes - Eixos 8@10	Ter 26/08/14	Seg 01/09/14
Estruturas Eixos 5@6	Seg 18/08/14	Ter 26/08/14
Estruturas restantes	Qui 11/09/14	Qui 25/09/14
Grades de piso Elevação 32.505	Sex 29/08/14	Seg 01/09/14
Geral	Qua 20/08/14	Ter 18/11/14
Torque nas estruturas	Qua 20/08/14	Seg 01/09/14
Limpeza das estruturas	Seg 08/09/14	Qua 10/09/14
Guarda Corpo	Qui 11/09/14	Sáb 18/10/14
Grades de Piso	Qui 11/09/14	Sáb 18/10/14
Escadas	Ter 30/09/14	Sáb 18/10/14
Contraventos	Seg 13/10/14	Qua 15/10/14
Acabamentos	Seg 20/10/14	Ter 11/11/14
Solda chapas de piso	Seg 20/10/14	Seg 27/10/14
Fechamento	Sex 24/10/14	Sex 07/11/14
Telhas	Ter 11/11/14	Ter 18/11/14
Torre 02	Sex 16/05/14	Ter 18/11/14
Serviços de nivelamento	Sex 16/05/14	Sex 16/05/14
Montagem	Seg 19/05/14	Ter 18/11/14
Tramo 01	Seg 19/05/14	Sex 25/07/14
Colunas e travamentos - Eixos 5 e 6	Seg 19/05/14	Qua 21/05/14
Colunas Eixo 7, travamentos eixos 6@7	Qua 11/06/14	Sex 20/06/14
Estruturas, travamentos e elevação 6.400	Sáb 21/06/14	Ter 08/07/14
Finalização Elevação 6.400	Qui 17/07/14	Sex 25/07/14
Fechamento Lateral - Elevação 4.000	Sex 25/07/14	Sex 25/07/14
Tramo 02	Ter 24/06/14	Seg 11/08/14
Estruturas, travamento e elevação 10.620	Ter 24/06/14	Ter 08/07/14
Elevação 20.900	Seg 07/07/14	Sáb 12/07/14
Finalização Elevação 10.620	Qui 17/07/14	Sex 25/07/14
Restante das estruturas	Sex 25/07/14	Seg 11/08/14
Tramo 03	Qua 06/08/14	Seg 10/11/14
Estruturas	Ter 12/08/14	Sex 05/09/14
Elevação 26.600	Sex 15/08/14	Sáb 23/08/14
Steel Deck	Qua 06/08/14	Sáb 09/08/14
Escadas	Ter 30/09/14	Qui 30/10/14
Escadas Elevação 36.000 a 41.000	Sáb 01/11/14	Seg 10/11/14
Plataforma octogonal	Qua 05/11/14	Qua 05/11/14
Geral	Qua 20/08/14	Ter 18/11/14
Torque nas estruturas	Qua 20/08/14	Sex 05/09/14
Limpeza das estruturas	Seg 08/09/14	Qua 10/09/14

Continua na próxima página

Continuação do Quadro 12

Estruturas	Qui 11/09/14	Qui 25/09/14
Grades de Piso	Qui 11/09/14	Qui 25/09/14
Guarda Corpo	Qui 11/09/14	Sex 10/10/14
Grades de Piso	Seg 20/10/14	Qui 30/10/14
Contraventos	Seg 03/11/14	Qui 06/11/14
Fechamento	Sáb 01/11/14	Qui 13/11/14
Acabamentos	Sáb 01/11/14	Ter 18/11/14
Torre 03	Seg 02/06/14	Ter 18/11/14
Pré-Montagem	Seg 16/06/14	Sex 04/07/14
Estruturas Tramo 01	Seg 16/06/14	Seg 16/06/14
Estruturas Tramo 02	Ter 17/06/14	Sex 04/07/14
Montagem	Seg 02/06/14	Ter 18/11/14
Tramo 01	Seg 02/06/14	Ter 15/07/14
Colunas e travamentos	Seg 02/06/14	Ter 17/06/14
Elevação 13.950	Qua 02/07/14	Sex 11/07/14
Elevação 14.100	Ter 08/07/14	Ter 15/07/14
Torque nas estruturas	Qua 25/06/14	Qua 02/07/14
Restante estrutura - com torque	Qua 25/06/14	Qua 02/07/14
Tramo 02	Seg 02/06/14	Ter 18/11/14
Colunas e travamentos	Seg 02/06/14	Ter 17/06/14
Estruturas e travamentos	Seg 30/06/14	Qua 23/07/14
Estruturas do fechamento lateral	Qui 03/07/14	Ter 08/07/14
Elevação 31.910	Seg 21/07/14	Seg 28/07/14
Estruturas Tramo 03 - Parte 02	Seg 22/09/14	Qui 25/09/14
Torque nas estruturas	Seg 21/07/14	Sex 25/07/14
Grades de piso - Parte 01	Seg 01/09/14	Qua 10/09/14
Grades de piso - Parte 02	Seg 22/09/14	Qui 25/09/14
Guarda-Corpo - Parte 01	Seg 01/09/14	Qua 10/09/14
Guarda-Corpo - Parte 02	Seg 22/09/14	Qui 25/09/14
Steel Deck	Sáb 02/08/14	Qui 07/08/14
Escadas	Ter 30/09/14	Qui 02/10/14
Acabamentos	Seg 10/11/14	Ter 18/11/14
Estruturas das escadas	Ter 26/08/14	Sex 05/09/14
Pré-Montagem	Ter 26/08/14	Sex 05/09/14

Fonte: do autor

APÊNDICE C

O Quadro 13 apresenta o cronograma elaborado pelo autor durante a elaboração do planejamento BIM 4D.

Quadro 13 – Planejamento BIM 4D

COD	Tarefa	Peso [Kg]	Duração	Início	Término
1	Torre 01	264.743,47	86,65 dias	22/04/14	20/08/14
01-PM	Pré-Montagem		67,41 dias	22/04/14	24/07/14
01-PM-01	Pórtico Elev. 000 - Fila 1 - Eixo 9@10	5.507,24	1,47 dias	22/04/14	23/04/14
01-PM-02	Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 8@10	8.120,49	2,29 dias	23/04/14	25/04/14
01-PM-03	Pórtico Elev. 000 - Fila 1 - Eixo 7@8	3.689,13	1 dia	28/04/14	29/04/14
01-PM-04	Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 7@8	2.136,23	0,42 dias	29/04/14	30/04/14
01-PM-05	Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 6@7	4.276,75	1,09 dias	01/05/14	02/05/14
01-PM-06	Pórtico Elev. 000 - Fila 4 - Eixo 9@10	3.680,29	0,9 dias	02/05/14	05/05/14
01-PM-07	Elev. 3.634 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	4.795,17	1,25 dias	12/05/14	14/05/14
01-PM-08	Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Eixo 8@9	373,93	0,06 dias	14/05/14	14/05/14
01-PM-09	Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Eixo 7@8	645,05	0,1 dias	14/05/14	14/05/14
01-PM-10	Elev. 4.900 - Fila 1@2 - Eixo 5@8	1.827,57	0,32 dias	14/05/14	14/05/14
01-PM-11	Elev. 4.900 - Fila 3@4 - Eixo 6@7	1.326,84	0,16 dias	14/05/14	14/05/14
01-PM-12	Elev. 5.815 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	1.505,91	0,22 dias	14/05/14	14/05/14
01-PM-13	Elev. 7.000 - Fila 1@2 - Eixo 9@10	983,83	0,15 dias	15/05/14	15/05/14
01-PM-14	Elev. 7.000 - Fila 1@3 - Eixo 8@9	2.143,13	0,42 dias	15/05/14	15/05/14
01-PM-15	Elev. 7.000 - Fila 1@2 - Eixo 6@8	3.777,18	0,93 dias	15/05/14	16/05/14
01-PM-16	Elev. 7.000 - Fila 2@3 - Eixo 6@8	3.900,08	0,97 dias	16/05/14	19/05/14
01-PM-17	Elev. 7.000 - Fila 3@4 - Eixo 7@8	2.812,28	0,63 dias	19/05/14	20/05/14
01-PM-18	Elev. 10.874 - Fila 3@4 - Eixo 8@10	2.812,94	0,63 dias	21/05/14	21/05/14
01-PM-19	Elev. 10.874 - Fila 3@4 - Eixo 6@8	4.024,87	1,01 dias	21/05/14	22/05/14
01-PM-20	Elev. 10.874 - Fila 1@3 - Eixo 6@8	4.378,92	1,12 dias	22/05/14	23/05/14
01-PM-21	Pórtico Elev. 12.000 - Fila 1@2 - Eixo 6	3.605,31	0,88 dias	30/05/14	02/06/14
01-PM-22	Pórtico Elev. 12.000 - Fila 1@2 - Eixo 5	3.669,29	0,9 dias	02/06/14	03/06/14
01-PM-23	Elev.13.694 - Fila 1@3 - Eixo 7@8	2.344,19	0,48 dias	03/06/14	03/06/14
01-PM-24	Pórtico Elev. 13.694 - Fila 1@3 - Eixo 8	3.712,29	0,91 dias	09/06/14	10/06/14
01-PM-25	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	2.487,98	0,53 dias	10/06/14	11/06/14
01-PM-26	Elev. 16.293 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	2.202,66	0,44 dias	02/06/14	02/06/14
01-PM-27	Pórtico Elev. 12.000 - Fila 3 - Eixo 8@10	5.215,44	1,38 dias	13/06/14	16/06/14
01-PM-28	Pórtico Elev. 12.000 - Fila 1 - Eixo 8@10	5.133,44	1,35 dias	16/06/14	17/06/14
01-PM-29	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 7@8	4.362,12	1,11 dias	19/06/14	20/06/14
01-PM-30	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 8@9	2.245,88	0,45 dias	20/06/14	23/06/14
01-PM-31	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 8@10	1.979,94	0,37 dias	23/06/14	23/06/14

Continua na próxima página

Continuação do Quadro 13

01-PM-32	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	1.812,82	0,32 dias	23/06/14	23/06/14
01-PM-33	Pórtico Elev. 24.000 - Fila 1@2 - Eixo 6	4.135,52	1,04 dias	23/06/14	24/06/14
01-PM-34	Pórtico Elev. 24.000 - Fila 1@2 - Eixo 5	4.154,24	1,05 dias	24/06/14	25/06/14
01-PM-35	Pórtico Elev. 24.000 - Fila 1@3 - Eixo 8@10	23.797,00	7,19 dias	27/06/14	08/07/14
01-PM-36	Elev. 35.555 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	1.752,23	0,3 dias	11/07/14	11/07/14
01-PM-37	Elev. 36.215 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	1.829,13	0,32 dias	11/07/14	11/07/14
01-PM-38	Elev. 36.215 - Fila 1@2 - Eixo 8@10	3.155,82	0,74 dias	11/07/14	14/07/14
01-PM-39	Pórtico Elev. 32.505 - Fila 2 - Eixo 6@8	3.106,53	0,72 dias	14/07/14	15/07/14
01-PM-40	Estruturas de escadas	4.784,86	1,25 dias	18/07/14	21/07/14
01-PM-41	Escadas	10.664,22	3,08 dias	21/07/14	24/07/14
01-M	Montagem		85,18 dias	23/04/14	20/08/14
01-M-01	Pórtico Elev. 000 - Fila 1 - Eixo 9@10	5.507,24	0,25 dias	23/04/14	23/04/14
01-M-02	Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 8@10	8.120,49	0,25 dias	25/04/14	28/04/14
01-M-03	Travamento Pórticos Eixo 10 - Fila 1@3	2.640,28	0,83 dias	28/04/14	28/04/14
01-M-04	Pórtico Elev. 000 - Fila 1 - Eixo 7@8	3.689,13	0,25 dias	30/04/14	30/04/14
01-M-05	Travamento Fila 1 - Eixo 8@9	1.438,83	0,45 dias	30/04/14	30/04/14
01-M-06	Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 7@8	2.136,23	0,25 dias	30/04/14	01/05/14
01-M-07	Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 6@7	4.276,75	0,25 dias	02/05/14	02/05/14
01-M-08	Pórtico Elev. 000 - Fila 4 - Eixo 9@10	3.680,29	0,25 dias	05/05/14	05/05/14
01-M-09	Travamento Eixo 10 - Fila 3@4	2.129,60	0,67 dias	05/05/14	06/05/14
01-M-10	Colunas e travamentos restantes - Elev. 000	14.860,98	4,64 dias	06/05/14	12/05/14
01-M-11	Elev. 3.634 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	4.795,17	0,25 dias	14/05/14	14/05/14
01-M-12	Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Eixo 8@9	373,93	0,25 dias	14/05/14	14/05/14
01-M-13	Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Eixo 7@8	645,05	0,25 dias	14/05/14	14/05/14
01-M-14	Elev. 4.900 - Fila 3@4 - Eixo 6@7	1.326,84	0,25 dias	14/05/14	15/05/14
01-M-15	Elev. 4.900 - Fila 1@2 - Eixo 5@8	1.827,57	0,25 dias	15/05/14	15/05/14
01-M-16	Elev. 5.815 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	1.505,91	0,25 dias	15/05/14	15/05/14
01-M-17	Elev. 7.000 - Fila 1@2 - Eixo 9@10	983,83	0,25 dias	15/05/14	15/05/14
01-M-18	Elev. 7.000 - Fila 1@3 - Eixo 8@9	2.143,13	0,25 dias	15/05/14	16/05/14
01-M-19	Elev. 7.000 - Fila 1@2 - Eixo 6@8	3.777,18	0,25 dias	16/05/14	16/05/14
01-M-20	Elev. 7.000 - Fila 2@3 - Eixo 6@8	3.900,08	0,25 dias	19/05/14	19/05/14
01-M-21	Elev. 7.000 - Fila 3@4 - Eixo 7@8	2.812,28	0,25 dias	20/05/14	20/05/14
01-M-22	Elev. 9.040 - Travamento	1.974,41	0,6 dias	20/05/14	21/05/14
01-M-23	Elev. 10.874 - Fila 3@4 - Eixo 8@10	2.812,94	0,25 dias	21/05/14	21/05/14
01-M-24	Elev. 10.874 - Fila 3@4 - Eixo 6@8	4.024,87	0,25 dias	22/05/14	22/05/14
01-M-25	Elev. 10.874 - Fila 1@3 - Eixo 6@8	4.378,92	0,25 dias	23/05/14	26/05/14
01-M-26	Finalização Estrutura Tramo 01	14.350,43	4,48 dias	26/05/14	30/05/14
01-M-27	Fechamento Lateral - Tramo 01	9.128,47	2,85 dias	03/06/14	06/06/14
01-M-28	Estrutura Elev. 12.000 Fila 1@2 - Eixo 5@6	13.181,40	1,5 dias	06/06/14	09/06/14
01-M-29	Estrutura Pórtico - Elev. 13.694	6.957,19	2,17 dias	11/06/14	13/06/14
01-M-30	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	2.487,98	0,25 dias	13/06/14	13/06/14

Continua na próxima página

Continuação do Quadro 13

01-M-31	Estrutura Elev. 12.000 Fila 1@2 Eixo 9@10	10.348,88	1,5 dias	17/06/14	19/06/14
01-M-32	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 7@8	4.362,12	0,25 dias	20/06/14	20/06/14
01-M-33	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 8@10	1.979,94	0,25 dias	23/06/14	23/06/14
01-M-34	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 8@9	2.245,88	0,25 dias	23/06/14	23/06/14
01-M-35	Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	1.812,82	0,25 dias	23/06/14	23/06/14
01-M-36	Finalização Tramo 02	5.675,74	1,77 dias	25/06/14	27/06/14
01-M-37	Pórtico Elev. 24.000 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	11.095,19	2 dias	08/07/14	10/07/14
01-M-38	Estrutura pórtico Elev. 24.000 - Fila 1@3 - Eixo 8@10	23.797,00	0,25 dias	10/07/14	11/07/14
01-M-39	Elev. 36.215 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	1.829,13	0,25 dias	11/07/14	11/07/14
01-M-40	Elev. 36.215 - Fila 1@2 - Eixo 8@10	3.155,82	0,25 dias	14/07/14	14/07/14
01-M-41	Pórtico Elev. 32.505 - Fila 2 - Eixo 6@8	3.106,53	0,25 dias	15/07/14	15/07/14
01-M-42	Finalização Tramo 03	8.700,93	2,72 dias	15/07/14	18/07/14
01-M-43	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 3.634	2.075,97	1,14 dias	24/07/14	25/07/14
01-M-44	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 4.900	749,28	0,41 dias	25/07/14	25/07/14
01-M-45	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 5.815	730,44	0,56 dias	25/07/14	28/07/14
01-M-46	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 7.000	4.369,18	1,9 dias	28/07/14	30/07/14
01-M-47	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 10.874	8.471,86	3,83 dias	30/07/14	05/08/14
01-M-48	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 13.694	913,65	0,66 dias	05/08/14	05/08/14
01-M-49	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 16.293	10.501,83	4,09 dias	05/08/14	11/08/14
01-M-50	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 27.359	831,36	0,58 dias	12/08/14	12/08/14
01-M-51	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 28.850	1.667,75	1,03 dias	12/08/14	13/08/14
01-M-52	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 32.505	872,84	0,65 dias	13/08/14	14/08/14
01-M-53	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 35.555	1.358,13	1,14 dias	14/08/14	15/08/14
01-M-54	Chapas de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 36.215	1.965,49	1,25 dias	15/08/14	18/08/14
01-M-55	Escadas	9.834,03	2 dias	18/08/14	20/08/14
2	Torre 02	175.457,04	63,36 dias	20/08/14	18/11/14
02-PM	Pré-Montagem		40,91 dias	20/08/14	16/10/14
02-PM-01	Pórtico Elev. 000 - Fila 3@4 - Eixo 7	2.980,80	0,68 dias	20/08/14	21/08/14
02-PM-02	Pórtico Elev. 000 - Fila 3@4 - Eixo 6	2.990,91	0,68 dias	21/08/14	22/08/14
02-PM-03	Pórtico Elev. 000 - Fila 2.1@3 - Eixo 5	2.001,27	0,38 dias	22/08/14	22/08/14
02-PM-04	Pórtico Elev. 000 - Fila 1 - Eixo 6@7	3.912,58	0,97 dias	25/08/14	26/08/14
02-PM-05	Elev. 6.400 - Fila 1@3 - Eixo 5@7	3.571,40	0,87 dias	26/08/14	26/08/14
02-PM-06	Elev. 10.620 - Fila 1@3 - Eixo 5@7	4.599,91	1,19 dias	27/08/14	28/08/14
02-PM-07	Elev. 10.620 - Fila 3@4 - Eixo 5@7	2.738,73	0,61 dias	28/08/14	29/08/14
02-PM-08	Pórtico Elev. 12.110 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	11.588,24	3,37 dias	01/09/14	04/09/14
02-PM-09	Estrutura Elev. 12.105 - Fila 3@4 - Eixo 5@7	7.061,29	1,96 dias	04/09/14	08/09/14

Continua na próxima página

Continuação do Quadro 13

02-PM-10	Elev. 20.900 - Fila 1@2.1 - Eixo 6@7	1.872,45	0,34 dias	08/09/14	09/09/14
02-PM-11	Elev. 20.900 - Fila 2.1@3 - Eixo 6@7	2.435,29	0,51 dias	09/09/14	09/09/14
02-PM-12	Pórtico Elev. 24.020 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	10.865,18	3,15 dias	12/09/14	17/09/14
02-PM-13	Elev. 26.600 - Fila 1@2.1 - Eixo 6@7	1.891,28	0,34 dias	17/09/14	17/09/14
02-PM-14	Elev. 26.600 - Fila 2.1@3 - Eixo 6@7	915,59	0,15 dias	17/09/14	17/09/14
02-PM-15	Elev. 31.200 - Fila 2.1@3 - Eixo 6@7	1.706,05	0,28 dias	17/09/14	17/09/14
02-PM-16	Pórtico Elev. 31.212 - Fila 2.1 - Eixo 7	962,21	0,15 dias	18/09/14	18/09/14
02-PM-17	Pórtico Elev. 34.530 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	13.160,89	3,86 dias	19/09/14	24/09/14
02-PM-18	Elev. 41.112 - Fila 2.1@3 - Eixo 6@7	2.203,74	0,44 dias	25/09/14	25/09/14
02-PM-19	Plataforma octogonal Elev. 48.275	834,09	0,13 dias	25/09/14	25/09/14
02-PM-20	Escadas	10.871,36	10,62 dias	01/10/14	16/10/14
02-M	Montagem		62,68 dias	21/08/14	18/11/14
02-M-01	Pórtico Elev. 000 - Fila 3@4 - Eixo 7	2.980,80	0,25 dias	21/08/14	21/08/14
02-M-02	Pórtico Elev. 000 - Fila 3@4 - Eixo 6	2.990,91	0,25 dias	22/08/14	22/08/14
02-M-03	Travamento Elev. 000 - Fila 4 - Eixo 5@7	2.030,35	0,63 dias	22/08/14	22/08/14
02-M-04	Pórtico Elev. 000 - Fila 2.1@3 - Eixo 5	2.001,27	0,25 dias	22/08/14	25/08/14
02-M-05	Travamentos e colunas restantes Elev. 000	2.692,37	0,84 dias	25/08/14	25/08/14
02-M-06	Pórtico Elev. 000 - Fila 1 - Eixo 6@7	3.912,58	0,25 dias	26/08/14	26/08/14
02-M-07	Elev. 6.400 - Fila 1@3 - Eixo 5@7	3.571,40	0,25 dias	26/08/14	27/08/14
02-M-08	Elev. 10.620 - Fila 1@3 - Eixo 5@7	4.599,91	0,25 dias	28/08/14	28/08/14
02-M-09	Elev. 10.620 - Fila 3@4 - Eixo 5@7	2.738,73	0,25 dias	29/08/14	29/08/14
02-M-10	Finalização Tramo 01	3.385,87	1,1 dias	29/08/14	01/09/14
02-M-11	Pórtico Elev. 12.110 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	11.588,24	0,25 dias	04/09/14	04/09/14
02-M-12	Elev. 12.110 - Estrutura Restante e travamentos	6.538,57	2,1 dias	08/09/14	10/09/14
02-M-13	Estrutura Elev. 12.105 - Fila 3@4 - Eixo 5@7	7.061,29	0,25 dias	10/09/14	11/09/14
02-M-14	Elev. 20.900 - Fila 1@2.1 - Eixo 6@7	1.872,45	0,25 dias	11/09/14	11/09/14
02-M-15	Elev. 20.900 - Fila 2.1@3 - Eixo 6@7	2.435,29	0,25 dias	11/09/14	11/09/14
02-M-16	Travamentos Elev. 20.900	1.667,69	0,5 dias	11/09/14	12/09/14
02-M-17	Pórtico Elev. 24.020 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	10.865,18	0,25 dias	17/09/14	17/09/14
02-M-18	Estruturas Restantes Tramo 02	1.972,07	0,65 dias	17/09/14	18/09/14
02-M-19	Elev. 26.600 - Fila 1@2.1 - Eixo 6@7	1.891,28	0,25 dias	18/09/14	18/09/14
02-M-20	Elev. 26.600 - Fila 2.1@3 - Eixo 6@7	915,59	0,25 dias	18/09/14	18/09/14
02-M-21	Elev. 31.200 - Fila 2.1@3 - Eixo 6@7	1.706,05	0,25 dias	18/09/14	18/09/14
02-M-22	Pórtico Elev. 31.212 - Fila 2.1 - Eixo 7	962,21	0,25 dias	18/09/14	19/09/14
02-M-23	Pórtico Elev. 34.530 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	13.160,89	0,25 dias	24/09/14	25/09/14
02-M-24	Elev. 41.112 - Fila 2.1@3 - Eixo 6@7	2.203,74	0,25 dias	25/09/14	25/09/14
02-M-25	Finalização Tramo 03	4.547,07	1,45 dias	25/09/14	29/09/14
02-M-26	Plataforma octogonal Elev. 48.275	834,09	0,25 dias	29/09/14	29/09/14
02-M-27	Fechamento Lateral	7.463,92	2,33 dias	29/09/14	01/10/14

Continua na próxima página

Continuação do Quadro 13

02-M-28	Escadas	10.871,36	2 dias	16/10/14	20/10/14
02-M-29	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 3.000	1.685,18	0,79 dias	20/10/14	21/10/14
02-M-30	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 6.400	9.230,09	3,26 dias	21/10/14	24/10/14
02-M-31	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 7.875	1.556,43	0,61 dias	24/10/14	27/10/14
02-M-32	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 10.770	10.015,85	3,35 dias	27/10/14	30/10/14
02-M-33	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 14.370	2.312,83	0,93 dias	30/10/14	31/10/14
02-M-34	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 17.900	2.216,40	0,92 dias	31/10/14	03/11/14
02-M-35	Chapa de Piso - Elev. 20.900	10.094,53	3,15 dias	03/11/14	06/11/14
02-M-36	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 23.375	1.144,00	0,47 dias	06/11/14	07/11/14
02-M-37	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 26.600	3.414,60	1,6 dias	07/11/14	10/11/14
02-M-38	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 31.200	6.938,22	2,51 dias	10/11/14	13/11/14
02-M-39	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 41.112	7.387,72	2,86 dias	13/11/14	18/11/14
3	Torre 03	63.386,45	19,8 dias	18/11/14	15/12/14
03-PM	Pré-Montagem		13,97 dias	18/11/14	05/12/14
03-PM-01	Coluna 1	7.041,47	1,95 dias	18/11/14	19/11/14
03-PM-02	Coluna 2	7.309,94	2,03 dias	19/11/14	21/11/14
03-PM-03	Pórtico Elev. 11.600	13.115,72	3,85 dias	21/11/14	27/11/14
03-PM-04	Elevação 13.950 - Balanço	3.498,98	0,84 dias	28/11/14	28/11/14
03-PM-05	Elevação 13.950 - Centro	4.423,96	1,13 dias	28/11/14	02/12/14
03-PM-06	Elevação 22.200	3.048,57	0,7 dias	02/12/14	02/12/14
03-PM-07	Pórtico Elev. 23.500	7.121,74	1,98 dias	02/12/14	04/12/14
03-PM-08	Elevação 31.910	3.398,72	0,81 dias	04/12/14	05/12/14
03-PM-09	Plataforma Octogonal	765,00	0,12 dias	05/12/14	05/12/14
03-PM-10	Escadas	557,50	0,31 dias	05/12/14	05/12/14
03-M	Montagem		15,82 dias	21/11/14	15/12/14
03-M-01	Coluna 1	7.041,47	0,25 dias	21/11/14	24/11/14
03-M-02	Coluna 2	7.309,94	0,25 dias	24/11/14	24/11/14
03-M-03	Pórtico Elev. 11.600	13.115,72	0,25 dias	27/11/14	28/11/14
03-M-04	Elev. 13.950 - Centro	4.423,96	0,25 dias	02/12/14	02/12/14
03-M-05	Elev. 13.950 - Balanço	3.498,98	0,25 dias	02/12/14	02/12/14
03-M-06	Finalização Elev. 13.950	1.346,83	0,4 dias	02/12/14	02/12/14
03-M-07	Elev. 22.200	3.048,57	0,25 dias	02/12/14	03/12/14
03-M-08	Pórtico Elev. 23.500	7.121,74	0,25 dias	04/12/14	04/12/14
03-M-09	Finalização Elev. 22.200	1.441,14	0,4 dias	04/12/14	05/12/14
03-M-10	Elev. 31.910	3.398,72	0,25 dias	05/12/14	05/12/14
03-M-11	Plataforma Octogonal	765,00	0,25 dias	05/12/14	08/12/14
03-M-12	Finalização Torre 03	1.415,40	0,45 dias	08/12/14	08/12/14
03-M-13	Fechamento Lateral	2.575,89	0,8 dias	08/12/14	09/12/14

Continua na próxima página

Continuação do Quadro 13

03-M-14	Chapa de Piso e Guarda-Corpo - Elev. 14.100	1.664,27	1,24 dias	09/12/14	10/12/14
03-M-15	Chapa de Piso e Guarda-Corpo Elev. 22.220	2.183,75	1,1 dias	10/12/14	11/12/14
03-M-16	Chapa de Piso e Guarda-Corpo Elev. 23.050	400,35	0,35 dias	11/12/14	11/12/14
03-M-17	Chapa de Piso e Guarda-Corpo Elev. 31.910	1.169,68	0,8 dias	11/12/14	12/12/14
03-M-18	Chapa de Piso e Guarda-Corpo Plataforma Octogonal	907,53	0,82 dias	12/12/14	15/12/14
03-M-19	Escadas	557,50	0,2 dias	15/12/14	15/12/14

Fonte: do autor

APÊNCIDE D

O Quadro 14 apresenta uma comparação entre os pesos obtidos através do Autodesk Navisworks Manage 2014 e pesos calculado pelo sistema PCP da Brafer.

Quadro 14 – Comparativo entre os levantamentos de quantitativo

Item	Peso no Modelo [Kg]	PCP Brafer [Kg]	Diferença [%]
Elev. 10.874 - Fila 1@3 - Eixo 6@8	2.412,66	2.379,98	1,35%
Elev. 10.874 - Fila 3@4 - Eixo 6@8	3.168,51	3.136,48	1,01%
Elev. 10.874 - Fila 3@4 - Eixo 8@10	2.580,39	2.560,36	0,78%
Elev. 16.293 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	2.202,66	2.194,66	0,36%
Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 6@7	2.336,62	2.327,96	0,37%
Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 7@8	2.565,76	2.554,47	0,44%
Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 8@10	1.415,40	1.412,52	0,20%
Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 8@9	1.511,99	1.515,29	0,22%
Elev. 16.293 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	1.241,07	1.242,36	0,10%
Elev. 27.359 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	2.603,80	2.591,88	0,46%
Elev. 28.850 - Fila 1@3 - Eixo 8@10	10.399,82	10.333,72	0,64%
Elev. 3.634 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	4.795,17	4.840,89	0,95%
Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Eixo 7@8	645,05	642,16	0,45%
Elev. 3.634 - Fila 2@3 - Eixo 8@9	373,93	364,42	2,54%
Elev. 32.505 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	2.399,51	2.390,49	0,38%
Elev. 35.555 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	1.752,23	1.751,09	0,06%
Elev. 36.215 - Fila 1@2 - Eixo 8@10	3.155,82	3.156,38	0,02%
Elev. 36.215 - Fila 1@3 - Eixo 9@10	1.829,13	1.822,43	0,37%
Elev. 4.900 - Fila 1@2 - Eixo 5@8	1.827,57	1.806,84	1,13%
Elev. 4.900 - Fila 3@4 - Eixo 6@7	1.326,84	1.312,49	1,08%
Elev. 5.815 - Fila 1@2 - Eixo 5@6	1.505,91	1.509,34	0,23%
Elev. 7.000 - Fila 1@2 - Eixo 6@8	3.777,18	3.769,81	0,20%
Elev. 7.000 - Fila 1@2 - Eixo 9@10	983,83	993,24	0,96%
Elev. 7.000 - Fila 1@3 - Eixo 8@9	2.143,13	2.163,51	0,95%
Elev. 7.000 - Fila 2@3 - Eixo 6@8	3.900,08	3.910,65	0,27%
Elev. 7.000 - Fila 3@4 - Eixo 7@8	2.812,28	2.817,60	0,19%
Elev. 8.940 - Fila 1@4 - Eixo 10	1.763,72	1.772,42	0,49%
Elev.13.694 - Fila 1@3 - Eixo 7@8	2.344,19	2.345,49	0,06%
Pórtico Elev. 000 - Fila 1 - Eixo 7@8	3.689,13	3.746,07	1,54%
Pórtico Elev. 000 - Fila 1 - Eixo 9@10	5.507,24	5.658,46	2,75%
Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 6@7	4.276,75	4.368,64	2,15%
Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 7@8	2.136,23	2.158,93	1,06%
Pórtico Elev. 000 - Fila 3 - Eixo 8@10	8.120,49	8.255,54	1,66%
Pórtico Elev. 000 - Fila 4 - Eixo 9@10	3.680,29	3.761,46	2,21%
Pórtico Elev. 12.000 - Fila 1 - Eixo 8@10	5.133,44	5.174,31	0,80%
Pórtico Elev. 12.000 - Fila 1@2 - Eixo 5	3.669,29	3.723,05	1,47%
Pórtico Elev. 12.000 - Fila 1@2 - Eixo 6	3.605,31	3.641,63	1,01%
Pórtico Elev. 12.000 - Fila 3 - Eixo 8@10	5.215,44	5.257,08	0,80%
Pórtico Elev. 24.000 - Fila 1@2 - Eixo 5	4.154,24	4.178,66	0,59%
Pórtico Elev. 24.000 - Fila 1@2 - Eixo 6	4.135,52	4.136,54	0,02%

Continua na próxima página

Continuação do Quadro 14

Pórtico Elev. 24.000 - Fila 1@3 - Eixo 8@10	12.785,03	12.824,56	0,31%
Pórtico Elev. 32.505 - Fila 2 - Eixo 6@8	3.106,53	3.136,49	0,96%
Estruturas de escadas	4.784,86	4.808,51	0,49%
Total	143.774,04	144.448,85	0,84%

Fonte: do autor

ANEXO A

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE INFORMAÇÕES DE EMPRESAS

Empresa: Brafer Construções Metálicas S/A

CNPJ: 77.153.773/0001-32 **Inscrição Estadual:** 1070107852

Endereço completo: Avenida das Araucárias, 40, Chapada, Araucária – PR, 83707-000

Representante da empresa: José Augusto Cordeiro

Telefone: (41) 3641-4600

Tipo de produção intelectual: (X) TCC () TCCE () Dissertação () Tese

Título/subtítulo: Aplicação da modelagem 4D no planejamento de obras de estruturas metálicas – Estudo de caso

Autor: Felipe Boszczowski

Código de matrícula: 1101409

Orientador: Alexandre Baioni Trento

Curso/Programa de Pós-graduação: Curso de Engenharia Civil da Universidade Positivo

Como representante da empresa acima nominada, declaro que as informações e/ou documentos disponibilizados pela empresa para o trabalho citado:

() Podem ser publicados sem restrição.

Possuem restrição parcial, não podendo ser publicadas as seguintes informações e/ou

documentos: VALORES INDICADORES QUANTITATIVOS DE
PREÇOS UNITÁRIOS.

() Possuem restrição total para publicação, pelos seguintes motivos: _____

O presente termo de autorização tem validade de 1 ano, com possibilidade de prorrogação.


Representante da empresa
Eng. José Augusto Technik C. Silva
Diretor Executivo
Brafer Construções Metálicas S.A.

CLERSON 17/04/13
Local e Data

ANEXO C

Exemplo de relatório de montagem externa

Empresa		Efetivo / Dia	Descrição do Eixo de Montagem	Prioridade	H.H / Dia	Kg	MONTAGEM	
							m²	ml
Sub Contratada		11	seg	Montagem de colunas, vrgas e travamentos 1º tramo torre 1		110		
Sub Contratada		11	ter	Montagem de colunas, vrgas e travamentos 1º tramo torre 1		110		
Sub Contratada		11	qua	Montagem de colunas, vrgas e travamentos 1º tramo torre 1		110		
Sub Contratada		11	qui	Montagem de colunas, vrgas e travamentos 1º tramo torre 1		110		
Sub Contratada		11	sex	Montagem de colunas, vrgas e travamentos 1º tramo torre 1		110		
Sub Contratada		0	sab			0		
EFETIVO MÉDIO		11			TOTAL	550	19.296,22	0,00

CONTROLE DE SERVIÇOS - MUNCK E GUINDASTES		
Equipamento	Horas Gastas na Semana	Horas Acumuladas
Caminhão Munck	50	164
Caminhão Munck (BRAFER)	0	0
Guindaste 70 ton	30	30
Guindaste 30 ton	28	28
Plataforma 40m	50	152

CONTROLE DE CARGAS RECEBIDAS	
Número dos Romaneios Recebidos:	1493 - 1494

CONTROLES ESPECÍFICOS	
Data Início de Montagem:	28/04/2014
Data Programada para Término:	26/08/2014
Tempo Previsto de Montagem (Cronograma):	Dias Corridos: 7

Montagem do Período:	19.296,22 Kg	m²	ml
Montagem Acumulada:	19.296,22 Kg	m²	ml
Hora Homem Total Acumulada:	1.100 hs	39.796,22 Kg	hs p/ 0,00 m²
			hs p/ 0,00 ml

OBSERVAÇÃO	
SÁBADO NÃO FOI TRABALHADO A PEDIDO DO CLIENTE	

ANEXO D

Cronograma geral da obra fornecido pela empresa Brafer.

Nome da tarefa	Início	Término
Projeto em Ponta Grossa - PR	Ter 12/11/13	Seg 25/08/14
Ordem de Compra	Ter 12/11/13	Ter 12/11/13
Torre 1 - (267 T)	Ter 26/11/13	Sex 22/08/14
Recebimento Projetos	Ter 26/11/13	Ter 26/11/13
Recebimento de Lista de MP	Ter 26/11/13	Ter 26/11/13
Envio dos Chumbadores	Qua 08/01/14	Ter 28/01/14
Aquisição de Matéria Prima	Ter 26/11/13	Qui 06/03/14
Cálculo das Ligações (Principais e Secundárias)	Ter 26/11/13	Ter 21/01/14
Detalhamento	Ter 10/12/13	Qua 12/03/14
Fabricação	Ter 11/02/14	Qui 08/05/14
1@ Tramo - Elev. 11995	Ter 11/02/14	Sex 14/03/14
2@ Tramo - Elev. 23995	Seg 17/03/14	Ter 22/04/14
3@ Tramo - Elev. Acima 23995	Seg 17/03/14	Qui 08/05/14
Pintura	Qui 20/03/14	Seg 19/05/14
Transporte	Qui 03/04/14	Seg 02/06/14
Montagem	Ter 22/04/14	Sex 22/08/14
1@ Tramo - Elev. 11995	Ter 22/04/14	Sex 30/05/14
2@ Tramo - Elev. 23995	Seg 16/06/14	Sex 18/07/14
3@ Tramo - Elev. Acima 23995	Seg 14/07/14	Sex 08/08/14
Fechamento e Cobertura	Seg 11/08/14	Sex 22/08/14
Torre 2 - (146 T)	Ter 10/12/13	Seg 25/08/14
Recebimento Projetos	Ter 10/12/13	Ter 10/12/13
Recebimento de Lista de MP	Ter 10/12/13	Ter 10/12/13
Envio dos Chumbadores	Qua 08/01/14	Ter 28/01/14
Aquisição de Matéria Prima	Ter 10/12/13	Qui 20/03/14
Cálculo das Ligações (Principais e Secundárias)	Ter 10/12/13	Ter 04/02/14
Detalhamento	Qua 08/01/14	Seg 24/03/14
Fabricação	Seg 07/04/14	Ter 27/05/14
1@ Tramo - Elev. 10790	Seg 07/04/14	Qua 07/05/14
2@ Tramo - Elev. Acima 10790	Qui 08/05/14	Ter 27/05/14
Pintura	Qui 15/05/14	Sex 11/07/14
Transporte	Qui 29/05/14	Sex 18/07/14
Montagem	Seg 19/05/14	Seg 25/08/14
1@ Tramo - Elev. 10790	Seg 19/05/14	Seg 30/06/14
2@ Tramo - Elev. Acima 10790	Seg 21/07/14	Seg 18/08/14
Fechamento	Ter 19/08/14	Seg 25/08/14

Continua na próxima página

Continuação Anexo D

Torre 3 - (75,4 T)	Qua 13/11/13	Seg 04/08/14
Recebimento Projetos	Qua 13/11/13	Qua 13/11/13
Recebimento de Lista de MP	Qua 13/11/13	Qua 13/11/13
Envio dos Chumbadores	Qua 08/01/14	Ter 28/01/14
Aquisição de Matéria Prima	Qua 13/11/13	Qui 20/02/14
Cálculo das Ligações (Principais e Secundárias)	Qua 13/11/13	Qui 09/01/14
Detalhamento	Qui 05/12/13	Sex 14/02/14
Fabricação	Qui 06/03/14	Qua 16/04/14
1® Tramo - Elev. 12100	Qui 06/03/14	Qua 16/04/14
2® Tramo - Elev. Acima 12100	Qui 06/03/14	Qua 16/04/14
Pintura	Qui 03/04/14	Seg 19/05/14
Transporte	Qui 10/04/14	Seg 26/05/14
Montagem	Sex 30/05/14	Seg 04/08/14
1® Tramo - Elev. 12100	Sex 30/05/14	Seg 16/06/14
2® Tramo - Elev. Acima 12100	Ter 17/06/14	Seg 04/08/14