



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

GUILHERME PASSOS PIRÔPO

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM 5D NA ELABORAÇÃO E
ACOMPANHAMENTO DE ORÇAMENTO EXECUTIVO**

Salvador-BA
2014

GUILHERME PASSOS PIRÔPO

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM 5D NA ELABORAÇÃO E
ACOMPANHAMENTO DE ORÇAMENTO EXECUTIVO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação
em Engenharia Civil da Escola Politécnica da
Universidade Federal da Bahia, como requisito
para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Emerson de Andrade Marques
Ferreira

Salvador-BA
2014

“[...] E, compreender é transformar o que é”.
- Jiddu Krishnamurti

PIRÔPO, Guilherme Passos. Aplicação da Modelagem 5D na Elaboração e Acompanhamento de Orçamento Executivo. 128 f. il. 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo aplicar a modelagem da informação da construção na elaboração e acompanhamento de um orçamento executivo de uma dada edificação. Primeiramente, foi feita uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de orçamento executivo e modelagem da informação da construção (BIM). Após esta etapa, foi realizado um estudo de caso voltado para a elaboração de um orçamento executivo usando o software Navisworks da Autodesk, gerando um modelo BIM 5D, com custo e planejamento definidos, automatizando o processo tanto para elaboração do orçamento quanto para a associação do mesmo com o cronograma dos serviços da obra. Para análise dos resultados foi feita uma simulação da obra para mostrar a evolução física da obra e o seu custo associado a cada atividade planejada. Tal análise mostrou que é possível aplicar a ferramenta BIM a fim de contribuir para a elaboração de um orçamento executivo e o seu acompanhamento, facilitando estratégias e tomadas de decisões.

Palavras-chave: BIM, Orçamento Executivo, Modelagem 5D, Quantitativos, Planejamento.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI -	Benefícios e Despesas Indiretas
BIM -	Building Information Modeling
CAD -	Computer Aided Design
CUB -	Custo Unitário Básico
GSA -	United States General Services Administration
IAI -	International Alliance for Interoperability
ISO -	International Standard Organization
IFC -	Industry Foundation Classes
LOD -	Level of Development
SINAPI -	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON -	Sindicato da Indústria da Construção
STEP -	Standard Exchange of Product Model Data

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparativo das relações do projeto e orçamento (Fonte: AVILA, 2003)	14
Quadro 2: Características do padrão R8-N da norma NBR 12721:2006 da ABNT (Fonte: SINDUSCON/MG, 2012)	19
Quadro 3: CUB/m ² na Bahia e CUB/m ² no Brasil (Fonte: SINDUSCON/BA, 2013).....	19
Quadro 4: Preço médio por m ² de imóveis nas principais capitais brasileiras (Fonte: ZAP Imóveis, Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2013)	20
Quadro 5: Critérios de medição usados para quantificar fundações (Fonte: Adaptado de GONZALEZ, 2008)	25
Quadro 6: Implicações teóricas sobre a relação projeto x orçamento (Fonte: Melhado, 1994; Ohashi, 2001; Oliveira, 1990 apud Parisotto, 2003; Marchiori, 2009; Santos, 2010)	40
Quadro 7: Nível de precisão de uma estimativa de custo a depender do nível de definição dos projetos (Fonte: Adaptado de SABOL, 2008).....	42
Quadro 8: Diagnóstico dos problemas encontrados nos projetos (Fonte: Adaptado de GEHBAUER e ORTEGA, 2006)	44
Quadro 9: Nível de detalhe para cada elemento, dependendo do nível de detalhe desejado para o modelo (Fonte: Adaptado de BIM42, 2014)	50
Quadro 10: Resumo da metodologia adotada no trabalho.....	68
Quadro 11: Custos diretos de cada etapa e seus respectivos percentuais em relação à obra....	95
Quadro 12: Diferenças entre os quantitativos das paredes entre os modelos 1 e 2.	101
Quadro 13: Diferenças entre os quantitativos levantados por software, em cada um dos modelos estudados.	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formulário para levantamento de quantitativos (Fonte: MATTOS, 2006)	24
Figura 2: Comparativo entre os processos de coordenação entre as disciplinas de projeto, de acordo com o armazenamento das informações em cada repósito (Fonte: MOURA, 2012) ...	26
Figura 3: Curva S de custos planejado e real de uma obra ao longo da sua vida útil (Fonte: LIMMER, 2012).....	28
Figura 4: Diferenças entre os processos de orçamento convencional e orçamento executivo (Fonte: SANTOS et al., 2002).....	30
Figura 5: O BIM ao longo do ciclo de vida do projeto (Fonte: Adaptado de NEURAL ENERGY, 2012).....	34
Figura 6: Estrutura conceitual de uma família de paredes, com suas dimensões baseadas no contexto em que ela está inserida (Fonte: EASTMAN et al, 2011)	36
Figura 7: Parâmetros para modelagem de uma parede (Fonte: Autodesk Revit 2013).....	37
Figura 8: Esquema do fluxo de informações em um processo de trabalho considerando-se o IFC como viabilizador da interoperabilidade das informações (Fonte: Revista AU, Julho 2011).....	39
Figura 9: Exemplo de extração automática de quantitativos de um modelo BIM (Fonte: Autodesk Navisworks 2014)	43
Figura 10: Incompatibilidade entre tubulação e estrutura encontrada em um software BIM (Fonte: http://constructionweekonline.com).....	45
Figura 11: Sequência construtiva do prédio de serviços estudantis da Universidade do Estado da Califórnia, criada por alunos do terceiro semestre de uma turma de BIM (Fonte: KYMMEL, 2008)	47
Figura 12: Modelagem 4D de uma edificação com o uso do software Autodesk Navisworks Manage (Fonte: http://mrasbuilt.com/MAB_BIM_Navis.html)	53
Figura 13: Fluxograma representativo da progressão da modelagem 4D ao 5D (Fonte: Adaptado de http://www.vicosoftware.com/what-is-5D-BIM/tabid/88207/Default.aspx)	55
Figura 14: Modelagem 5D para estimativa de custos (Fonte: Autodesk Navisworks Manage 2014).....	56
Figura 15: Fluxo de partes envolvidas na construção de um modelo BIM (Fonte: SABOL, 2008 apud SANTOS, 2009).....	57
Figura 16: Comparativo entre estimativa de custos tradicional x quantificação com o BIM (Fonte: SABOL, 2008 apud SANTOS, 2009).....	58
Figura 17: Processo de importação de um cronograma para o Timeliner (Fonte: Navisworks, 2015).....	63
Figura 18: Exportação dos dados levantados para Excel (Fonte: Navisworks, 2015)	65
Figura 19: Fluxograma da metodologia do estudo de caso.	70
Figura 20: Planta baixa de arquitetura da casa (Fonte: SINAPI - CAIXA).	71
Figura 21: Vista dos modelos 1 e 2 no Revit 2013.....	72
Figura 22: Exportação do Revit para o Navisworks (1)	74

Figura 23: Exportação do Revit para o Navisworks (2)	74
Figura 24: Exportação do Revit para o Navisworks (3)	75
Figura 25: Exportação do Revit para o Navisworks (4)	75
Figura 26: Modelos 1 (esq.) e 2(dir.) exportados para o Navisworks	76
Figura 27: Etapa “a” do processo de extração de quantidades com o Revit	76
Figura 28: Processo “b” de extração de quantidades com o Revit	77
Figura 29: Processo “c” do levantamento de quantidades no Revit.....	78
Figura 30: Etapa “d” do processo de quantificação com o Revit	78
Figura 31: Tabela dos quantitativos do material concreto para os serviços de concretagem da laje de fundação e estrutura, extraída do Revit.....	79
Figura 32: Exemplo de Sets de paredes internas e externas do modelo no Navisworks 2015.....	80
Figura 33: Seleção da Laje da fundação da casa.	81
Figura 34: Criação do set a partir da seleção feita.....	81
Figura 35: Criação do set da laje de fundação da casa.	82
Figura 36: Seleção de todo o projeto a partir da criação de todos os seus sets.	83
Figura 37: Estrutura do cronograma criada a partir dos sets.	84
Figura 38: Transferência dos sets para a Timeliner.....	85
Figura 39: Cronograma da edificação no Timeliner.....	85
Figura 40: Exportação da Timeliner para o formato XML, para ser aberto no Ms Project.	86
Figura 41: Cronograma importado pelo Ms Project no formato XML.	86
Figura 42: Ferramenta Quantification do Navisworks 2015.	87
Figura 43: Configuração do modelo a ser quantificado (1).....	88
Figura 44: Configuração do modelo a ser quantificado (2).....	88
Figura 45: Configuração do modelo a ser quantificado (3).....	89
Figura 46: Configuração do modelo a ser quantificado (4).....	89
Figura 47: Quantification configurado e pronto para uso.....	90
Figura 48: Mapeamento das propriedades do modelo importado para extrair quantitativos (1).	91
Figura 49: Mapeamento das propriedades do modelo importado para extrair quantitativos (2).	91
Figura 50: Mapeamento das propriedades do modelo importado para extrair quantitativos (3).	92
Figura 51: Criação dos itens de acordo com os sets para levantamento de quantidades.....	92
Figura 52: Quantidades levantadas no Navisworks 2015.....	93
Figura 53: Exportação dos quantitativos para o Excel (1).....	94
Figura 54: Exportação dos quantitativos para o Excel (2).....	94

Figura 55: Quantitativos por etapa no Excel, exportado pelo Navisworks.	96
Figura 56: Planilha orçamentária da obra - Etapas de fundação e Estrutura.	97
Figura 57: Distribuição dos custos unitários por etapa da obra.	98
Figura 58: Seleção da coluna "Custo" no Ms Project.	98
Figura 59: Cronograma elaborado com os custos de cada etapa.	99
Figura 60: Importação do cronograma do Ms Project para o Navisworks (1).	99
Figura 61: Importação do cronograma do Ms Project para o Navisworks (2).	100
Figura 62: Timeliner do Navisworks com os dados do cronograma do Ms Project.	100
Figura 63: Detalhes de fachada do modelo 2 (acima) e do modelo 1 (abaixo) causando diferença nos quantitativos dos revestimentos e pintura (Reprodução Navisworks).	102
Figura 64: Etapa “a” do processo de simulação 5D do Navisworks.	104
Figura 65: Seleção dos quadros do Simulate no Navisworks.	105
Figura 66: Exemplo de um quadro do Simulate e os dados da obra no dado período.	105
Figura 67: 29/07/14. Terceira semana da obra.	106
Figura 68: 05/08/14. Quarta semana da obra.	107
Figura 69: 12/08/14. Quinta semana da obra.	108
Figura 70: 20/08/14. Sexta Semana da obra.	109
Figura 71: 27/08/14. Sétima semana da obra.	110
Figura 72: 04/09/14. Oitava semana da obra.	111
Figura 73: 11/09/14. Nona semana da obra.	112
Figura 74: 26/09/14. Final da obra.	113

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
2.1 GRAU DE DETALHAMENTO DO ORÇAMENTO	18
2.1.1 Estimativa de Custo.....	18
2.1.2 Orçamento Preliminar	20
2.1.3 Orçamento Analítico	21
2.2 ETAPAS DE CÁLCULO DO ORÇAMENTO.....	22
2.2.1 Cálculo do Custo Direto	23
2.2.2 Cálculo das Despesas Indiretas	23
2.2.3 Cálculo dos Benefícios.....	23
2.3 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS	23
2.4 CONTROLE DE CUSTOS.....	27
2.5 ORÇAMENTO EXECUTIVO OU OPERACIONAL.....	29
3 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)	32
3.1 PRINCIPAIS CONCEITOS DA TECNOLOGIA BIM	34
3.1.1 Modelagem paramétrica de objetos.....	35
3.1.2 Interoperabilidade.....	37
3.2 APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA BIM	40
3.2.1 Levantamento de quantitativos	40
3.2.2 Compatibilização de projetos	43
3.2.3 Planejamento e controle de obras	46
3.3. NIVEIS DE DETALHE EM UM MODELO BIM	48
3.4 TIPOS DE MODELAGEM NA TECNOLOGIA BIM.....	51
3.4.1 Modelagem 4D	51
3.4.2 Modelagem 5D	54
3.5 O PROCESSO DE QUANTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA.....	57
3.5.1 Exportar quantidades para um software de estimativas	59
3.5.2 Fazer o link direto dos componentes BIM com um software de estimativas ...	59

3.5.3 Usar uma ferramenta para levantamentos quantitativos	60
3.6 SOFTWARE AUTODESK NAVISWORKS MANAGE	61
3.6.1. A Ferramenta Timeliner	61
3.6.2. A Ferramenta Quantification	63
3.6.3. Terminologia de arquivos do Navisworks	65
4. METODOLOGIA.....	67
5 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA MODELAGEM 5D NA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO EXECUTIVO	69
5.1 APRESENTAÇÃO DO MODELO	70
5.2 EXPORTAÇÃO DO MODELO DO REVIT 2013 PARA O AUTODESK NAVISWORKS 2015.....	72
5.3 LEVANTAMENTO DOS QUANTITATIVOS NO REVIT	76
5.4 LEVANTAMENTO DOS QUANTITATIVOS NO NAVISWORKS	79
5.4.1 Criação dos Sets	80
5.4.2 Elaboração do cronograma	84
5.4.3 Levantamento dos quantitativos	87
5.5 CÁLCULO DOS CUSTOS DIRETOS	95
5.6 MODELAGEM 5D DA EDIFICAÇÃO	96
5.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	100
5.7.1 Comparação dos quantitativos entre os modelos estudados.....	100
5.7.2 Análises de custo através da simulação 5D	103
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
REFERÊNCIAS	118
APÊNDICE	121

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, onde as inovações tecnológicas ditam os rumos dos mercados que demandam um maior volume de produção, a indústria da Construção Civil brasileira ainda demonstra pouca evolução dentro desse contexto. Uma possível justificativa para isso pode ser o aumento dos investimentos em infraestrutura no Brasil, gerando um maior volume na quantidade de obras e, conseqüentemente de projetos, causando uma eventual sobrecarga de serviços nas empresas e disciplinas responsáveis pela elaboração dos mesmos.

A ferramenta CAD (Computer Aided Design – Desenho Assistido por Computador, em português) ainda segue sendo amplamente usada pelas empresas de arquitetura e construção. Porém, com o alto nível de detalhamento e de informações que as obras atualmente estão exigindo, as representações dos desenhos do CAD passam a ficar limitadas, apresentando falhas e muitas indefinições. As conseqüências disso são muitas, porém as mais importantes são a incompatibilidade entre os projetos (arquitetura, estrutura, instalações, fachada, etc.) e os levantamentos quantitativos não apresentam seus valores com a devida precisão.

Segundo Eastman et al (2011), um dos problemas mais comuns associados com a comunicação baseada em modelos em 2D durante a fase de projetos é o tempo e as despesas necessárias para se gerar as informações sobre o dado projeto, incluindo as estimativas de custo, análise do uso de energia, detalhes estruturais e assim por diante. Tais análises geralmente são feitas anteriormente, e muitas vezes já é tarde demais para que mudanças importantes sejam feitas no projeto. Por conta disso, as melhorias não acontecem durante a fase de projeto, comprometendo-o demais em função da engenharia necessária para se resolver as inconsistências apresentadas.

A partir desse contexto o BIM (Building Information Modeling – Modelagem da Informação da Construção) surge com o objetivo de solucionar estes problemas crônicos em projetos, integrando todas as disciplinas envolvidas através de uma modelagem mais precisa e detalhada dos objetos que serão representados.

O BIM apresenta uma proposta de modelo 4D, podendo chegar a 7D, que abandona a simples representação das linhas e passa a representá-los como uma associação de elementos, através da modelagem orientada por objetos. Os objetos passam a ser definidos, sendo atribuído a eles significado semântico e propriedades associadas. São estabelecidas ligações que definem o modo de interação dos elementos entre si e com o modelo global. Os objetos são organizados de modo que fiquem divididos por classes e por níveis de detalhe.

A compatibilização é uma das principais vantagens do sistema BIM, que engloba várias disciplinas da construção em um único protótipo. Sendo assim, as aplicações, alterações e decisões acerca dos projetos são feitas e presenciadas por todas as disciplinas.

O foco central deste trabalho é que a utilização do BIM tende a ser uma excelente ferramenta para a elaboração e acompanhamento de um orçamento em comparação com outras tecnologias, pois o uso dele tornará o levantamento de quantidades de maneira mais precisa e o seu acompanhamento mais rápido, devido à facilidade de se analisar o projeto de acordo com o período pelo qual a obra está passando, sendo um bom auxílio na tomada de decisões.

1.1 JUSTIFICATIVA

Pouco se sabe sobre a utilização do BIM em outras disciplinas dentro da Engenharia Civil, como o da aplicação para o orçamento. Nos empreendimentos atuais, os orçamentos ainda são feitos baseando-se em dados muitas vezes imprecisos, retirados de representações em 2D, sendo estas ainda não totalmente concluídas pelos projetistas, devido ao curto tempo e a grande quantidade de especificações apresentadas.

Um dos fatores primordiais para um resultado lucrativo e o sucesso do construtor é uma orçamentação eficiente. Quando o orçamento é malfeito, fatalmente ocorrem imperfeições e possíveis frustrações de custo e prazo. Aliás, geralmente erra-se para menos, mas errar para mais tampouco é bom. Por ser a base de fixação do preço do projeto, a orçamentação torna-se uma das principais áreas do negócio da construção. Um dos requisitos básicos para um bom orçamentista é o conhecimento detalhado do serviço. A interpretação aprofundada dos desenhos, planos e especificações da obra lhe permite estabelecer a melhor maneira de atacar a obra, e realizar cada tarefa, assim como identificar a dificuldade de cada serviço e consequentemente seus custos de execução (MATTOS, 2006).

O trabalho de orçar uma obra exige bastante conhecimento do orçamentista, uma vez que se baseia na interpretação de vários desenhos contendo várias especificações. Além disso, esses desenhos são independentes, de forma que a modificação em um deles não irá refletir automaticamente no outro. Assim, não são raras as vezes em que o orçamentista deve reorçar a obra porque uma especificação de projeto foi alterada durante o processo orçamentário e não foi levada em consideração ao mesmo. Esse trabalho tende a tornar o orçamento tradicional impreciso.

O Quadro 1 a seguir relaciona a margem de erro do orçamento e o classifica de acordo com as informações contidas no projeto, relacionado por Avila et al. (2003):

Quadro 1: Comparativo das relações do projeto e orçamento (Fonte: AVILA, 2003)

Tipo	Margem de Erro	Elementos Técnicos Necessários
Avaliações	30% a 20%	Área de Construção
		Padrão de Acabamento
		Custo unitário de obra semelhante ao custo unitário básico
Estimativas	20% a 15%	Anteprojeto ou projeto indicativo
		Preços unitários de serviços de referência
		Especificações genéricas
		Índices físicos e financeiros de obras semelhantes
Orçamento Expedido	15% a 10%	Projeto executivo
		Especificações sucintas, mas, definidas
		Composições de preços e serviços genéricas
		Preços de insumos de referência
Orçamento Detalhado	10% a 5%	Projeto executivo
		Projetos complementares
		Especificações precisas
		Composições de preço e serviço específicas
		Preços de insumos de acordo com a escala de serviços
Orçamento Analítico	5% a 1%	Todos os elementos necessários ao orçamento detalhado mais o planejamento da obra

Tendo em vista o quadro apresentado acima, com o uso do BIM os principais – participantes do projeto estão envolvidos desde o primeiro momento prático da sua concepção. Portanto, suas atualizações são automáticas porque o modelo contém informações de todos os projetos em um único arquivo. Essa nova abordagem apresentada pelo BIM faz com que os orçamentos sejam mais precisos em comparação ao método tradicional, permitindo também maiores alternativas para o projeto, não sobrecarregando demais a atividade da orçamentação.

O BIM ainda é muito pouco difundido entre os profissionais da Construção Civil. Nos EUA e países da Europa, ele já é uma realidade consolidada desde o final da década de 1980, tendo muitos resultados satisfatórios, dos quais se destacam nas áreas de geração de quantitativos mais precisos de materiais e serviços, compatibilização de projetos e o planejamento e controle da produção.

Este trabalho, portanto, se justifica na intenção de querer apresentar, difundir e espalhar para a comunidade da Engenharia Civil esta nova plataforma que, segundo Vasconcelos (2010), possui um grande potencial como solução para as principais causas de atrasos e desperdícios na fase de execução, eliminando os erros em informações sobre tipos e especificações de determinados materiais e as contradições entre documentos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a aplicação da modelagem 5D na elaboração de orçamento executivo.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são os seguintes:

1. Conhecer as características e aplicações de ferramentas de modelagem da informação da construção e do orçamento na construção civil;
2. Aplicar o BIM para elaboração de orçamento executivo através de um estudo de caso;
3. Avaliar os resultados obtidos pela aplicação do BIM na elaboração de orçamento executivo.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 será feita uma breve introdução sobre o tema abordado dentro do atual contexto da indústria da construção civil brasileira.

No capítulo 2 será feita uma revisão bibliográfica sobre orçamento na construção civil, sendo apresentados seus conceitos, etapas realizadas, aplicações e das falhas que o modelo tradicional apresenta.

Já o capítulo 3 será outra revisão bibliográfica sobre a Modelagem da Informação da Construção (BIM), seus conceitos, aplicações dentro da construção civil e tipos de modelagens com o foco voltado para o trabalho da orçamentação.

O capítulo 4 apresentará a metodologia para a realização do estudo de caso, falando das fontes e ferramentas utilizadas e um quadro resumo com os objetivos específicos, as ferramentas utilizadas e os resultados esperados para cada fase do estudo.

O capítulo 5 mostrará o estudo de caso deste trabalho, com a aplicação da ferramenta BIM na elaboração e acompanhamento de um orçamento executivo de uma obra.

O capítulo 6 focará nas considerações finais deste trabalho, comentando os resultados esperados do estudo com os objetivos.

2 ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Limmer (2012), um orçamento pode ser definido como a determinação dos gastos necessários para a realização de um projeto, de acordo com um plano de execução previamente estabelecido, gastos estes traduzidos em termos quantitativos, satisfazendo os seguintes objetivos:

- Definir o custo de execução de cada atividade ou serviço;
- Constituir-se em documento contratual, servindo de base para o faturamento da empresa executora do projeto, empreendimento ou obra, e para resolver dúvidas ou omissões quanto a pagamentos;
- Servir como referência na análise dos rendimentos obtidos dos recursos empregados na execução do projeto;
- Fornecer, como instrumento de controle da execução do projeto, informações para o desenvolvimento de coeficientes técnicos confiáveis visando ao aperfeiçoamento da capacidade técnica e da competitividade da empresa executora do projeto no mercado.

Segundo Gonzáles (2008), na visão tradicional, orçamento é uma previsão (ou estimativa) do custo ou do preço de uma obra. O custo total da obra é o valor correspondente à soma de todos os gastos necessários para a sua execução. O preço é igual ao custo acrescido da margem de lucro, ou seja $C+L=P$. No mercado da construção civil, entretanto, há um elevado número de concorrentes em vários segmentos, fazendo que o preço seja dado pelo mercado. Dessa forma, as empresas devem gerenciar os seus custos para manter a possibilidade de lucro, em outras palavras, $P-C=L$. O orçamento deve ser feito no início da obra, para que ele seja usado como base para o planejamento e o controle da obra.

Para Mattos (2006), orçamento não se confunde com orçamentação, pois o orçamento é um produto da orçamentação, que é o processo de determinação. Ainda segundo o autor, um grande número de variáveis influencia no custo de um empreendimento, sendo assim, a técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de um grande número de itens e requer, portanto, muita atenção e habilidade técnica do orçamentista. Muito estudo deve ser feito para que não existam lacunas nem considerações descabidas no orçamento, uma vez que o orçamento é feito antes da construção do produto.

Ainda segundo Mattos (2006), em geral, um orçamento é determinado somando-se os custos diretos - mão de obra e operários, materiais – e os custos indiretos – equipes de supervisão e apoio, despesas gerais do canteiro de obras, taxas, equipamentos, etc – e por fim adicionando-se impostos e lucro para se chegar ao preço de venda.

2.1 GRAU DE DETALHAMENTO DO ORÇAMENTO

O grau de elaboração do orçamento é uma preocupação do gestor de determinado empreendimento em ter noção do seu custo provável, sendo definitivo na tomada de decisões importantes para a realização da obra. A seguir serão apresentados, segundo a classificação de Mattos (2006), os tipos de orçamento quanto ao seu grau de detalhamento.

2.1.1 Estimativa de Custo

A estimativa de custo ou orçamento expedito é uma avaliação expedita feita com base em custos históricos e comparação com projetos similares, dando uma ideia aproximada da ordem de grandeza do custo do empreendimento. Em geral ela é feita a partir de indicadores genéricos, números consagrados que servem para uma primeira abordagem da faixa do custo da obra. No caso das obras de edificações, um indicador bastante usado é o custo do metro quadrado construído. Inúmeros são os indicadores usados como referência, sendo o principal deles o Custo Unitário Básico - CUB (MATTOS, 2006).

A lei 4.591/64 atribuiu à Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, segundo o art. 53, a tarefa de padronizar critérios e normas para o cálculo de custos unitários de construção, execução de orçamentos e avaliação global da obra, sendo de obrigação de todos os Sindicatos da Indústria da Construção - SINDUSCONs a calcularem e divulgarem mensalmente os custos unitários referentes a diversos padrões de construção, de acordo com o art. 54 desta lei.

A norma 12.721 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios) conceitua o CUB, criado em dezembro de 64, como o custo da construção por metro quadrado do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida na referida norma, pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil em atendimento ao disposto no artigo 54 da lei nº. 4.591/64 e que serve de avaliação para avaliação de parte dos custos de construção das edificações (ABNT, 2006).

O CUB de cada projeto-padrão é calculado aplicando-se os coeficientes constantes dos quadros da NBR 12.721 (lotes básicos) os preços unitários dos insumos (material, mão-de-obra) ali relacionados, sendo pesquisados e divulgados mensalmente pela SINDUSCON juntamente com as construtoras.

Um dos projetos-padrão utilizado na Bahia e em outros estados brasileiros é o RN-8, cujas características são apresentadas no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Características do padrão R8-N da norma NBR 12721:2006 da ABNT (Fonte: SINDUSCON/MG, 2012)

Sigla	Nome e Descrição	Dormitórios	Área Real (m ²)	Área Equivalente (m ²)
R8-N	Residência multifamiliar, padrão normal: garagem, pilotis e oito pavimentos-tipo. Garagem: escada, elevadores, 64 vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: hall de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar com três dormitórios, sendo um suíte, sala estar/jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda	3	5.998,73	4.135,22

O Quadro 3 abaixo mostra o resultado final dos cálculos feitos para obtenção do CUB/m² no Brasil (média de todos os estados) e na Bahia no período entre os meses de maio e setembro de 2013.

Quadro 3: CUB/m² na Bahia e CUB/m² no Brasil (Fonte: SINDUSCON/BA, 2013)

Mês/ano	Custo Unitário Básico por m² (NBR 12.721/2006)							
	CUB Médio - Brasil				CUB Médio - Bahia			
	Valores Em R\$/m²	Variações (%)			Valores Em R\$/m²	Variações (%)		
		Acumulado				Acumulado		
		Mês	Ano	12 meses		Mês	Ano	12 meses
Mai/13	1.041,82	1,83	3,55	7,29	1.060,14	0,25	5,80	7,98
Jun/13	1.057,25	1,48	5,08	7,76	1.072,23	1,14	7,01	7,49
Jul/13	1.064,08	0,65	5,76	7,02	1.078,70	0,60	7,65	7,54
Ago/13	1.067,91	0,36	6,14	7,13	1.079,56	0,08	7,74	7,47
Set/13	1.070,15	0,21	6,36	7,19	1.084,87	0,49	8,27	7,91

A partir dos dados analisados acima, percebe-se que o preço médio do CUB/m² no estado da Bahia é maior em comparação ao CUB/m² médio do Brasil, nos meses especificados.

Analisando os valores do quadro anterior com o Quadro 4, nota-se que a margem de lucro na venda dos imóveis costuma ser mais baixa em Salvador do que em outras capitais.

Quadro 4: Preço médio por m² de imóveis nas principais capitais brasileiras (Fonte: ZAP Imóveis, Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2013)

Preço Médio do m² – dez/2013	
Capital	Valor R\$/m²
Rio de Janeiro	9.812,00
Brasília	8.660,00
São Paulo	7.730,00
Recife	5.746,00
Belo Horizonte	5.402,00
Fortaleza	5.337,00
Salvador	4.383,00

Para o cálculo do CUB não são levados em consideração custos referentes às especificidades da construção como o valor do terreno, fundações especiais, paisagismo, elevadores, instalações e equipamentos diversos, obras complementares, impostos, taxas, honorários, etc.

Além do CUB existem outros indicadores para serem usados como referência para a estimativa de custos, como o Custo Unitário Pini de Edificações, indicadores da Fundação Getúlio Vargas, o método SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Caixa), Custos de Urbanização, dentre outros.

A estimativa de custos é feita geralmente durante o início do ciclo de vida do projeto, mais especificamente no estudo de viabilidade do projeto. Os projetos ainda se encontram na fase de anteprojeto e carece de muitas especificações.

Por conta disso, a estimativa de custos é de grande utilidade, pois ele será a base para o gestor para optar se ele deve prosseguir com o projeto, se deve aumentá-lo em seu escopo, ou cortar partes, ou reduzir o padrão de acabamento ou até mesmo abortá-lo e chegar à conclusão de que não dispõe dos recursos requeridos para continuar com o empreendimento.

2.1.2 Orçamento Preliminar

O orçamento preliminar está a um grau acima da estimativa de custos, sendo mais detalhado, consequentemente apresentando um grau de incerteza mais baixo do que o levantamento expedito. Neste tipo de orçamento, trabalha-se com uma quantidade maior de indicadores, representando um aprimoramento da estimativa inicial.

Estes indicadores geram um menor pacote de trabalho, maior facilidade de orçamentação e de análise de sensibilidade de preços (MATTOS, 2006).

Os orçamentos preliminares são elaborados quando na fase de desenvolvimento do projeto, ou seja, quando a execução dos projetos de detalhamento já foi contratada, gerando muitos dados, embora não definitivos, para servirem de base para o orçamento. Vale ressaltar que, tal qual a estimativa de custos, o orçamento preliminar também se baseia em dados históricos, diferenciando-se apenas no uso de indicadores que são obtidos de obras anteriores pela própria construtora.

Geralmente os dados usados para que sirvam de base para a elaboração dos orçamentos preliminares são: os custos dos serviços de engenharia, especificações preliminares de equipamentos de processos e utilidades e listas preliminares de materiais, além de informações relacionadas ao tipo de fundações que serão construídas e plantas arquitetônicas. Alguns exemplos de indicadores que são usados pelo orçamentista são o volume de concreto, o peso da armação e a área de forma.

Este tipo de orçamento é muito utilizado de maneira equivocada pelas empresas para concorrência no período de licitação da obra. Devido ao curto espaço de tempo entre a elaboração do orçamento e a concorrência e à falta de um projeto executivo, as empresas muitas vezes arbitram os preços para que elas possam fechar o orçamento mais rapidamente e entrar na licitação.

O uso de índices nos orçamentos preliminares fica bastante reduzido, prevalecendo às consultas diretas aos fornecedores. Entretanto, outro componente de custo ainda será estimado por meio desses métodos rápidos de estimativa.

2.1.3 Orçamento Analítico

A definição de orçamento analítico é a mesma em várias biografias, embora ele possa ser visto em algumas publicações como orçamento discriminado ou orçamento detalhado. Segundo Mattos (2006), o orçamento analítico constitui a maneira mais detalhada e precisa de se prever o custo da obra, efetuado a partir do cálculo da composição de custos e dos insumos (materiais, mão de obra, horas de equipamento, dentre outros). Este tipo de orçamento procura chegar bem próximo do custo real da obra.

O orçamento detalhado é aquele composto por uma relação extensiva dos serviços ou atividades a serem executadas na obra. Os preços unitários de cada um desses serviços são obtidos por meio de composições de custos, que são basicamente fórmulas empíricas de preços, relacionando a quantidade e custos unitários dos materiais e mão-de-obra para executar um empreendimento. Os quantitativos dos serviços são medidos em projeto (GONZALES, 2008).

Além do custo dos serviços (custo direto), são computados também os custos de manutenção do canteiro de obras, equipes técnica, administrativa e de suporte de da obra, taxas e emolumentos, etc. (custos indiretos), chegando a um valor orçado preciso e coerente (MATTOS, 2006).

Os custos indiretos, juntamente com outros fatores, como o custo da administração central, os custos financeiros, os imprevistos e contingências, impostos e lucro são usados para o cálculo do BDI (benefícios e despesas indiretas). O BDI é o fator a ser aplicado nos custos diretos para obter o preço de venda e é utilizado para se diluir os custos indiretos sobre os diretos, uma vez que não há meios para detalhar este índice na planilha orçamentária.

O Orçamento analítico possui um grau de precisão muito maior do que a estimativa de custos e o orçamento preliminar, pois a quantidade de informações extraídas para a elaboração para este orçamento é grande. Entretanto, não se pode falar em exatidão, pois os orçamentos são aproximações, devido a algumas incertezas como o rendimento dos materiais usados e a produtividade dos operários e equipamentos. Por conta disso, a margem de erro, segundo Avilla, Librelotto e Lopes (2003) apresentada no orçamento analítico é da ordem entre 5% e 1%.

De acordo com Gonzalez (2008), os orçamentos mais precisos exigem que o conjunto de dados do projeto esteja desenvolvido, ou seja, os projetos de variadas áreas (arquitetônico, hidráulico, elétrico, estruturais, especificações técnicas, etc.). Portanto, quanto mais detalhado o orçamento, mais esforço ele exigirá para ser elaborado.

2.2 ETAPAS DE CÁLCULO DO ORÇAMENTO

Segundo Tisaka (2006), o orçamento para execução de obras na Construção Civil é composto pelos elementos ou etapas de cálculo expostos a seguir.

2.2.1 Cálculo do Custo Direto

O custo direto é o custo relacionado com as despesas de materiais e mão-de-obra que serão incorporados ao estado físico da obra. Alguns exemplos são as despesas da administração local, instalação do canteiro de obras e sua manutenção e sua mobilização e desmobilização.

2.2.2 Cálculo das Despesas Indiretas

As despesas indiretas são aquelas que não estão vinculadas aos serviços de campo, porém necessários para que estes possam ser realizados. As despesas indiretas são a equipe técnica (engenheiros, arquitetos, mestre-de-obra) e de suporte (secretárias, vigias), mobilização do canteiro de obras, taxas, dentre outras.

2.2.3 Cálculo dos Benefícios

O benefício ou o BDI é a previsão do benefício ou lucro esperado pelo construtor mais uma taxa de despesas comerciais e reserva de contingência.

2.3 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Para que esta etapa seja efetuada, os serviços a serem executados em uma obra devem ser todos compilados. A quantificação dos diversos serviços e materiais só poderá ser feita após a conclusão dos projetos com as discriminações técnicas, memoriais, projetos gráficos (de todas as disciplinas, teoricamente) e detalhamentos. Em outras palavras, quando todas as definições necessárias já foram executadas pelo projetista.

O processo do levantamento de quantitativos é uma das que mais exigem intelectualmente do orçamentista, porque demanda leitura de projeto, cálculos de áreas e volumes, consultas a tabelas de engenharia, tabulação de números, dentre outros (MATTOS, 2006).

No entanto, as representações bidimensionais dos projetos ainda são bastante usadas entre os projetistas para a execução dos levantamentos quantitativos, sendo um processo bastante demorado e trabalhoso, gerando resultados com erros. Como esse erro se propaga, quanto maior for a edificação, maior será o erro apresentado.

A Figura 1 a seguir apresenta a planilha de quantitativos de revestimentos, que é alimentada pela extração de quantitativos retirados de projetos bidimensionais.

Figura 1: Formulário para levantamento de quantitativos (Fonte: MATTOS, 2006)

Cômodo	Perímetro (m)	Altura (m)	Descontos (m ²)	Chapisco (m ²)	Emboço (m ²)	Reboco (m ²)	Massa corrida (m ²)	Pintura (m ²)	Azulejo (m ²)	Rodapé (m)
Sala	18,00	2,80	0,40	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00		18,00
Quarto 1										
Quarto 2										
Banheiro	10,00	2,80		28,00	28,00		-	-	28,00	10,00
Corredor										
Total				78,00	78,00	50,00	50,00	50,00	28,00	28,00



Dados de entrada

Para quantificar os serviços a serem executados na obra, alguns critérios para medição são levados em conta como uma forma de padronizar a forma como as quantidades serão levantadas.

Os critérios para medição geralmente buscam, ao máximo, a correspondência com as medidas reais. Alguns serviços, contudo, escapam esse critério e são relacionados com a forma tradicional de aquisição dos materiais ou de contratação dos serviços (GONZALEZ, 2008).

Cada profissional, ou empresa, deve ter critérios bem definidos, padronizados e conhecidos por todos os envolvidos, inclusive subempreiteiros, pois os preços e as quantidades de materiais a serem adquiridos devem estar em total sintonia.

Muitas são as dúvidas ao se levantarem os quantitativos, especialmente no caso em que é feito por profissionais inexperientes. A falta de padronização no levantamento dos quantitativos em projetos pode ser também apontada como uma das fontes de imprecisão no custo final do orçamento, além do desconhecimento sobre a relação indispensável entre o coeficiente de consumo da composição de custo e o respectivo critério de medição.

Quadro 5: Critérios de medição usados para quantificar fundações (Fonte: Adaptado de GONZALEZ, 2008)

Atividade	Unidade	Critério recomendado
Fundações		
Instalação do equipamento de estaqueamento	un	mobilização, transporte e instalação do equipamento
Estacas	m	comprimento de projeto, de acordo com o diâmetro e tipo
Corte de estaca ou arrazamento	un	quantidade de estacas
Lastro de concreto magro	m ³	considerar a largura efetiva de escavação e esp. de 5cm
Alvenaria de pedra	m ³	volume de projeto
Concreto	m ³	volume de projeto
Formas para fundação	m ²	área lateral das peças de concreto (blocos, sapatas, vigas)
Armadura para fundação	kg	considerar quantidades de projeto

De acordo com Carvalho (2004), as diferenças de critérios de medição adotados não dizem respeito só a má comunicação entre os diversos agentes envolvidos na obra, já que muitas vezes são inadequados para os diferentes fins de quantificação, como nos casos de estimativa do custo total da obra, pagamento de mão de obra e cálculo da quantidade de material. Tal autor acrescenta que, no Brasil, pela ausência de uma norma que padronize os critérios de medição, esse tipo de problema é ainda bastante comum.

O atual modelo de orçamentação ainda apresenta outra ineficiência, que pode ser apontada pelo fato de existir uma má coordenação entre os projetos das várias disciplinas (arquitetura, estrutural, instalações etc.).

Neste tipo de coordenação, cada projetista arquiva as informações do projeto em seu próprio repositório, nem sempre sendo, portanto, avisado em relação às alterações do projeto. Isso acaba também contribuindo para as imprecisões dos levantamentos quantitativos do modelo tradicional de orçamento.

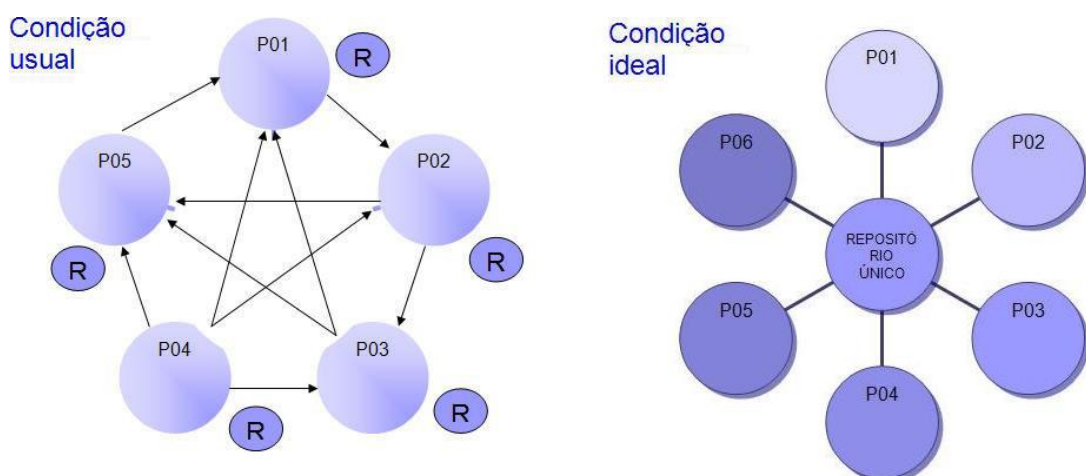
Atualmente, algumas ferramentas são usadas para automatizar os levantamentos quantitativos em 2D, diminuindo os trabalhos manuais, como os programas em Visual Basic e o AutoLisp, que auxiliam na contagem de blocos do AutoCAD, fazendo que a contagem de objetos unitários (conexões, parafusos, conectores, bancadas, etc). Se esses blocos estiverem parametrizados, informações como área e comprimento podem ser retiradas também. Tais ferramentas citadas ajudam no processo de levantamentos quantitativos, diminuindo o tempo perdido nessa etapa, porém ela não resolve o problema de coordenação entre projetos das

diferentes disciplinas. Além disso, ela apresenta um grau de dificuldade alto de implementação, exigindo uma mão de obra mais especializada, justificando o fato de poucas empresas possuírem essas ferramentas.

Nos dias atuais o BIM (Building Information Modeling – Modelagem da Informação da Construção) apresenta-se como uma solução em potencial, visando uma melhoria nos levantamentos quantitativos, dentre outros benefícios em diferentes áreas. Esta ferramenta permite que o processo seja mais automatizado, visto que os objetos a serem levantados (alvenaria, reboco, estrutura de concreto, etc.) são parametrizados, ou seja, elas guardam consigo, além da característica geométrica da peça, outras informações relacionadas à sua construção. Além disso, a ferramenta apresenta uma interdependência entre os objetos parametrizados, por exemplo: se num modelo BIM, quando o pé-direito é modificado, todos os objetos irão se ajustar ao novo pé-direito. Isso faz com que os problemas de inconsistência entre projetos sejam eliminados, melhorando a coordenação da informação. Porém, para que isso aconteça, é necessário que as partes envolvidas trabalhem em um repositório único de informações.

A Figura 2 apresenta a diferença entre a coordenação entre as diferentes disciplinas entre projetos. À esquerda são as diferentes disciplinas de projetos que guardam as informações em seu próprio repositório, sendo a condição atual. À direita, as disciplinas envolvidas no projeto guardando as informações em um único repositório, condição esta que o BIM pode permitir.

Figura 2: Comparativo entre os processos de coordenação entre as disciplinas de projeto, de acordo com o armazenamento das informações em cada repósito (Fonte: MOURA, 2012)



2.4 CONTROLE DE CUSTOS

O controle de custos da obra faz estimativas dos custos de cada um dos pacotes de trabalho, dos subsistemas, e de todo o projeto, e estabelece o orçamento para o projeto inteiro.

Esta etapa consiste na comparação dos custos planejados com os custos reais incorridos em vários pontos do projeto e a estimativa dos custos restantes, como também a atualização das estimativas de custos finais. É a soma de todas as ações necessárias para o planejamento, monitoração e controle dos custos durante todo o ciclo de vida do projeto, incluindo-se a avaliação do projeto e as estimativas de custos nas primeiras fases do projeto (IMPA, 2006).

Segundo Limmer (2012), o controle de custos é feito similarmente ao controle de prazos (feito através de cronogramas) e de recursos, controlando os custos da mão-de-obra, de materiais e equipamentos incorporados ao projeto e os custos dos equipamentos para a execução do mesmo.

Os principais objetivos de controlar os custos de uma obra são, segundo Oliveira e Perez Jr. (2000):

- Fornecer informações gerenciais para a administração a fim de subsidiar as tomadas de decisões;
- Servir como instrumento de controle sobre as atividades operacionais e produtivas de uma entidade;
- Demonstrar as distorções de valores, níveis de produtividade e eficiência da produção de bens e serviços, em relação às metas da empresa e padrões estabelecidos;
- Contribuir para a apuração de índices econômicos, financeiros e de lucratividade;
- Avaliar a eficácia e eficiência na utilização dos fatores produtivos;
- Identificar falhas nos processos produtivos e atividades que não agregam valores aos produtos;
- Fornecer subsídios para a terceirização de determinadas atividades;
- Identificar a capacidade ociosa da produção.

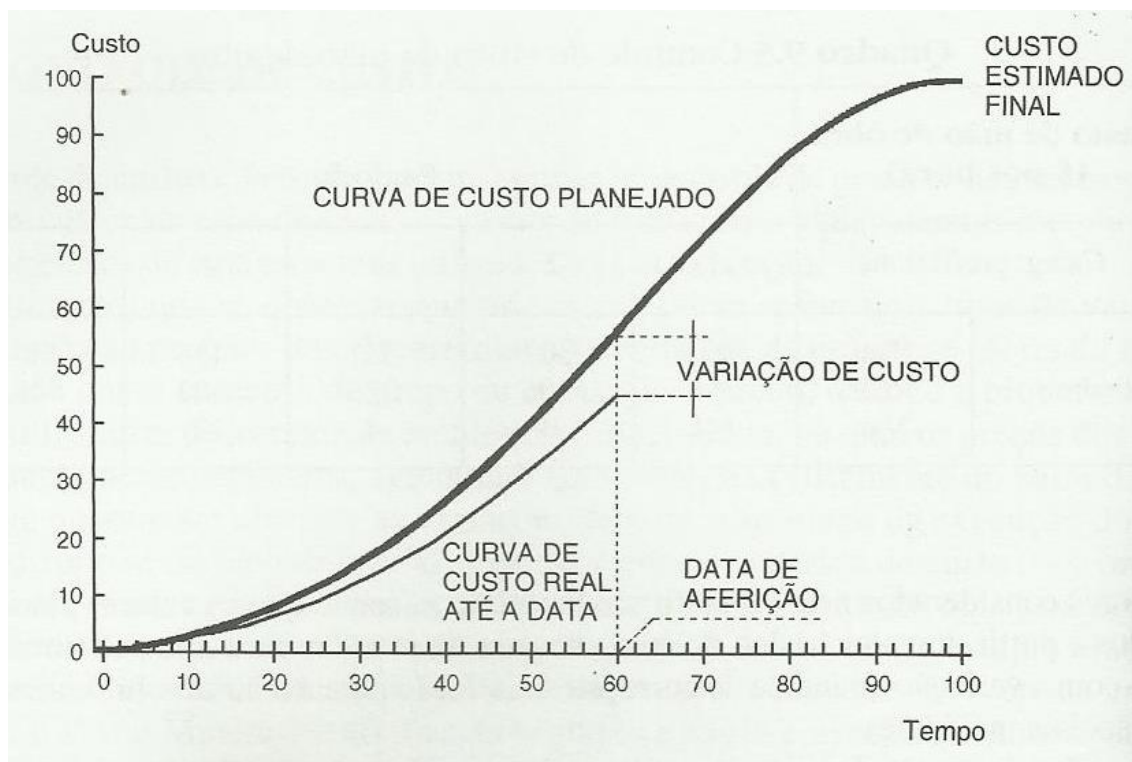
Para se efetuar um controle de obras é necessário, portanto, conhecer as variações dos custos diretos da mão-de-obra e respectivos encargos sociais, de materiais e de equipamentos incorporados ou não ao projeto, bem como os custos indiretos de projeto e os da empresa,

tudo isso em relação ao período da aferição e em relação à estimativa básica de custos distribuídos ao longo do projeto (LIMMER, 2012). Vale acrescentar que as variações de custo são calculadas a cada período, semanalmente ou mensalmente.

A ferramenta mais utilizada para a execução do controle dos custos é a curva S. A curva S é uma curva totalizadora, acumulada, da distribuição porcentual, parcial, relativa à alocação de determinado fator de produção ao longo do tempo (Lara, 1996 apud Mattos, 2010). Em outras palavras, é a representação gráfica de uma soma dos avanços das atividades dentro da obra, sendo considerado como um indicador para avaliação do desempenho da obra. Trata-se, portanto, da comparação dos custos real e planejado da obra, representados cada uma no gráfico.

Em função dos levantamentos quantitativos serem geralmente estimados, tal comparação entre os andamentos real e planejado não é a mais adequada, podendo apresentar falhas ou omissões do planejamento ou de qualquer fase da implementação. A Figura 3 a seguir apresenta a curva S de custos para o controle da obra.

Figura 3: Curva S de custos planejado e real de uma obra ao longo da sua vida útil (Fonte: LIMMER, 2012)



Um controle de custos eficaz deve permitir, uma vez constatada qualquer anormalidade em projetos, interferir no sistema e corrigir falhas ou omissões em tempo hábil. Durante a implementação do projeto existe, muitas vezes, a necessidade de alterar o planejamento da

parte não executada, seja introduzindo novas atividades ou alterando as que estão em andamento, a fim de melhorar ainda mais o atingimento dos objetivos finais propostos. Dessa forma, é preciso analisar constantemente a parte a executar e verificar também a sua adequação ao plano, tornando o controle um processo essencialmente dinâmico. (LIMMER, 2012).

2.5 ORÇAMENTO EXECUTIVO OU OPERACIONAL

Os projetos de construção exigem estimativas precisas para cada etapa do processo. No entanto, como os construtores se envolvem mais cedo no projeto, estimar os custos são, muitas vezes, transferidas para eles. Para evitar gastar recursos significativos de cada mudança no projeto, orçamentistas precisam de ferramentas que podem ajustar rapidamente a estimativa de custos do projeto (ADLER, 2006 apud SANTOS, 2009).

Ao contrário do orçamento convencional que enxerga a obra como pronta, o orçamento executivo ou operacional se preocupa com todos os detalhes de como a obra vai ser executada. O orçamento executivo responde à necessidade de modelar os custos de acordo com a forma como eles incorrem no canteiro, ao longo do tempo. (GALVÃO, 1990 apud DOMINGUES, 2003).

O orçamento executivo é um orçamento para uso em controle e planejamento da obra buscando essencialmente adequar as informações fornecidas aos dados obtidos em obra segundo o conceito da operação. Em outras palavras, toda tarefa é executada de forma contínua e sem interrupções, com início e fim bem definidos, por um tipo de mão de obra. O orçamento executivo leva à viabilização da administração do processo construtivo, uma vez conhecido o nível de precisão da estimativa de custos. (SOLANO, 1996 apud OLIVEIRA, 2005).

Este tipo de orçamento consiste essencialmente em adequar as informações fornecidas pelo orçamento aos dados obtidos em obra segundo um conceito de operação, isto é, a tarefa deve ser executada pela mesma mão-de-obra, de forma contínua e com limites bem definidos. O orçamento operacional está intimamente ligado ao momento em que as atividades são executadas na obra (LIMMER, 2012).

O orçamento executivo ou operacional tem como parâmetro orçado a operação, adequando as informações fornecidas pelo orçamento aos dados obtidos em obra, baseado na programação das atividades de execução. A programação envolve o conceito de se determinar quais as operações necessárias para fazer cada serviço (LIBRELOTTO, et al., 1998).

A principal diferença entre os orçamentos convencional e executivo está no fator tempo. Enquanto na abordagem convencional a orçamentação é feita baseando-se na obra pronta, desconsiderando o processo envolvido na fase de execução, na abordagem do orçamento executivo parte-se de uma programação prévia, analisando com detalhes todo o processo de construção para se chegar a uma estimativa de custos detalhada.

No orçamento operacional, apenas os custos dos materiais são proporcionais às quantidades produzidas, enquanto que os custos de mão-de-obra e equipamentos são proporcionais ao tempo. (SANTOS, et al., 2002).

A Figura 4 a seguir representa de forma resumida esta diferença entre os dois tipos de orçamento.

Figura 4: Diferenças entre os processos de orçamento convencional e orçamento executivo (Fonte: SANTOS et al., 2002)



A adoção de uma estrutura de orçamento em função do plano de ataque da obra, além de tornar os custos referentes à execução das atividades mais condizentes com a realidade pretendida reduz os prazos de produção, explorando ao máximo a possibilidade de superposição de atividades, exigindo um planejamento operacional mais preciso e, ao mesmo tempo, flexível. Dessa forma, é alcançado um aumento do poder de tomada de decisões em relação ao orçamento convencional. (BAZANELLI, et al., 2003).

As vantagens do orçamento executivo são muitas e fundamentalmente ligadas à transparência em que a obra é exposta, aumentando assim, o poder de decisão, uma vez considerados o custo e tempo. Os parâmetros orçados estão intimamente relacionados com o momento de execução, propiciando o balanceamento das equipes de trabalho, considerando, inclusive, os tempos improdutivos de certas operações, e, além disso, é otimizado o setor de suprimentos, tornando-se transparente a cadência dos materiais necessários. Estas atitudes viabilizam o orçamento como fonte de racionalização do gerenciamento de obras (CABRAL, 1988 apud BAZANELLI, 2003).

Como desvantagem, o orçamento executivo ou operacional apresenta um tempo para a sua realização maior do que o orçamento convencional, tendo o profissional dessa área grande conhecimento do processo produtivo e a programação da obra fica exposta a certa rigidez, devido à alocação dos custos em períodos pré-determinados (CABRAL, 1988 apud BAZANELLI, 2003).

3 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)

O BIM (Building information Modeling ou Building Information Model) é o termo em inglês para a Modelagem da Informação da Construção ou Modelo da Informação da Construção. Podendo apresentar interpretações diferentes, a depender do objetivo de estudo, esta ferramenta baseia-se fundamentalmente nas informações geradas a partir de um objeto virtualmente modelado.

Algumas outras definições serão apresentadas abaixo, a fim de se obter mais clareza acerca desta ferramenta.

O BIM pode ser definido como um modelo inteligente de processos baseado em informações, que fornece uma visão para criação e gerenciamento da construção e de projetos de infraestrutura de forma mais rápida, econômica e com menor impacto ambiental. (Autodesk, 2013).

Outra definição para a ferramenta pode ser a representação digital de características físicas e funcionais de uma construção. O BIM é o meio de compartilhamento do conhecimento usado para obter informações de uma construção, formando uma base confiável para tomada de decisões durante o ciclo de vida do projeto, definido desde a sua concepção até a demolição. (National Building Information Model, 2012).

De acordo com Kymmell (2008), um modelo BIM pode ser definido como uma simulação da construção, constituída de modelos 3D dos componentes da construção ligados com todas as informações necessárias ao planejamento, construção, operação e demolição.

A United States General Services Administration (GSA) define o BIM como o desenvolvimento e uso de um modelo computacional de dados, não só para documentar um projeto de construção, mas para simular a construção e operação de uma nova construção ou de uma instalação modernizada.

O modelo de informações de construção é resultado de um conjunto de dados referentes aos objetos, representação inteligente e paramétrica da instalação, a partir do qual visões apropriadas de vários usuários podem ser extraídas e analisadas para gerar opinião e melhoria da concepção do projeto.

Segundo Chuck Eastman et al (2011), o BIM não é apenas uma mudança de tecnologia, e sim, uma mudança no processo como um todo. Ao permitir que um edifício seja representado por objetos que carregam informações com detalhes sobre si mesmos e compreender a relação com outros objetos no modelo construtivo, o BIM não só muda o modo como são criados os desenhos e visualizações do modelo, mas altera drasticamente todos os processos-chave envolvidos na colocação de um edifício em conjunto.

O BIM consiste em um sistema inteligente, onde cada aspecto do modelo está ligado a todos os outros aspectos num só objetivo: refletir a realidade. Uma mudança que seja em qualquer característica do projeto, seja ela de caráter gráfica ou textual, é imediatamente refletida nas outras características. Além do mais, um BIM, por ser uma ferramenta da família object-based, trabalha com o conceito de integridade paramétrica: a geometria pode ser alterada, modificando-se dimensões ou outros parâmetros, mas cada objeto sabe da existência de outros objetos, podendo se ajustar a esta alteração. Também são incluídos nesta inteligência vários atributos não geométricos, como resistência ao fogo, por exemplo (CYON Research Corporation, 2003).

Quando devidamente implementado, o BIM pode promover vários benefícios para um projeto, através de um bom planejamento, gerando: melhor pré-fabricação devido às condições previamente bem definidas, melhoria da eficiência devido às visualizações do cronograma da obra, maior inovação através do uso de aplicações de design digitalizadas, dentre outros benefícios. Ao final da fase de construção, informações valiosas podem ser utilizadas pela equipe da obra para gerenciamento, planejamento e elaboração de um cronograma de manutenção para melhorar o desempenho da obra como um todo. Todavia, também houve exemplos de modelos em que a equipe não obteve total êxito com o planejamento e a implementação do BIM e as consequências foram o aumento de custos para os serviços de modelagem, atrasos na programação devido à falta de informação suficiente, e pouco ou nenhum valor agregado.

O BIM requer um planejamento detalhado e modificações de processos fundamentais para os projetistas, a fim de alcançar com êxito o valor a partir das informações contidas no modelo.

Para um melhor entendimento do conceito, é importante frisar do que esta tecnologia não se trata, de acordo com Eastman et al (2011):

Modelos que contém apenas os desenhos 3D e nenhum (ou poucos) atributo para os objetos. Esses são os modelos que são usados apenas para visualizações gráficas e não apresentam nenhuma informação para os objetos, sendo bons apenas para visualizações, não apresentando os dados necessários para uma análise detalhada e integrada do projeto. Um exemplo disso é o Google Sketchup, excelente programa para o rápido desenvolvimento de desenhos em 3D, mas que tem seu uso limitado para outras aplicações uma vez que os seus objetos não são inteligentes, contendo apenas a geometria do modelo.

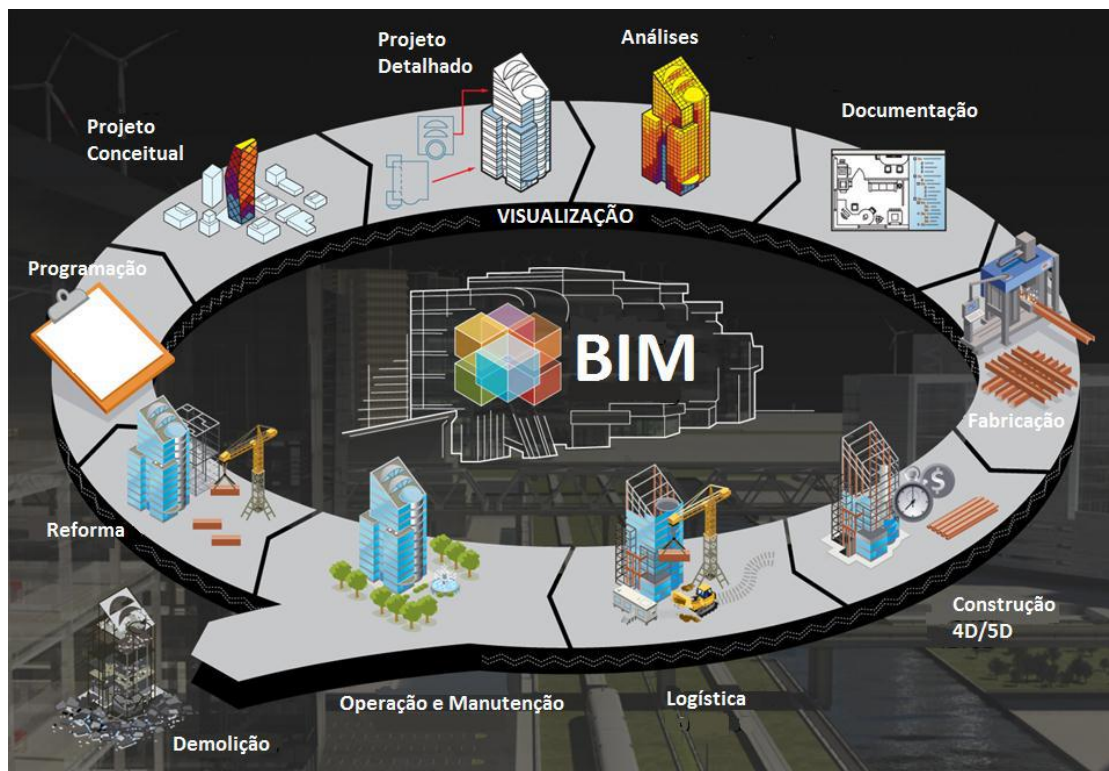
Modelos sem suporte à atualização automática. Estes são os modelos que definem os objetos, porém não podem ajustar seu posicionamento ou proporções porque eles não utilizam inteligência paramétrica. Isso faz com que as mudanças sejam muito trabalhosas e não gera nenhuma proteção contra criações de vistas inconsistentes.

Modelos que são compostos da combinação de vários desenhos em 2D para definir a construção. É impossível assegurar que o modelo 3D resultante será fiel, preciso, consistente, contável e que seus objetos serão inteligentes.

Modelos que permitem mudanças de dimensões em uma vista que não são refletidas automaticamente nas outras. Esses modelos dão margem a erros que são difíceis de serem detectados.

A Figura 5 a seguir é bastante resumida e ilustrativa do que vem a ser a tecnologia BIM e como é feito o processo de modelagem de informações de um empreendimento, desde a sua concepção inicial até a sua demolição.

Figura 5: O BIM ao longo do ciclo de vida do projeto (Fonte: Adaptado de NEURAL ENERGY, 2012)



3.1 PRINCIPAIS CONCEITOS DA TECNOLOGIA BIM

Para uma melhor compreensão do conceito do BIM, é de fundamental importância o entendimento de seus dois principais conceitos: A modelagem paramétrica de objetos e a interoperabilidade.

3.1.1 Modelagem paramétrica de objetos

A modelagem paramétrica de objetos é um conceito que foi criado na década de 1980 para fins de manufatura e ela é a principal diferença entre o BIM e o CAD. Esta modelagem não representa objetos com geometria e propriedades fixas. O seu conceito é a representação de objetos através de parâmetros e regras que determinam as formas geométricas e as suas propriedades e características que não são geométricas. Os parâmetros e regras podem ser expressões que relacionam os objetos com outros, permitindo a atualização automática de acordo com as mudanças feitas nos demais (EASTMAN, et al 2011). A variedade e a qualidade destas regras irão determinar o nível de precisão da modelagem paramétrica (RUSCHEL, ANDRY, 2010).

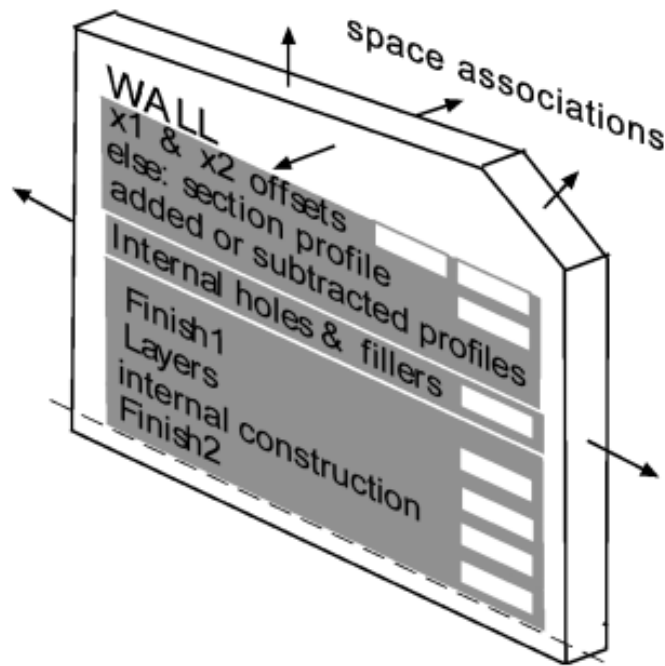
Na modelagem paramétrica, os parâmetros e regras determinam, então, o comportamento do objeto e a sua interação com os outros objetos.

Para melhor entendimento do conceito de objetos paramétricos, eis aqui um exemplo: nos softwares CAD, uma parede é representada apenas por duas linhas paralelas entre si. No caso dos programas BIM, esta mesma parede é composta por parâmetros e regras que vão além da sua geometria, ou seja, de que material será a alvenaria, qual o revestimento usado, a sua espessura e a sua altura. Ao determinar esses parâmetros, a parede será representada graficamente no modelo.

Com esse conceito, a automação dos processos envolvendo os modelos BIM se torna muito mais evidente e comum, uma vez que os objetos paramétricos sofrem constantes atualizações automáticas com base nas regras nas usadas para definir os objetos. Por conta disso, alguns softwares já contêm alguns grupos de objetos chamados famílias, que possuem parâmetros semelhantes de interação com outros objetos. Paredes e escadas, por exemplo, são famílias comuns nos programas BIM.

Enquanto nas aplicações CAD todos os aspectos geométricos de um elemento devem ser manualmente editados, a geometria de um modelo paramétrico se ajusta automaticamente às mudanças de acordo com o contexto no qual ele está inserido (EASTMAN et al, 2011). A Figura 6 representa como a modelagem paramétrica funciona numa parede, por exemplo, que contém sua forma, atributos e interações. As setas representam as relações com outros objetos. A Figura 6 não só representa uma parede como também uma família de paredes, pois ela pode gerar várias paredes diferentes localizações e com parâmetros variados.

Figura 6: Estrutura conceitual de uma família de paredes, com suas dimensões baseadas no contexto em que ela está inserida (Fonte: EASTMAN et al, 2011)



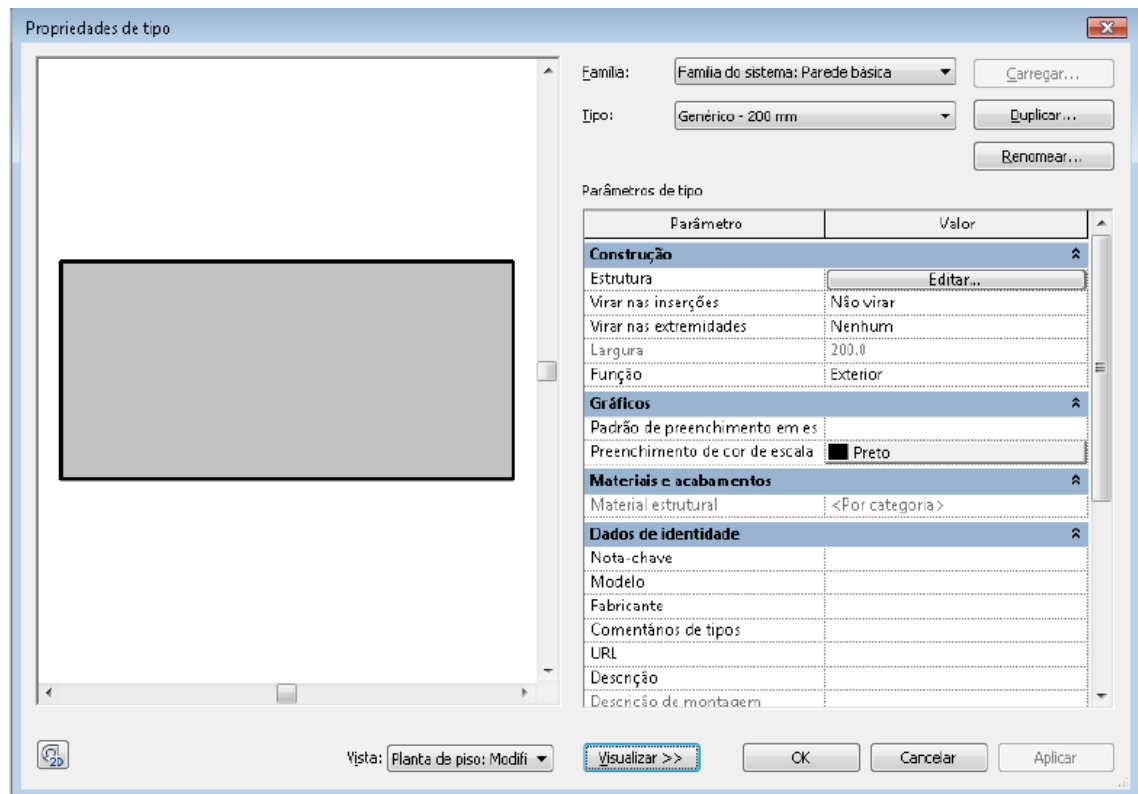
Ayres (2009) diz que os objetos paramétricos podem também ser referências diretas a produtos desenvolvidos pelos fabricantes, como janelas, peças pré-moldadas, acessórios, etc. Estes objetos e suas atualizações podem ser obtidos diretamente via internet e, futuramente, ajustarem automaticamente o seu comportamento aos aspectos do projeto. Como por exemplo, o referido autor cita os objetos, representando as suas peças estruturais que se configuram automaticamente de acordo com os vãos e tipos de apoios definidos.

Ainda, segundo Kymmell (2008), cada aspecto desse tipo de informação pode ser programado de modo que a parede seja precisamente representada, de acordo com as exigências do projeto. Uma vez que esta informação está contida em cada um dos componentes do modelo, ou objeto, este também pode ser recuperado e utilizado, constituindo, assim, um modelo inteligente. A modelagem paramétrica de objetos pode também ser denominada como object-based modeling (modelagem baseada em objetos).

Os principais parâmetros usados na modelagem de um objeto são segundo Weygant (2011): comprimento, área, ângulo, texto e hyperlinks.

Existem muitos outros parâmetros que são usados para modelagem de objetos, mas a maioria deles usa pelo menos estes mencionados. A melhor representação encontra-se na Figura 7, onde há uma representação de uma parede e seus parâmetros a serem definidos.

Figura 7: Parâmetros para modelagem de uma parede (Fonte: Autodesk Revit 2013)



3.1.2 Interoperabilidade

O conceito de BIM engloba os diversos profissionais ligados a um determinado projeto. Um único modelo de informações da construção envolve as disciplinas de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidráulicas, dentre outros. Isso requer uma constante troca de informações entre os projetistas envolvidos, assim como os softwares usados. Sendo assim, essa multidisciplinaridade e colaboração são características fundamentais, ocorrendo mais intensamente na tecnologia BIM.

A interoperabilidade é definida como a troca de dados e informações entre aplicativos utilizados no processo de projeto e a capacidade de identificação (EASTMAN et al., 2011). Esta permite aos profissionais de todas as disciplinas envolvidas a terem acesso e alterar os dados do protótipo de acordo com o projeto específico de cada um de maneira colaborativa e ágil. Se existe uma boa interoperabilidade se elimina a necessidade de réplica de dados de entrada, que já tenham sido gerados, e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos durante o processo de projeto (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A falta de interoperabilidade, segundo Jacoski (2003), é um problema que deve ser estudado pela indústria do software e pelos usuários dos sistemas. Para que um software possa ser considerado interoperável, deve assumir as seguintes características:

- Abertura para que os usuários criem aplicações que possam ser integradas aos sistemas;
- Capacidade de troca de informações entre os sistemas;
- Uniformidade, de modo que utilizem padrões já conhecidos pelos usuários;
- Simplicidade, facilitando o aprendizado de operação do sistema;
- Transparência, de modo a reduzir as informações a apenas um formato;
- Similaridade entre os sistemas (utilização das mesmas convenções).

Ainda segundo Jacoski (2003), a interoperabilidade nos sistemas CAD já era um problema, visto que grande parte dos projetos é desenvolvida em plataformas proprietárias, utilizando linguagens e códigos divergentes.

A interoperabilidade vem sendo elemento de pesquisa para os diversos setores que utilizam a transferência de dados, representando uma preocupação para as corporações que buscam resolver o problema de falta de relacionamento entre os softwares que executam diferentes funções.

A Construção Civil carece de trabalhos nesse sentido. Contudo, se tem conhecimento dos problemas enfrentados na transferência de arquivos dos softwares CAD para os aplicativos usados pelo setor, como o de cálculo estrutural, orçamento, simuladores e outros (JACOSKI, 2003).

Ao longo do processo de desenvolvimento do processo construtivo, diversos tipos de informação em variados formatos são trocados entre os agentes participantes. Assim, torna-se obrigatório o desenvolvimento da interoperabilidade para a troca de dados entre os sistemas, onde cada sistema tem conhecimento de formato e linguagem do qual interage (CRESPO; RUSCHEL, 2007). A base da interoperabilidade é a utilização de um modelo de dados geral, através do qual funciona todo o sistema, função esta desempenhada pelo sistema BIM.

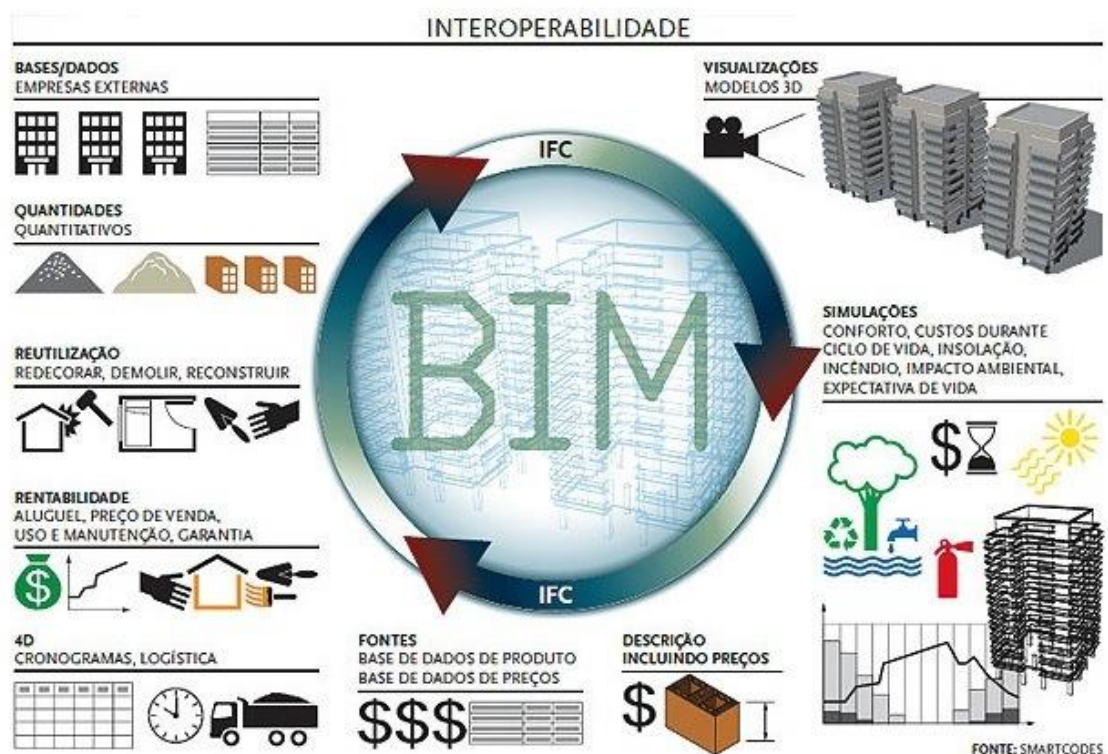
Para que se tenha uma boa interoperabilidade é de fundamental importância a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos aplicativos e nos processos do projeto. O principal protocolo usado hoje é o Industry Foundation Classes (IFC), que é um modelo de dados do edifício baseado em objetos, não no proprietário (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). O IFC foi criado em 1997 pela International Alliance for

Interoperability (IAI – Aliança Internacional para Interoperabilidade), que é um consórcio internacional de empresas comerciais e instituições de pesquisa. Esta, inicialmente, contava com sete países consorciados. Hoje conta com, pelo menos, vinte países (INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY, 2008).

O desenvolvimento do IFC tem suas bases no padrão de transferência de dados STEP (Standard Exchange of Product Model Data). Este surge em 1984, a partir de um esforço do International Standard Organization (ISO) em criar um padrão internacional de troca, o ISO-STEP. Este tinha como objetivo criar um padrão para representação e troca de informações de produto que seja internacional e de uso geral. O ISO-STEP tinha como principal produto a linguagem EXPRESS. O IFC se baseia na linguagem e nos conceitos da ISO-STEP EXPRESS para o desenvolvimento e a definição dos modelos (KHEMLANI, 2004).

O IFC foi projetado pensando em atender a todas as informações do edifício, durante todo o ciclo de vida da edificação (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). A Figura 8 a seguir representa o formato IFC e a sua funcionalidade.

Figura 8: Esquema do fluxo de informações em um processo de trabalho considerando-se o IFC como viabilizador da interoperabilidade das informações (Fonte: Revista AU, Julho 2011)



3.2 APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA BIM

A ferramenta BIM atua em diferentes áreas dentro da Construção Civil, trazendo benefícios às mais variadas áreas atuantes dentro da engenharia e arquitetura (projetos estruturais, hidráulicos e elétricos, orçamento e planejamento de obras, gerenciamento de projetos etc.).

Sendo assim o BIM se aplica fundamentalmente ao levantamento de quantitativos para orçamento, compatibilização de projetos e planejamento e controle de obras, que serão vistos mais detalhadamente a seguir.

3.2.1 Levantamento de quantitativos

Os atributos ou qualidade de um orçamento traduzem a sua capacidade de retratar a realidade de um projeto. Elencar as especificidades de uma determinada obra na fase de orçamento é a precisão que o orçamento deve conter, pois quanto maior e mais apurado for a sua elaboração, menor será a sua margem de erro (XAVIER, 2008).

O levantamento de quantitativos é uma das principais tarefas do orçamentista, pressupõe conhecimento de obra e conhecimento das etapas de execução, pois, nem sempre o projetista fornece esses quantitativos de forma detalhada.

Um pequeno erro no cálculo do volume de concreto, metragem quadrada de piso e/ou de fôrmas, entre tantos itens de um orçamento, por exemplo, podem gerar erros com consequências dolorosas à empresa construtora (XAVIER, 2008). Dessa forma, a exatidão dos quantitativos levantados para o orçamento depende diretamente do detalhamento do projeto. O Quadro 6 a seguir confirma essa implicação teórica com cinco autores citados.

Quadro 6: Implicações teóricas sobre a relação projeto x orçamento (Fonte: Melhado, 1994; Ohashi, 2001; Oliveira, 1990 apud Parisotto, 2003; Marchiori, 2009; Santos, 2010)

Informações de Projetos	Autor
O projeto deve ser capaz de subsidiar as atividades de produção com informações de alto nível	Melhado (1994)
Especificações insuficientes ou incorretas em projetos refletem diretamente nas obras, como desperdícios de materiais e retrabalhos	Ohashi (2001)
O método utilizado para obter o custo está relacionado diretamente com o detalhamento do projeto	Oliveira (1990, citado por Parisotto – 2003)
O orçamento efetivo de custos é igualmente dependente do conjunto de informações disponíveis	Marchiori (2009)
O grau de detalhe a considerar deve ser adequado para que não haja nem falta de informação nem elementos supérfluos	Santos (2010)

Tradicionalmente, o processo de levantamento de quantitativos é feito manualmente, mesmo quando as ferramentas CAD 2D/3D são usadas. Isso significa que o usuário, e não o software é quem mede cada elemento. Algumas das desvantagens do uso desses programas são problemas na identificação de conflitos, erros ou omissões, representações de situações complexas como a intersecção entre vários elementos e identificação de problemas em cascata (MONTEIRO; MARTINS, 2013). Segundo Sabol (2008), a quantificação é uma atividade que ocupa bastante o orçamentista, demandando de 50% a 80% do seu tempo em um projeto. De acordo com Monteiro & Martins (2013), fazer medições manuais em projetos é um erro devido aos seguintes fatores:

- Qualquer processo manual está sujeito a erros humanos, mesmo quando as medidas são revisadas, não há qualquer garantia de que elas estejam corretas;
- Medições manuais tendem receber abstrações humanas, que potencialmente agravam para quantitativos menos detalhados;
- O engenheiro de orçamentos e o projetista podem não ter a mesma visão acerca do projeto, podendo, conseqüentemente, chegar a quantitativos diferentes mesmo que eles sigam às mesmas especificações.

A tecnologia BIM oferece grandes possibilidades devido a sua capacidade de fornecer um modelo que pode ser compartilhado por todas as partes interessadas durante todo o ciclo de vida da edificação, desde a confecção de projetos até a administração das instalações. Como um banco de dados visual dos objetos da construção, o BIM pode fornecer quantificações automáticas e precisas, ajudando significativamente na redução da variabilidade das estimativas de custo (SABOL, 2008).

Um modelo BIM é um conjunto de objetos definido por propriedades específicas, das quais algumas são propriedades da geometria dos elementos. A maioria das ferramentas BIM contém rotinas para realizar cálculos usando as propriedades geométricas dos elementos e fornecer quantidades como áreas e volumes dos objetos.

Os quantitativos retirados dos modelos BIM fornecem estimativas de custos mais simples e detalhadas do projeto, reduzindo tempo e despesas (MONTEIRO; MARTINS, 2013).

Através do uso do BIM é possível extrair quantitativos e medidas diretamente de um modelo. Isso fornece um processo no qual a informação se mantém consistente ao longo de todo o projeto, de forma que as mudanças podem ser prontamente acomodadas. Além disso, a ferramenta fornece suporte para todo o ciclo de vida, sendo possível gerar estimativas de custo para qualquer fase: construção, operação, demolição etc.

Vale ressaltar que a precisão da estimativa de custo será mais ou menos precisa, a depender do nível de detalhe que o modelo BIM se encontra. Segundo Monteiro & Martins (2013), definir mais níveis de detalhe para cada fase do projeto implica em estimativas maiores e mais precisas. O Quadro 7 relaciona o nível de precisão de uma estimativa de custo com a percentagem de definição do modelo que ela exige.

Quadro 7: Nível de precisão de uma estimativa de custo a depender do nível de definição dos projetos
(Fonte: Adaptado de SABOL, 2008)

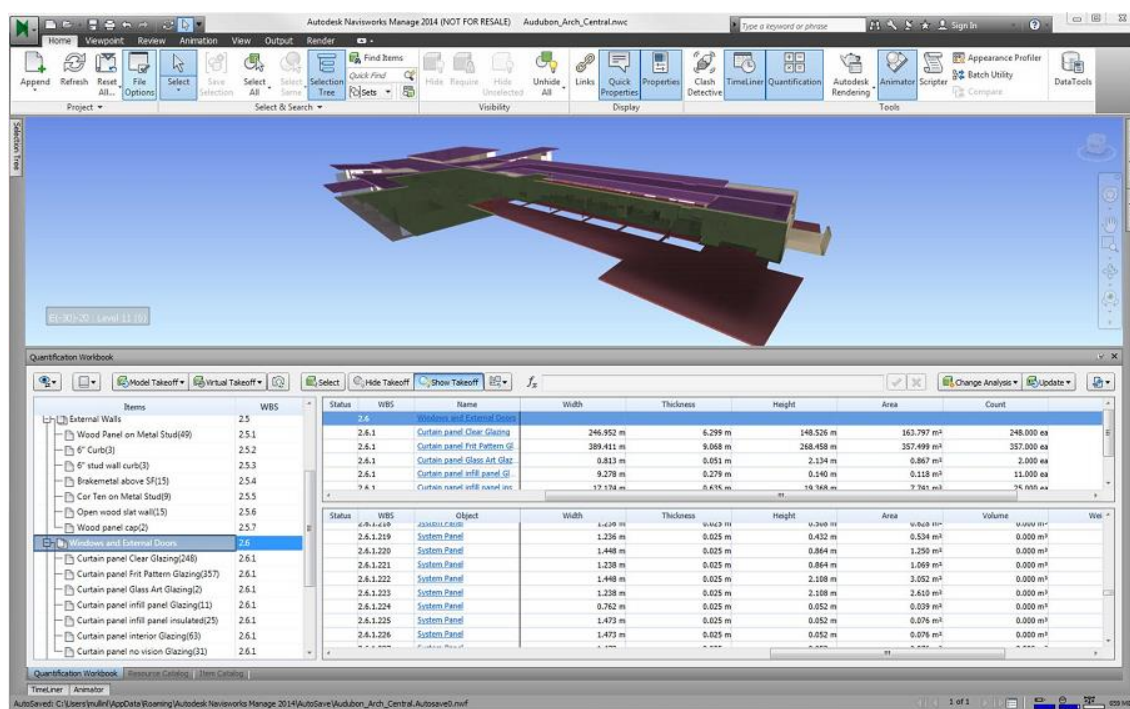
Fase da Estimativa					
				Detalhada	
				Orçamento	
	Conceitual				
Classe da Estimativa	5	4	3	2	1
Nível de definição do projeto	0% a 2%	1% a 15%	10% a 40%	30% a 70%	50% a 100%
% de definição					
Uso	Estudos de viabilidade	Estudos conceituais ou de viabilidade	Orçamento, autorização ou controle	Controle ou licitação	Verificação de custos ou licitação
Intervalo de precisão esperado (positivo e negativo)	+3% a +100%	+20% a +50%	+10% a +30%	+5% a +20%	+3% a +15%
	-20% a -50%	-15% a -30%	-10% a -20%	-5% a -15%	-3% a -10%
Esforço de preparação	1	2 a 4	3 a 10	5 a 20	10 a 100

Segundo Eastmann et al, 2011, é possível extrair levantamentos de quantitativos precisos que podem ser usados para estimativas de custo em qualquer fase do projeto. Ainda segundo o autor, nos estágios iniciais do desenvolvimento do modelo as estimativas seriam baseadas em fórmulas que podem ser utilizadas para calcular quantidades significativas do projeto tais como: áreas de diversos cômodos, número de vagas de estacionamento, custo unitário por m², dentre outros. Na medida em que o modelo vai se desenvolvendo mais, quantitativos ficam mais detalhados ficam disponíveis e podem ser usados para estimativas de custo mais detalhadas e precisas.

Quando a tecnologia BIM é utilizada para estimativas de custo, é desejável que todas as partes interessadas estejam envolvidas no projeto, a fim de analisar a construtibilidade do projeto e verificar alternativas técnicas que impliquem na redução dos custos.

A Figura 9 a seguir apresenta um exemplo de extração automática de quantitativos de um projeto feito no modelo BIM.

Figura 9: Exemplo de extração automática de quantitativos de um modelo BIM (Fonte: Autodesk Navisworks 2014)



3.2.2 Compatibilização de projetos

A compatibilização de projetos, segundo Picchi (1993), compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões entre os diversos projetistas e a coordenação, a fim de resolver as interferências que são detectadas.

O processo de projeto tradicional é caracterizado por uma forma sequencial de se projetar, baseado em representações bidimensionais, onde muitas vezes as equipes trabalham de forma isolada, sem uma maior interação entre os projetistas.

Segundo Melhado et al. (2005), esse arranjo tradicional foca a delimitação das características do produto-edifício, e dá pouca ênfase ao papel do projeto como ferramenta para auxílio na condução das atividades construtivas. Isso gera uma lacuna entre os que projetam e os que concebem a construção, fato que leva a incompatibilidades, erros diversos dos projetos, falta de detalhes relativos à construção, dentre outros problemas.

No Quadro 8 a seguir, Gehbauer e Ortega (2006) listam alguns dos problemas encontrados nos projetos de edificações.

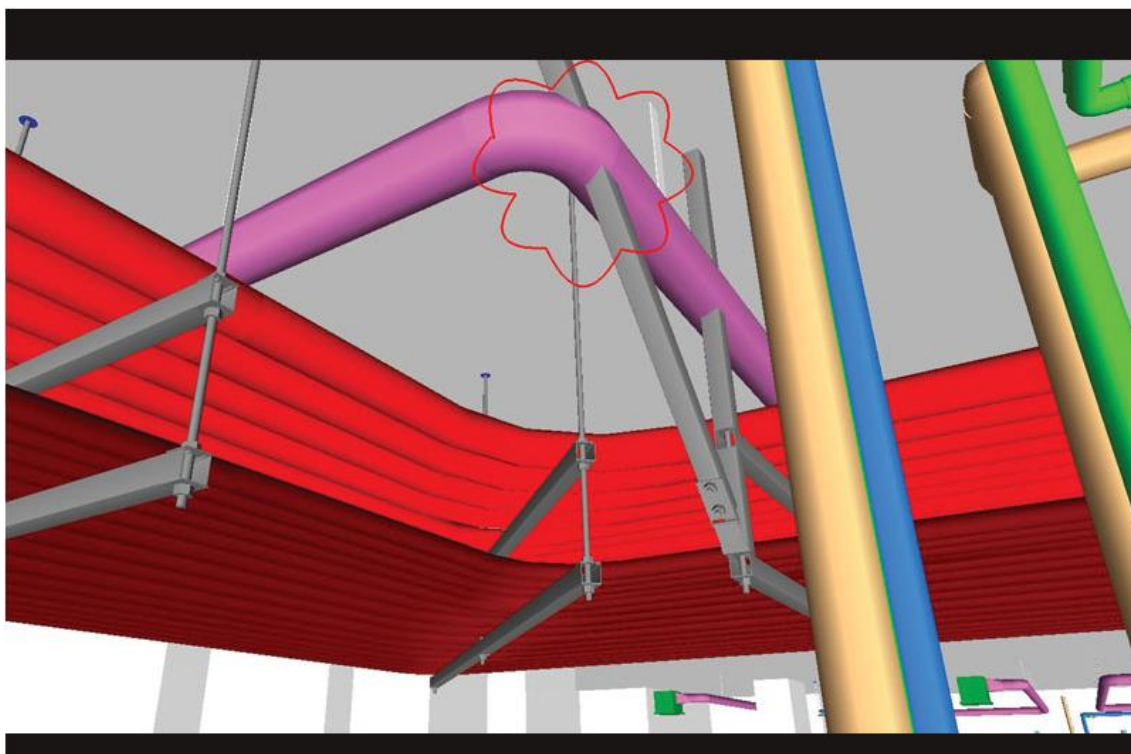
Quadro 8: Diagnóstico dos problemas encontrados nos projetos (Fonte: Adaptado de GEHBAUER e ORTEGA, 2006)

Problemas	Projetistas	Construtoras
Falta de integração entre os projetistas	Não conhecimento da equipe de projetos	Sem competência da coordenação e compatibilização de projetos
Falta de clareza e objetividade nas informações fornecidas no projeto	Inexistência ou incorreção de informações sobre as necessidades do cliente	Inexistência do caderno de diretrizes
Conflito de informações entre os diversos projetos	Desenvolvimento isolado de diversas fases do projeto	Desconhecimento do momento ideal para a compatibilização de projetos
Construção extrapola o custo previsto de projeto	Falta de definição de custo para as soluções de projeto	Viabilidade inexata e estanque. Falta de transparência de informações
Frequentes atrasos na entrega de projetos	Processos internos de gestão obsoletos	Não exigência de padrões mínimos de contratação de projetistas
Soluções de projetos obsoletas	Isolamento geográfico dificulta troca de experiências	Falta de conhecimento dos custos das decisões de projeto e privilégio de projetos mais baratos
Alto custo com retrabalho	Distanciamento das práticas construtivas	Práticas construtivas atuais, porém estanques

A compatibilização de projetos com o uso do BIM fornece uma série de vantagens em relação ao método tradicional de coordenação de projetos 2D. Um modelo BIM permite que as incompatibilidades sejam detectadas automaticamente através da combinação dos elementos geométricos do projeto com regras semânticas para análise das incompatibilidades (EASTMAN et al., 2011).

A Figura 10 a seguir mostra uma incompatibilidade encontrada em um software BIM. No caso abaixo, o suporte para apoio das tubulações vermelhas está cruzando com a outra tubulação, de cor roxa.

Figura 10: Incompatibilidade entre tubulação e estrutura encontrada em um software BIM (Fonte: <http://constructionweekonline.com>)



A detecção de incompatibilidades através de um modelo BIM permite que os projetistas e construtores verifiquem e corrijam interferências entre sistemas específicos. Devido à possibilidade da ferramenta reunir todas as disciplinas envolvidas no projeto, as interferências que podem ser detectadas a partir de um modelo BIM não são apenas do tipo físico (cruzamento entre sistemas). O gerente de projetos pode detectar locais onde a distância mínima entre as instalações de gás e incêndio, por exemplo, não está sendo respeitada, porém esse tipo de análise só pode ser feita em modelos bem definidos e estruturados.

Independente do rigor do modelo deve ser assegurado que o edifício seja modelado com um nível de detalhe adequado às análises requeridas. Tubulações, dutos, aço estrutural, entre outros componentes, devem ser suficientemente detalhados para que as incompatibilidades sejam precisamente detectadas (EASTMAN et al., 2011).

Pequenos erros de modelagem podem gerar incompatibilidades no modelo, mas estas não se converterão em problemas durante a construção, sendo facilmente detectadas e ignoradas. Entretanto, se o nível de detalhe do modelo for insuficiente, um número significativo de problemas não será detectado antes da construção.

3.2.3 Planejamento e controle de obras

A realização do planejamento de obras envolve o sequenciamento das atividades no tempo e espaço, levando em consideração os contratos, recursos, restrições espaciais e outras preocupações no processo. Tradicionalmente, os gráficos de Gantt são usados para planejar projetos, mas se mostram incapazes de mostrar como certas atividades estão espacialmente configuradas.

Atualmente, os profissionais da área de planejamento costumam utilizar softwares como o Microsoft Project e o Primavera, que se baseiam no PERT e no método do caminho crítico para criar o calendário de atividades de um determinado projeto (EASTMAN et al., 2011).

Os tradicionais métodos, no entanto, não capturam adequadamente os componentes espaciais relacionados a essas atividades e nem se conectam diretamente ao projeto ou modelo de construção. Isso faz com que o planejamento pelo método tradicional careça de importantes informações sobre a logística envolvida em qualquer atividade a ser executada na obra.

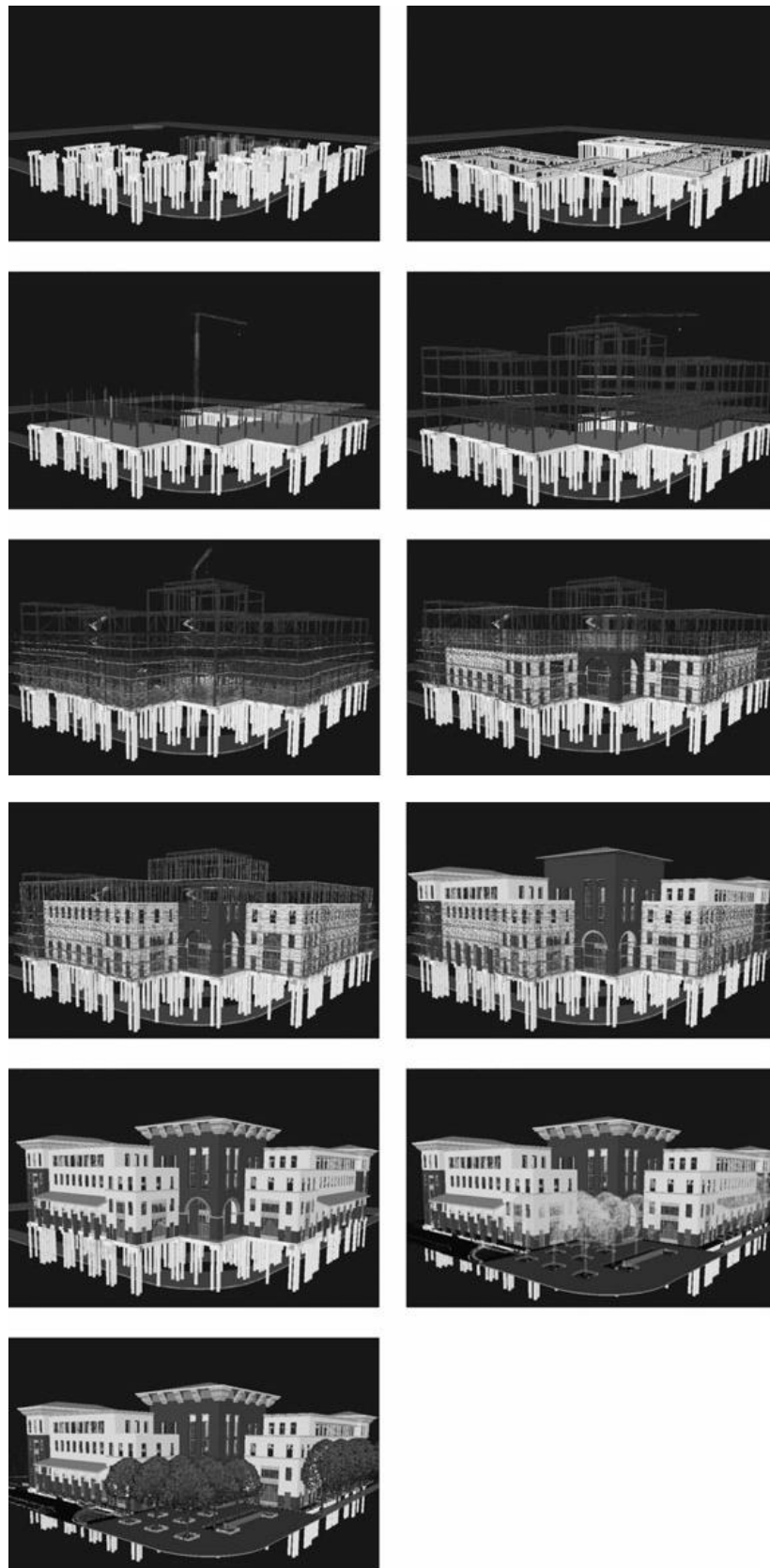
Devido às limitações relacionadas aos processos tradicionais de planejamento, somente pessoas totalmente familiarizadas com o projeto e como ele será construído pode determinar um determinado planejamento é viável ou não (EASTMAN et al., 2011).

O processo de planejamento com o BIM é fundamental para a superação das limitações envolvidas no tradicional método de planejamento. O uso de modelos 4D permitem que se possa ver o sequenciamento da construção do prédio.

Essas ferramentas também permitem aos planejadores que eles possam visualizar o plano e comunicar as atividades no tempo-espaço. Animações 4D são filmes ou simulações virtuais do cronograma.

A Figura 11 a seguir apresenta o sequenciamento, a partir dessa animação, de uma construção de um prédio.

Figura 11: Sequência construtiva do prédio de serviços estudantis da Universidade do Estado da Califórnia, criada por alunos do terceiro semestre de uma turma de BIM (Fonte: KYMMEL, 2008)



Este tipo de visualização da construção no tempo abre novos horizontes para a área de planejamento e controle de obras, dando ricas informações para estudo de logística, além de aperfeiçoar o sequenciamento de atividades e apresentar ferramentas que incorporam a utilização de recursos e informações de produtividade.

3.3. NÍVEIS DE DETALHE EM UM MODELO BIM

Segundo Kymmel (2008), um modelo é uma abstração da realidade, sendo que o tipo e o nível de detalhe requerido para um determinado modelo ser útil dependerão da finalidade do modelo e do nível de compreensão das pessoas que o utilizarão. Na maioria dos casos, os modelos são feitos para auxiliar no processo de comunicação e para dar um melhor entendimento de um determinado assunto.

A finalidade do modelo e a fase de desenvolvimento do projeto determinarão as especificações que o modelo deverá seguir. O tipo e a quantidade de informação disponível estão ligados diretamente com a fase de desenvolvimento do projeto e, conseqüentemente, do modelo.

Em 2004, a fabricante de softwares Vico Softwares desenvolveu uma metodologia para os níveis de detalhe do modelo BIM. O documento visou criar um quadro para definir padrões para os níveis de detalhe do modelo. A metodologia procura responder, para cada fase do projeto, as seguintes questões (BIM 42, 2014):

- Quão detalhado precisa ser o modelo?
- Quem é o responsável pela modelagem de um elemento particular?
- Que informação deve ser integrada ao modelo?

Em 2008 o Instituto americano de arquitetos publicou o manual E202 – Building Information Modeling Protocol Exhibit, dividindo os níveis de desenvolvimento de um modelo em 5 categorias, descrevendo os elementos que devem estar presentes no modelo. Em função da rápida evolução no uso do BIM, no ano de 2013 o Instituto melhorou o E202-2008, adicionando as definições para os níveis de desenvolvimento. O resultado são os atualizados e revisados manuais: E203 – Building Information Modeling and Digital Data Exhibit, G201 – Project Digital Data Protocol Form e o G202 – Project Building Information Modeling Protocol Form. Todos os documentos contêm informações revisadas das definições dos níveis de desenvolvimento (LOD – Level of Development) e são acompanhados por um guia detalhado dos manuais chamado Guide and instructions to the AIA Digital Practice Documents (BIMForum, 2014).

O instituto divide os níveis de desenvolvimento nas seguintes 05 categorias:

- 1) **LOD 100: Projeto conceitual** - O modelo representa basicamente a geometria da construção, incluindo área, volume, orientação, entre outros aspectos. Esse modelo pode ser usado para análises de eficiência energética e incidência solar.
- 2) **LOD 200: Desenvolvimento do Projeto** - Todos os sistemas são modelados com suas dimensões genéricas, locação, aproximação e quantidades aproximadas. Um modelo com esse nível de desenvolvimento pode ser utilizados para estudos de desempenho geral da edificação e para cálculos iniciais.
- 3) **LOD 300: Documentação geral da construção** - Neste modelo, os elementos da construção são detalhados com maior precisão, com seus tamanhos e localizações reais. É adequado para produção de montagens e de desenhos. Esse modelo permite análises precisas e simulações para cada elemento ou sistema. Também pode ser usado para coordenação de projetos e detecção de incompatibilidades entre projetos.
- 4) **LOD 400: Informações sobre fabricação** - Em um modelo com esse nível de desenvolvimento, todos os elementos são modelados com os propósitos de fabricação. É adequado para o planejamento e controle da produção.
- 5) **LOD 500: Modelo As-Built** - Esse nível de desenvolvimento é o equivalente BIM para desenhos As-Built. Nestes modelos, os elementos são representados com todas as informações técnicas necessárias para manutenção e gerenciamento das instalações.

Além dessas 5 categorias apresentadas acima para os níveis de desenvolvimento, a equipe de trabalho do BIMForum desenvolveu e incluiu uma sexta categoria, que não faz parte dos manuais do Instituto Americano de Arquitetura, porem está referenciado no Guide and Instructions. Essa categoria é a LOD 350, a qual é representada no modelo como um sistema específico, objeto ou montagem em termos de quantidade, tamanho, forma orientação e interfaces com outros sistemas de edificações. Nesta categoria, informações não gráficas podem ser conectadas aos elementos do modelo.

Essas descrições dos níveis de desenvolvimento são apenas indicativas e não impedem outras pessoas de criarem outras especificações. Na verdade essas descrições funcionam mais como guias para a criação de um plano de implementação da tecnologia BIM, com indicações precisas das responsabilidades de cada ator no processo de desenvolvimento do modelo.

Para isso, a criação desses níveis de desenvolvimento incluiu também a criação do Quadro 9, que define o nível de detalhamento requerido para cada elemento a depender do nível de desenvolvimento ou fase do projeto (BIM 42, 2014).

Quadro 9: Nível de detalhe para cada elemento, dependendo do nível de detalhe desejado para o modelo
(Fonte: Adaptado de BIM42, 2014)

Nível de Detalhe		100	200	300	400	500
Div 2	Terraplenagem	Relatório	Notas referentes ao relatório de Geotecnia	Drenagem subterrânea mostrada como anotações	Locação da drenagem subterrânea modelada	Modelo As-bulit
Div 3	Fundação de concreto	Apenas linhas externas, detalhes típicos para sapatas	Sapatas, paredes e alguns detalhes típicos	Todas as paredes e sapatas. Armaduras em tabela	Armadura detalhada	Modelo As-bulit
	Estrutura de concreto	Layout básico do sistema com dimensões aproximadas	Espessuras de laje, detalhes típicos de armaduras e tabelas com armaduras típicas	Layout das lajes mostrando a armadura como anotações	Armadura detalhada	Modelo As-bulit
	Concreto pré-moldado	Layout básico e detalhes típicos	Espessuras e layout dos elementos	Layout dos elementos mostrando a armadura como anotações	Elementos pré-moldados modelados com a armadura	Modelo As-bulit
Div 4	Alvenaria estrutural	Apenas linhas externas das paredes	Tipos e dimensões das paredes. Armaduras em detalhes típicos	Paredes indicadas com armaduras	Armadura detalhada	Modelo As-bulit

Adotar o nível de detalhe mais adequado para cada situação requer experiência de todo o time do projeto. O objetivo do modelo tem que ser claramente entendido para gerar especificações que, quando atendidas, darão origem a um modelo que é realista o suficiente para servir o seu propósito como uma simulação (KYMME, 2008).

A maneira como um determinado objeto será modelado dependerá das informações que os projetistas buscam desse objeto no modelo. A escolha de uma alternativa ou outra vai depender do que se pretende com a modelagem daquele objeto, ou seja, a depender do que se pretende fazer com o modelo, o nível de detalhe será diferente. Por exemplo, se o que se quer é levantar quantitativos de uma parede, esta deve ser modelada como um conjunto de

peças (blocos, chapisco, reboco, revestimento etc.). Caso contrário, os seus componentes podem ser modelados separadamente.

3.4 TIPOS DE MODELAGEM NA TECNOLOGIA BIM

O alcance do BIM vai além das simples representações gráficas tridimensionais, com área e volume da edificação definidos. A ferramenta permite que se possam integrar aos modelos outras informações que não são gráficas, como o cronograma da obra, os quantitativos para estimativas de custos e outros fatores que implicam diretamente no desenvolvimento da obra durante o seu ciclo.

Modelos BIM podem representar diversas dimensões (nD) de informações de uma edificação. Os modelos nD são uma extensão do modelo de informação da construção, o qual incorpora multi-aspectos de informação de projeto requerida em cada estágio do ciclo de vida de uma edificação. Os softwares de modelagem nD apresentam uma série de informações multi-disciplinares baseadas no projeto da edificação e da aplicação de análises que acessam um modelo nD por meio de dados padronizados e interoperáveis (LEE et al., 2002).

Por conta disso, além do modelo gráfico em 3D, onde o projetista tem acesso a todas as informações gráficas parametrizadas no modelo, explicado nos tópicos anteriores, o BIM pode gerar modelos em 4D (3D + cronograma), 5D (3D + cronograma + custo), podendo chegar até a modelagem em 7D. De acordo com Lee et al. (2002), mais dimensões (D) podem ser adicionadas para integrar informações de tempo, custo, construtibilidade, sustentabilidade, acessibilidade, acústica, iluminação e requisitos térmicos. A seguir, serão vistos os principais tipos de modelagens apresentados pela ferramenta.

3.4.1 Modelagem 4D

O conceito de modelação 4D (modelação + tempo) entrou em discussão no final da década de 90, nos Estados Unidos, Finlândia e Brasil. Com a introdução dos fatores tempo e custo no projeto BIM, os construtores puderam gerir e simular as etapas da construção, assim como analisar melhor a possibilidade de construção antes da execução (AZEVEDO, 2009).

O Planejamento 4D pode ser definido como o processo de planejamento de um empreendimento e visualização do mesmo a nível espacial conforme planejado, ou seja, consiste em visualizar o andamento da obra em terceira dimensão (3D) ao longo do tempo, sendo este último, a quarta dimensão (SILVEIRA, et al., 2006).

Segundo McKinney (2000), um sistema de planejamento 4D apoia o processo de captura e dinâmica de gestão da integração entre os componentes do projeto e os recursos ao longo do tempo, dando suporte, em tempo real, de interação dos usuários com o sistema em 4D.

Esse sistema também incentiva a comunicação, a aprovação e melhoria dos cronogramas de construção entre as partes interessadas, como gerentes da obra, clientes, projetistas, subcontratados e membros da equipe.

A modelagem 4D pode ser feita usando os modelos CAD e BIM. Quando se modela com a tecnologia CAD 4D, os modelos 3D contém apenas associações de tempo (EASTMAN et al., 2011). O planejamento da construção é conectado ao modelo 3D, permitindo a visualização da sequência construtiva e o cronograma do edifício (GSA, 2007; EASTMAN et al., 2011). Ferramentas CAD 4D permitem ao modelador executar o planejamento visualmente e comunicar as atividades no contexto de espaço e tempo (GSA, 2007; EASTMAN et al., 2011). As animações 4D se referem aos vídeos ou simulações do cronograma (GSA, 2007; EASTMAN et al., 2011).

A modelagem 4D com tecnologia BIM refere-se a utilizar ferramentas de análise que incorporam os componentes BIM e informações sobre o método de construção para otimizar o sequenciamento das atividades. Essas ferramentas incorporam o espaço, a utilização dos recursos, e informações de produtividade (EASTMAN et al., 2011). Softwares baseados em BIM suportam a geração de documentos (desenhos, tabelas, listas e renderizações 3D). Como um recurso compartilhado de conhecimento, o BIM pode reduzir a necessidade de coleta e reformatação de informação, o que resulta no aumento da velocidade e precisão da informação transmitida, automatização de conferências e análises e suporte às atividades de operação e manutenção (GSA, 2007; EASTMAN et al., 2011).

A aplicação do BIM no processo colaborativo pode contribuir tanto para aprimorar o processo de obtenção das quantificações dos elementos desenhados a partir do modelo digital 4D, como para o levantamento de custos e prazos para execução. Os programas BIM podem contribuir enormemente para a integração das informações provenientes dos diversos projetos em um único modelo digital 4D, constituído por um banco de dados de todos os elementos construtivos e suas relações espaciais (FLORIO, 2007).

O modelo 4D permite a interação e comunicação entre os vários participantes do projeto através de um único meio durante o desenvolvimento do modelo e pode ser utilizado para

realizar análises adicionais relacionadas ao planejamento (KOO e FISHER, 2008). A Figura 12 a seguir mostra um software realizando a simulação de uma edificação feita através da modelagem 4D.

Figura 12: Modelagem 4D de uma edificação com o uso do software Autodesk Navisworks Manage (Fonte: http://mrasbuilt.com/MAB_BIM_Navis.html)



A aplicabilidade do modelo 4D pode ser entendida como uma ferramenta de integração e ferramenta de análise. Projetistas e construtores podem usar o modelo 4D para formalizar as informações de projeto e construção. Os usuários deste modelo também podem realizar análises adicionais sobre a produtividade, custos e questões de segurança ou alocação de recursos na obra.

Tanto o cronograma CPM e o modelo 4D refletem as informações conceituais de planejamento sequenciado. No entanto, o modelo 4D permite ainda a avaliação e análise desta sequencia através da integração temporal e dos aspectos espaciais da informação de planejamento, que permite aos usuários desenvolver uma abordagem mais realista e cronograma de construção viável.

Durante a análise do modelo 4D, os usuários devem ser capazes de criar e visualizar cenários alternativos de sequência de construção e também permitir que cada participante do projeto possa ver o modelo em vários níveis de detalhe (KOO e FISHER, 1998).

Sendo assim, a modelagem 4D permite que se possa, através do planejamento acoplado ao modelo 3D, facilitar a tomada de decisões referente ao plano de ataque da obra, logística, segurança, custo, dentre outros fatores de maneira mais precisa e rápida.

As simulações dos modelos 4D que os softwares disponibilizam são de grande auxílio para que a realização de todas essas tarefas seja feita com grande eficiência.

3.4.2 Modelagem 5D

Existem vários tipos de estimativas que podem ser desenvolvidas durante o processo de projeto. Estas estimativas vão de valores aproximados no início do projeto até os mais precisos, depois que o projeto está concluído. Claramente, é indesejável esperar até o final da elaboração do projeto para se desenvolver uma estimativa de custos (EASTMAN et al., 2011).

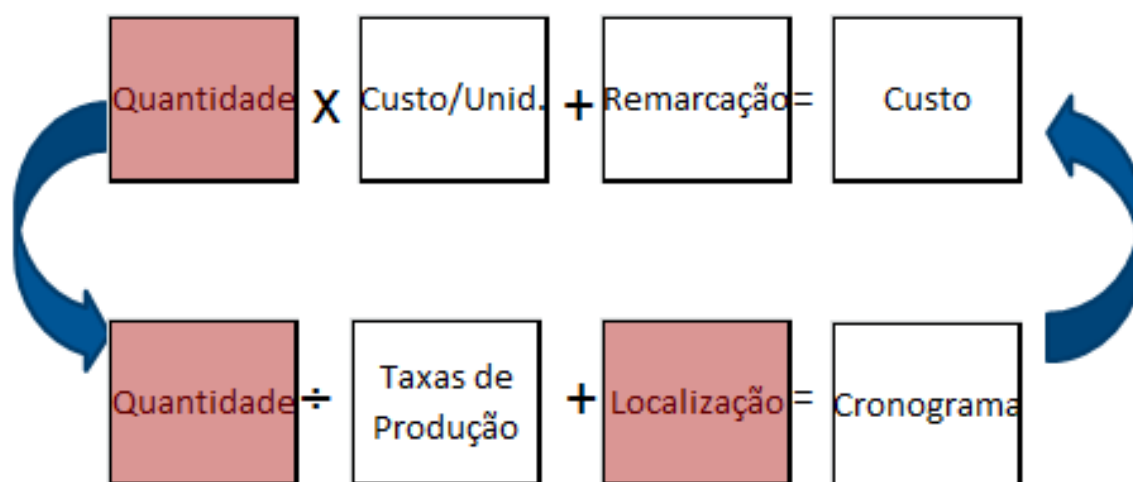
Durante a fase inicial do projeto, as únicas quantidades disponíveis para as estimativas são aquelas associadas à área e volume, assim como tipos de espaços, perímetros, comprimentos e assim por diante. Estas quantidades podem ser adequadas ao que é conhecido como estimativas de custo paramétricas, cujo cálculo é baseado na maioria dos parâmetros da construção. À medida que o projeto amadurece, é possível extrair quantidades mais precisas de materiais e espaços de maneira mais rápida e diretamente do modelo da construção. Todas as ferramentas BIM fornecem capacidades para extração de componentes variados, área e volume dos espaços, quantidade de materiais e relatá-los em vários cronogramas. (EASTMAN et al., 2011).

Para muitos orçamentistas, a capacidade de extrair dados, quantitativos e associar o levantamento usando planilhas Excel geralmente é suficiente. O orçamentista é capaz de usar regras para calcular as quantidades desses itens com base nas propriedades do componente ou digitar manualmente os dados não extraídos do modelo. Como resultado, todas as informações necessárias para desenvolver uma estimativa completa de custos e lista detalhada de atividades básicas podem ser utilizadas para o planejamento da construção. Se a informação está relacionada com os componentes BIM, ele pode ser usado para gerar um modelo 4D (EASTMAN et al., 2011).

A modelagem 5D (modelação + cronograma + custos) consiste na extração de quantitativos, bem como o uso destes dados no cálculo das estimativas de custo e das taxas de

produção ao longo de todo o ciclo de vida da obra. Com essas informações agregadas ao modelo, pode-se ver quais elementos já tiveram seu custo calculado, assim como quais os outros necessitam de mais atenção, além de permitir aos proprietários quais as áreas da construção que mais contribuem para o custo total do edifício. A Figura 13 a seguir apresenta um fluxograma representando a progressão do 4D para o 5D e suas relações.

Figura 13: Fluxograma representativo da progressão da modelagem 4D ao 5D (Fonte: Adaptado de <http://www.vicosoftware.com/what-is-5D-BIM/tabid/88207/Default.aspx>)



A modelagem 5D permite que se tenha uma estimativa de custos muito mais precisa ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. Os contratantes, com o uso da ferramenta de simulação 5D podem facilmente identificar variáveis-chaves afim de aumentar o volume de estratégias, melhorando a longo prazo toda a performance do projeto, permitindo uma integridade dinâmica única entre estimativas de custo, cronograma, controle de projetos e contabilidade, cumprindo a visão da indústria da construção (MRASBUILT, 2014).

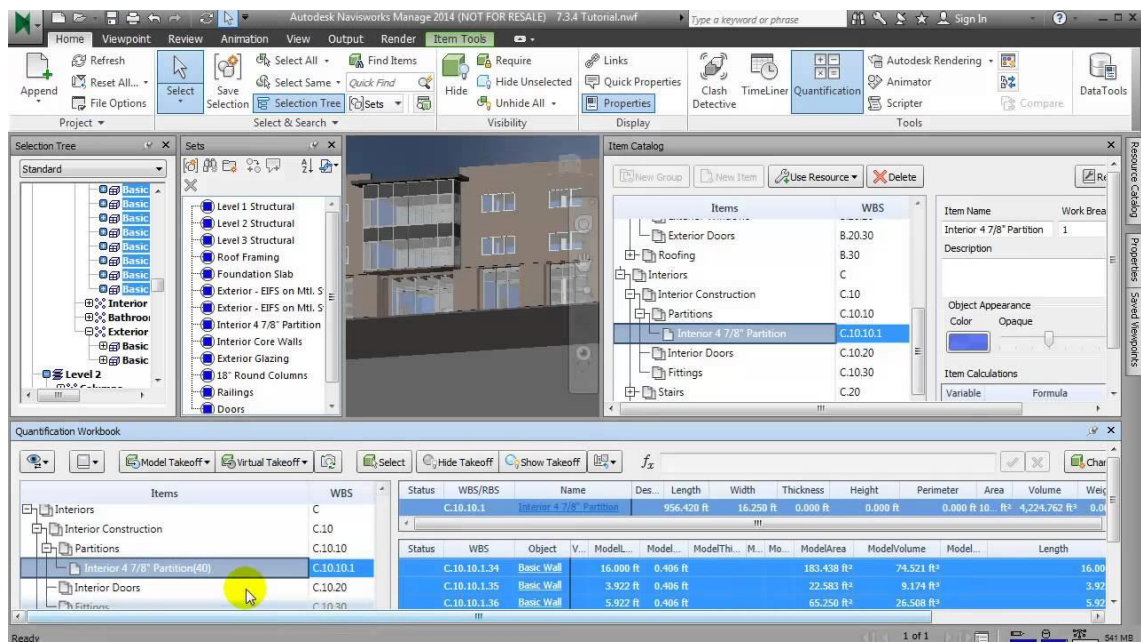
A principal vantagem da modelagem 5D para os construtores é o aumento da precisão durante a construção, com menos desperdício de tempo, de materiais e de redução de alterações durante a execução das obras. Podem-se controlar tanto as atividades críticas que se sobrepõem durante a execução, compreender através da imagem virtual o projeto final, existindo uma maior conciliação de especialidades (AZEVEDO, 2009).

Todas as ferramentas BIM fornecem recursos para extração de quantitativos e componentes, quantidades de material, área e volume dos espaços. Estes recursos também incluem ferramentas para exportação de dados quantitativos em uma planilha ou uma base de dados externa (EASTMAN et al., 2011). A organização do software Vico listou o que se pode fazer com as capacidades da modelagem 5D:

- Mostrar a um proprietário o que acontece com o cronograma e o orçamento quando uma mudança é feita no projeto;
- Organizar seu próprio banco de dados com informações de preço e custo, taxas de mão-de-obra e dados de composição da equipe;
- Fornecer cronogramas financeiros para o proprietário;
- Fornecer estimativas iterativas múltiplas ao proprietário o qual pode ser comparado rapidamente com o custo alvo.

Alguns componentes, como a porta, só precisam ser contados. Isso requer uma simples consulta ao banco de dados. Outros componentes precisam ser identificados, tem comprimento, área, volume ou massa determinada e, depois, agregar os dados. Componentes discretos sólidos, como rodapés, acabamentos de pisos e paredes de concreto cabem todos neste grupo. Obviamente, o conhecimento dos produtos do fabricante é necessário, o que significa que a geração de descrições de itens tem de ser um processo em quatro fases – identificar os componentes relevantes, extrair a quantidade necessária, gerar a descrição do item e, sem seguida, contar o número de ocorrências (DROGEMULLER e TUCKER, 2003). A Figura 14 a seguir apresenta um exemplo de um modelo de informações da construção em 5D.

Figura 14: Modelagem 5D para estimativa de custos (Fonte: Autodesk Navisworks Manage 2014)



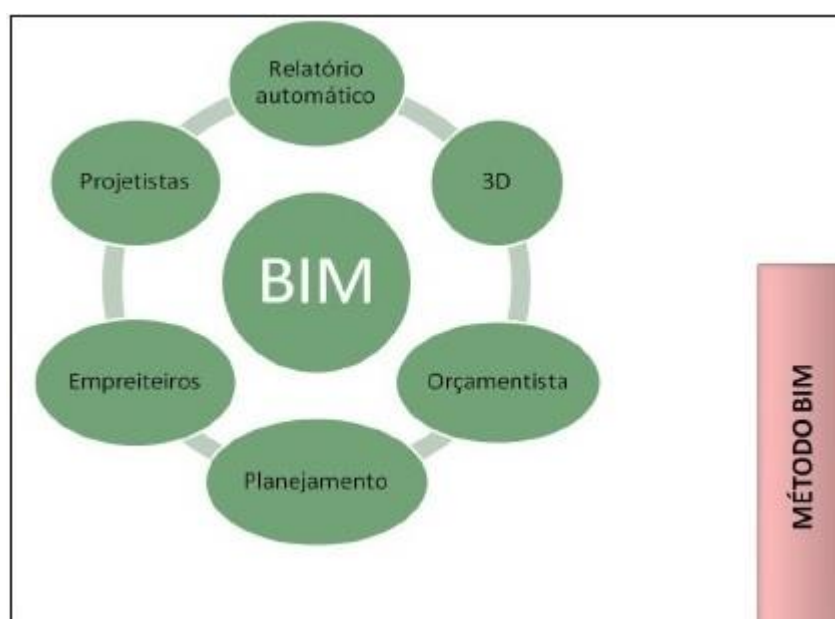
Os projetistas e orçamentistas devem coordenar métodos para padronizar os componentes de construção e os atributos associados com os componentes para o levantamento de quantitativos. As estimativas de custo obtidas a partir do modelo de

construção serão mais precisas a partir do rigor e nível de detalhe já modelado (EASTMAN et al., 2011).

3.5 O PROCESSO DE QUANTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA

O BIM oferece uma tecnologia potencialmente transformadora pela sua capacidade de fornecer um recurso compartilhado digital para todos os participantes na gestão do ciclo de vida de um edifício, desde o desenho preliminar até a gestão de instalações (SANTOS, 2009). A seguir, a Figura 15 ilustra esta troca de informações pelo processo BIM.

Figura 15: Fluxo de partes envolvidas na construção de um modelo BIM (Fonte: SABOL, 2008 apud SANTOS, 2009)



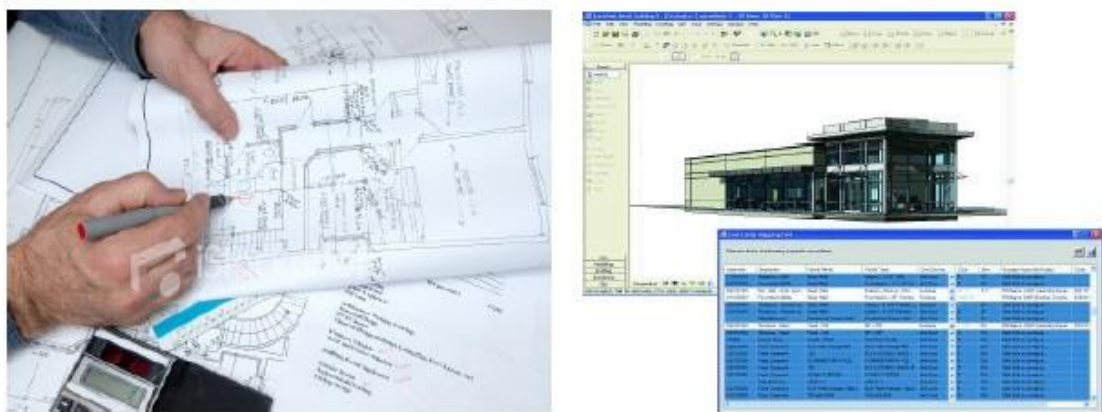
A diferença entre o BIM e o CAD é a elaboração do projeto, pelo usuário, usando objetos ao invés de apenas linhas. O BIM contém propriedades predefinidas, ou propriedades definidas pelo usuário, que completam quantidades de material (ALDER, 2006).

Produzir estimativas exige a capacidade não somente de contar blocos cerâmicos, portas, janelas, acessórios hidro – sanitários, mas também a visualização dos elementos. Com a utilização do modelo BIM, há uma produção de dados concretos nas fases iniciais do processo de projeto. Várias versões de tais documentos podem existir e o acesso às últimas versões é de crucial importância. O intercâmbio de dados digitais sobre um projeto de construção pode substituir a base de processos impressos e pode aumentar a velocidade e a eficiência da comunicação, bem como melhorar a gestão dos custos, da concepção à conclusão – também conhecida como gestão total de custos. O objetivo é integrar todos os dados multidisciplinares gerados pela obra e aperfeiçoar a sua utilização (MATIPA, 2008).

Assim, os orçamentistas compreendem e visualizam exatamente o que está a ser quantificado para analisar tais cenários diferente (ALDER, 2006).

Sabol (2008) apresenta na Figura 16 um comparativo de quantificação do modelo tradicional com o modelo BIM que pode fornecer a quantificação exata e automatizada, e ajudar na redução significativa da variabilidade das estimativas de custo.

Figura 16: Comparativo entre estimativa de custos tradicional x quantificação com o BIM (Fonte: SABOL, 2008 apud SANTOS, 2009)



Alder (2006) apresenta muitos atributos que podem ajudar na estimativa e na quantificação utilizando-se da ferramenta BIM, são eles:

- Visualização e compreensão do escopo do projeto – visão tridimensional;
- Atributos dimensionais a partir de objetos sem quaisquer problemas de escala errada – exibir os itens a serem quantificados;
- Como um modelo é criado, a lista de materiais ou lista paramétrica torna-se disponível e é ligada aos objetos do modelo. Estas listas podem ser modificadas para mostrar os parâmetros dos objetos no modelo, tais como as quantidades e dimensões atualizadas automaticamente;
- É possível isolar os objetos na visão tridimensional para verificar a correta quantificação; o orçamento é desenvolvido com detalhe significativo (detalhadas pelo sistema);
- É possível fornecer um entendimento de onde está a variância e a importância;
- A comparação com os dados iniciais é possível;
- A estrutura de custos é disponível para as partes fundamentais para a avaliação das áreas onde são possíveis grandes melhorias.

Para que se possa aproveitar totalmente o BIM, projetistas e orçamentistas deverão coordenar métodos para padronizar os componentes da construção e os atributos associados a estes componentes para extração de quantitativos. Além disso, a fim de gerar quantidades de subcomponentes e montagens precisas, como os pregos dentro de uma parede, é necessário de estabelecer normas para estes conjuntos. Pode ser que se necessite modificar as definições do objeto no modelo BIM usado, para corretamente capturar as quantidades necessárias para a estimativa de custos, por exemplo, o objeto pode não apresentar a metragem linear correta para instalação de placas de gesso (EASTMAN et al., 2011).

Eastman et al. (2011) afirma que nenhuma ferramenta BIM fornece todas as capacidades de uma planilha orçamentária ou uma composição de custos. A partir disso, os orçamentistas devem identificar um método que melhor funciona com o processo adotado por eles para uma melhor estimativa de custos. Três opções primárias estão apresentadas a seguir.

3.5.1 Exportar quantidades para um software de estimativas

A maioria das ferramentas BIM oferecem recursos para extração de quantitativos das propriedades e componentes do modelo. Estas características também incluem ferramentas para exportação de dados para uma planilha ou um banco de dados externo. Dentre os mais de 100 pacotes que, em sua maioria, são específicos para este tipo de trabalho, a Microsoft Excel ainda é a ferramenta mais utilizada para estimativas de custo, segundo pesquisa feita por Sawyer e Grogan (2002).

Para muitos orçamentistas, a capacidade de extração dos quantitativos usando planilhas do Excel é, muitas vezes, suficiente. Entretanto, esta abordagem pode exigir uma configuração significativa e adoção de um processo de modelagem padronizada.

3.5.2 Fazer o link direto dos componentes BIM com um software de estimativas

A segunda alternativa é usar uma ferramenta BIM capaz de fazer a conexão direta para um pacote de estimativas de custo via plug-in ou uma ferramenta terceirizada. Muitos softwares apresentam em seus pacotes plug-ins para as várias ferramentas BIM, como por exemplo, o Sage Timberline via Innovaya (Innovaya, 2010) e o Vico Estimator (Vico Software, 2010). Essas ferramentas permitem que o orçamentista associe os objetos em um modelo de construção diretamente através de montagens, receitas, ou itens no pacote de estimativas do programa ou com um banco de dados externos para estimativas de custo.

O orçamentista é capaz de usar regras para calcular quantidades baseados nas propriedades dos componentes ou entrar com os dados manualmente não extraídos do modelo

BIM. Os conjuntos podem incluir itens que representam os recursos necessários, como mão-de-obra, equipamento, materiais e assim por diante, podendo ser associados ao tempo e custo. Como resultado, toda a informação requerida para desenvolver um orçamento completo e uma lista detalhada de atividades básicas que podem ser usados para o planejamento da obra.

Se toda essa informação estiver relacionada com os componentes BIM, ela pode ser usada para gerar um modelo 4D. Este tipo de trabalho funciona para os contratantes devido à padronização feita por eles de um único pacote para estimativas com uma ferramenta BIM. No entanto, para os subcontratantes há uma complicação, pois estes variam de acordo com a disciplina, de acordo com a ferramenta que cada subcontratada usar.

3.5.3 Usar uma ferramenta para levantamentos quantitativos

A terceira alternativa para o processo de quantificação automática é o uso de um software que extrai os quantitativos que importa dados de diferentes ferramentas BIM. Isso permite aos orçamentistas que eles usem a ferramenta para quantificar especificamente para as suas necessidades, sem que eles tenham de aprender sobre todas as características relacionadas a uma ferramenta de modelagem BIM.

Alguns exemplos de programas são o Autodesk Quantity Takeoff 2013, Vico Takeoff Manage e, atualmente, o Autodesk Navisworks Manage 2014, que contém a ferramenta Quantification, permitindo ao usuário que ele possa, além de gerar o cronograma do modelo, extrair os quantitativos para orçamento no mesmo software.

Essas ferramentas oferecem variados níveis de apoio para extração tanto automática quanto manual de quantitativos e os orçamentistas deverão usar uma combinação de ambas as ferramentas para dar suporte a uma vasta gama de quantitativos, assim como condicionar as verificações necessárias.

Alder (2006) apresenta muitos atributos que podem ajudar na estimativa e na quantificação utilizando-se da ferramenta BIM, são eles:

- Visualização e compreensão do escopo do projeto – visão tridimensional.
- Atributos dimensionais a partir de objetos sem quaisquer problemas de escala errada – exibir os itens a serem quantificados.
- Como um modelo é criado, a lista de materiais ou lista paramétrica torna-se disponível e é ligada aos objetos do modelo. Estas listas podem ser modificadas para mostrar os parâmetros dos objetos no modelo, tais como as quantidades e dimensões atualizadas automaticamente.

- É possível isolar os objetos na visão tridimensional para verificar a correta quantificação; o orçamento é desenvolvido com detalhe significativo (detalhadas pelo sistema).
- É possível fornecer um entendimento de onde está a variância e a importância.
- A comparação com os dados iniciais é possível.
- A estrutura de custos é disponível para as partes fundamentais para a avaliação das áreas onde são possíveis grandes melhorias.

3.6 SOFTWARE AUTODESK NAVISWORKS MANAGE

O Navisworks é um programa de análise de projetos que permite que os usuários possam analisar e rever de maneira holística os modelos e dados integrados com os interessados, para que se possa obter um melhor controle sobre os resultados do projeto. Suas ferramentas ajudam a coordenar disciplinas, resolver os conflitos e planejar os projetos antes do início da construção ou reforma da obra (AUTODESK, 2015).

Os recursos desse software permitem a coordenação, simulação da construção e análise do projeto para revisão de projetos integrados. Ele também inclui ferramentas avançadas para simular e aperfeiçoar o cronograma, identificar e coordenar conflitos e interferências colaborar e ter uma percepção dos principais problemas. (AUTODESK, 2015).

Sendo assim, o Navisworks apresenta-se como um dos principais auxílios da tecnologia BIM na análise do planejamento e orçamento de uma obra durante todo o seu ciclo, de vida, permitindo o controle físico-financeiro através das simulações do cronograma, que também integra os custos, dando a ideia de se executar a modelagem 5D de uma dada edificação.

Para que se possa ter um melhor entendimento do software e suas características e suas aplicações neste trabalho, serão mostradas algumas definições gerais a seguir:

3.6.1. A Ferramenta Timeliner

Segundo a Autodesk (2014), o Timeliner adiciona a simulação de tabela ao Navisworks, permitindo criar ou importar o planejamento de uma variedade de fontes. Dessa forma, é possível conectar tarefas em planejamento com objetos no modelo para se criar uma simulação (modelagem 4D). Essa característica permite que ver o efeito do planejamento no modelo e comparar as datas planejadas com as datas atuais. Os custos também podem ser atribuídos às tarefas para acompanhar o custo de um projeto ao longo da programação (modelagem 5D).

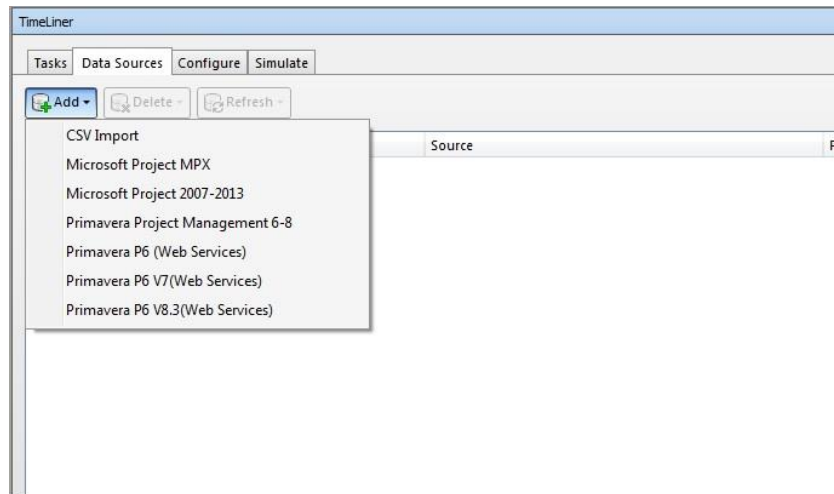
A combinação dessa ferramenta com outras dentro do software permite ao usuário que ele possa planejar as logísticas dentro da obra, através do planejamento do movimento de um objeto em função das durações das atividades do projeto, ajudando no planejamento de espaço de trabalho e processo (Timeliner + Object Animation). Essa ferramenta de animação pode ser um auxílio na resolução de problemas envolvendo obstruções entre determinadas atividades e objetos, sendo possível antes mesmo de ir ao terreno.

Outra combinação possível do Timeliner com outras ferramentas do Navisworks pode possibilitar os problemas de interferências do projeto modelados em 4D (Timeliner + Clash Detective). Sendo assim, pode-se obter uma animação completa fazendo os testes de interferência necessários em cima das simulações, garantindo que não ocorram possíveis colisões em obra dos objetos com a equipe de trabalho, por exemplo.

O Timeliner possui alguns atributos de extrema importância para a construção de um modelo BIM 4D:

- **Taferas do Timeliner:** A guia Tasks pode ser utilizada para criar e editar tarefas, para anexar tarefas em itens de geometria, e para validar seu planejamento do projeto, sendo possível a alteração dentro dele.
- **Gráfico de Gantt:** Assim como no Ms Project, o gráfico de Gantt exibe a duração gráfica das atividades de um dado projeto, assim como as divisões em incrementos (minutos, horas, dias, semanas, meses e anos).
- **Vinculação com arquivos de projetos externos:** Sendo um dos recursos mais importantes do Timeliner, a lista de tarefas, incluindo as datas finais e iniciais definidas, pode ser importada de um arquivo externo diretamente para este recurso (Figura 17).

Figura 17: Processo de importação de um cronograma para o Timeliner (Fonte: Navisworks, 2015).



- **Exportação de tabelas do Timeliner:** É possível exportar os dados da ferramenta para os formatos CSV e Microsoft Project XML. Os dados são exportados na ordem padrão, sem considerar a ordem ou a seleção de colunas do Timeliner.

3.6.2. A Ferramenta Quantification

O Quantification aparece como novidade no Navisworks a partir da versão 2014 do software, sendo uma ferramenta para levantamentos quantitativos de um dado projeto. Antes disso, cabia a outro programa, também da Autodesk, chamado Quantity Takeoff 2013. A adição do Takeoff permitiu ao Navisworks que se possa calcular quantidades e permitir uma modelagem 5D de maneira mais eficiente.

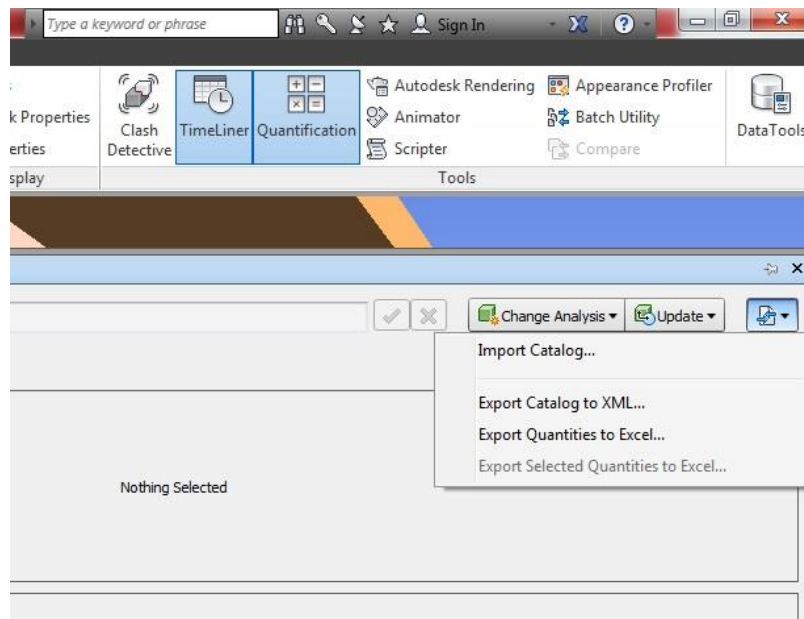
A ferramenta oferece suporte à integração de dados de projetos tridimensionais (3D) e bidimensionais (2D), combinando vários arquivos e gerando levantamento de quantidades. Com o levantamento das quantidades de um modelo BIM é possível criar visualizações dos objetos sincronizadas que combinam com as informações das ferramentas BIM, com a geometria, as imagens e os dados de outras ferramentas. É possível também executar um levantamento quantitativo virtual dos itens sem geometria ou propriedades dos modelos associadas (AUTODESK, 2014).

O Quantification pode contar e medir quantidades dos itens associados às disciplinas de Arquitetura (portas, paredes e janelas), Engenharia Civil (estruturas, terra, estrada, hidráulica e drenagem) e outras Engenharias (mecânica e elétrica). As medidas disponíveis que a ferramenta calcula são o comprimento, largura, altura, espessura, perímetro, área, volume, peso específico e contagem de objetos de um dado elemento. (AUTODESK, 2014).

O Quantification Apresenta alguns atributos que são muito importantes e devem ser levados em consideração para se exercer um bom levantamento de quantidades. São eles, segundo a Autodesk (2014):

- **Quantification workbook:** É a área de trabalho principal. A partir desse espaço, é possível executar um levantamento do modelo (automático) ou um levantamento virtual (manual).
- **Catálogo de itens:** Denominado Item Catalog, este recurso é uma árvore de seleção, um painel de variáveis e informações gerais, podendo ser diretamente associados a um objeto de modelo como uma parede ou uma janela. Os itens podem existir de maneira independente ou podem conter recursos.
- **Catálogo de recursos:** Conhecido no programa como Resource Catalog, ele é um banco de dados de recursos para o projeto, podendo ser relacionados por função e tipo, como materiais, ferramentas ou equipamentos, incluindo também placa coberturas ou componentes estruturais.
- **Levantamento de modelo:** O levantamento de modelo utiliza as propriedades incorporadas nos arquivos de origem do projeto para criar dados de levantamento, extraindo os objetos a partir do modelo e os exibindo como itens na pasta de trabalho do Quantification.
- **Mapeamento das propriedades de levantamento:** Na execução de um levantamento de modelo, o Quantification extrai os dados internos do projeto e os mapeia automaticamente para os Itens no catálogo. Cada tipo de item (como Linear, Area ou Volume) correspondente é mapeado para uma propriedade de objeto padrão. Por exemplo, por padrão, itens Linear são mapeados para Length, itens Area são mapeados para Area e assim por diante. Essa é a propriedade medida durante o levantamento.
- **Exportação dos dados de levantamento:** Os dados de levantamento podem ser exportados para Excel ou no formato XML para análise e compartilhamento com outros membros da equipe. As planilhas geradas oferecem riqueza de detalhes, para uma análise profunda e precisa do projeto (Figura 18).

Figura 18: Exportação dos dados levantados para Excel (Fonte: Navisworks, 2015)



3.6.3. Terminologia de arquivos do Navisworks

- Arquivos de cache (NWC):** Quando qualquer arquivo nativo do CAD ou Revit estiver aberto ou anexado, o Autodesk Navisworks cria um arquivo em cache (NWC), caso a opção gravar em cache estiver ativada. Quando o arquivo é aberto ou anexado da próxima vez, o Autodesk Navisworks irá ler os dados do arquivo de cache correspondente em vez de reconverter os dados originais se o cache for mais novo do que o arquivo original. Se o arquivo original for alterado, o Autodesk Navisworks irá recriar o arquivo de cache da próxima vez que for carregado. Os arquivos de cache aceleram o acesso aos arquivos de uso comum. Eles são particularmente úteis para modelos compostos de muitos arquivos, entre os quais apenas alguns são modificados entre as sessões de visualização. Os arquivos de cache também podem ser exportados de alguns aplicativos de CAD onde um leitor de arquivo nativo não está disponível com o Autodesk Navisworks.
- Arquivos de dados publicados (NWD):** Os arquivos NWD publicados são úteis ao se desejar obter um instantâneo do modelo em determinado momento. Toda a informação de geometria e revisão é salva nos arquivos NWD, não podendo assim ser alterada. Os arquivos NWD publicados também podem conter informações sobre o arquivo, assim como são capazes de serem protegidos por senha e marcados no tempo

para fins de segurança. Estes arquivos são também bem pequenos, comprimindo os dados em até 80% de seu tamanho original.

- **Arquivos revisados (NWF):** Os arquivos de revisão são úteis ao utilizar os arquivos anexados ao Autodesk Navisworks. Eles armazenam a localização dos arquivos anexados, junto com quaisquer revisões do projeto feitas no Autodesk Navisworks, como comentários, linhas de marcação, pontos de vista, animações e assim por diante. Se um grupo de arquivos é anexado a uma cena do Autodesk Navisworks e salvo como um arquivo NWF, então, ao reabrir este arquivo NWF mais tarde, uma vez que os arquivos originais tenham sido alterados, os arquivos atualizados serão carregados na cena para revisão.

4. METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho foi feito, inicialmente, uma revisão bibliográfica dos principais conceitos da modelagem de informação da construção e orçamento na construção civil, cujo foco deste é o orçamento executivo. Para isso, foi utilizada uma bibliografia ampla, constituída de teses, artigos, monografias, livros e dissertações. A maioria das fontes encontradas estava na língua inglesa, portanto, foi necessário de traduzir os textos para a língua portuguesa, a fim de se obter um melhor entendimento do estudo.

Após a revisão da bibliografia, foi apresentado um estudo de caso com o objetivo de aplicar a ferramenta BIM para elaboração e acompanhamento de orçamentos executivos de uma determinada obra. Para isso, os quantitativos e os cálculos de custo de materiais e mão de obra da edificação foram calculados e associados ao planejamento da obra, a fim de se executar uma simulação em modelagem 5D do empreendimento de maneira automatizada.

Para que a realização desse processo seja possível, fez-se o uso do software Autodesk Navisworks 2014, assim como o Revit 2014, para a extração dos quantitativos dos materiais, associação dos custos com o planejamento e simulação do modelo 5D da obra estudada.

Após a execução desta etapa, é feita uma análise dos resultados encontrados e considerações a serem tomadas acerca da aplicação da ferramenta BIM neste contexto.

O Quadro 10 a seguir faz um resumo sintético da metodologia deste trabalho, os objetivos e as atividades realizadas e os resultados esperados para cada uma delas.

Quadro 10: Resumo da metodologia adotada no trabalho.

Objetivo Geral	Avaliar a aplicação da modelagem 5D na elaboração de orçamento executivo.		
Objetivos Específicos	Metodologia		
	Atividades	Ferramentas	Resultados Esperados
Conhecer as características e aplicações de ferramentas de modelagem da informação da construção e do orçamento na construção civil	Revisão bibliográfica sobre o BIM e sobre o orçamento na construção civil.	Artigos, monografias, dissertações, livros, sites especializados etc.	Conhecimento dos principais conceitos relacionados a ferramentas BIM e verificar a melhor aplicação deles na elaboração de um orçamento executivo.
Aplicar o BIM para elaboração de orçamento executivo através de um estudo de caso	Elaboração de um orçamento executivo da edificação a partir do modelo estudado	Softwares Novisworks 2015, Revit 2013, Microsoft Excel 2010	Levantar os quantitativos da obra, calcular os custos diretos e elaborar o orçamento.
	Associação dos custos calculados com o planejamento da obra	Softwares Ms Project, Microsoft Excel, Novisworks 2015	Obtenção de um modelo 5D de edificação, com orçamento e planejamento definidos.
	Simulação do modelo 5D da obra estudada	Software Navisworks 2015	Análise dos custos calculados associados ao planejamento em cada etapa do cronograma da obra.
Avaliar os resultados obtidos pela aplicação do BIM na elaboração de orçamento executivo	Avaliar a simulação do modelo 5D estudado	Imagens e vídeos da simulação do modelo e tabelas extraídas do Navisworks 2015	Identificar as vantagens e limitações da aplicação do BIM na elaboração de orçamento executivo.

5 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA MODELAGEM 5D NA ELABORAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE ORÇAMENTO EXECUTIVO

O estudo de caso a ser apresentado tem como objetivo fundamental estudar a aplicação de um modelo BIM 5D na elaboração de um orçamento executivo, analisando a realização de um processo automatizado e preciso da evolução física da construção associada aos custos calculados de materiais e mão-de-obra da mesma. Será mostrada também a simulação virtual do modelo por meio de animação, com as principais etapas da obra sendo exibidas em associação com os custos calculados.

Primeiramente será feita uma apresentação do modelo, com alguns dados básicos da edificação do estudo de caso.

Em seguida, será apresentado o cronograma da edificação associado ao modelo, ou seja, a modelagem 4D, com as datas de início e fim das atividades definidas, bem como a exportação das mesmas para os sets, para ser efetuado o levantamento das quantidades.

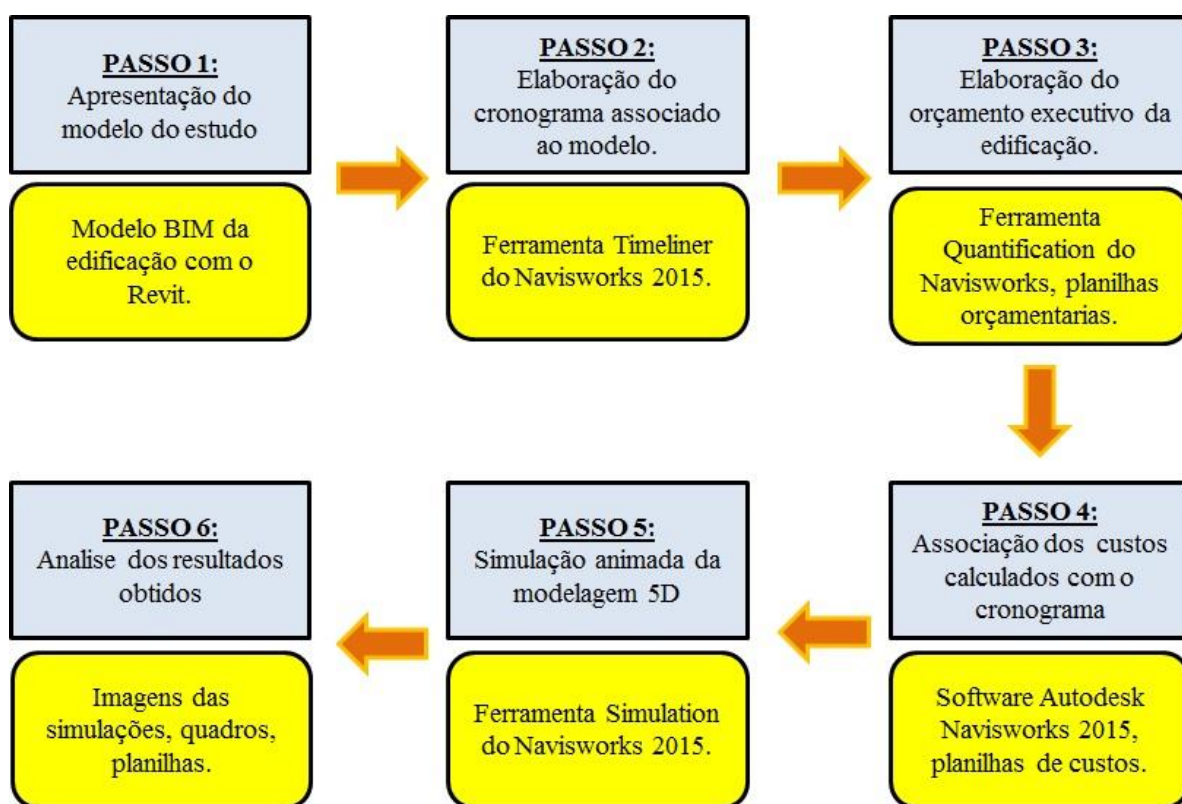
Com o cronograma e sets definidos, será calculado o orçamento da obra, com o cálculo dos custos de materiais e mão-de-obra e seus respectivos quantitativos. Nesta etapa, os quantitativos serão extraídos diretamente do novo atributo “Quantification” do software Autodesk Navisworks 2014. Com os quantitativos em mãos, será feita a exportação dos mesmos para o Excel 2010, para serem efetuados os cálculos dos custos.

Após o cálculo dos custos, será feita a associação do orçamento executivo com o cronograma do modelo. Cada atividade representada no cronograma terá o seu custo associado com a data de início e fim, dando sentido prático à definição da modelagem 5D.

Finalmente, será feita a simulação do modelo 5D no Navisworks. Os custos calculados deverão estar devidamente associados ao planejamento e, conseqüentemente, à evolução física da obra. Através dessas informações serão feitas as análises finais da eficácia e precisão do modelo 5D na elaboração e acompanhamento de um orçamento executivo.

Para ilustrar o que foi descrito acima, a Figura 19 sintetiza a metodologia do estudo de caso para um melhor entendimento.

Figura 19: Fluxograma da metodologia do estudo de caso.



5.1 APRESENTAÇÃO DO MODELO

A obra consiste em um projeto padrão de uma unidade habitacional de caráter popular, obedecendo aos padrões da SINAPI (CAIXA) sendo do tipo CP.1-2Q46.

O SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção) é um sistema de pesquisa que informa os custos e índices da construção civil. Esse sistema é fruto de uma parceria entre a CAIXA e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, essas duas instituições são responsáveis pela divulgação oficial dos resultados, manutenção, atualização e aperfeiçoamento do cadastro de referências técnicas, métodos de cálculo e do controle de qualidade dos dados disponibilizados pelo sistema (CAIXA, 2014).

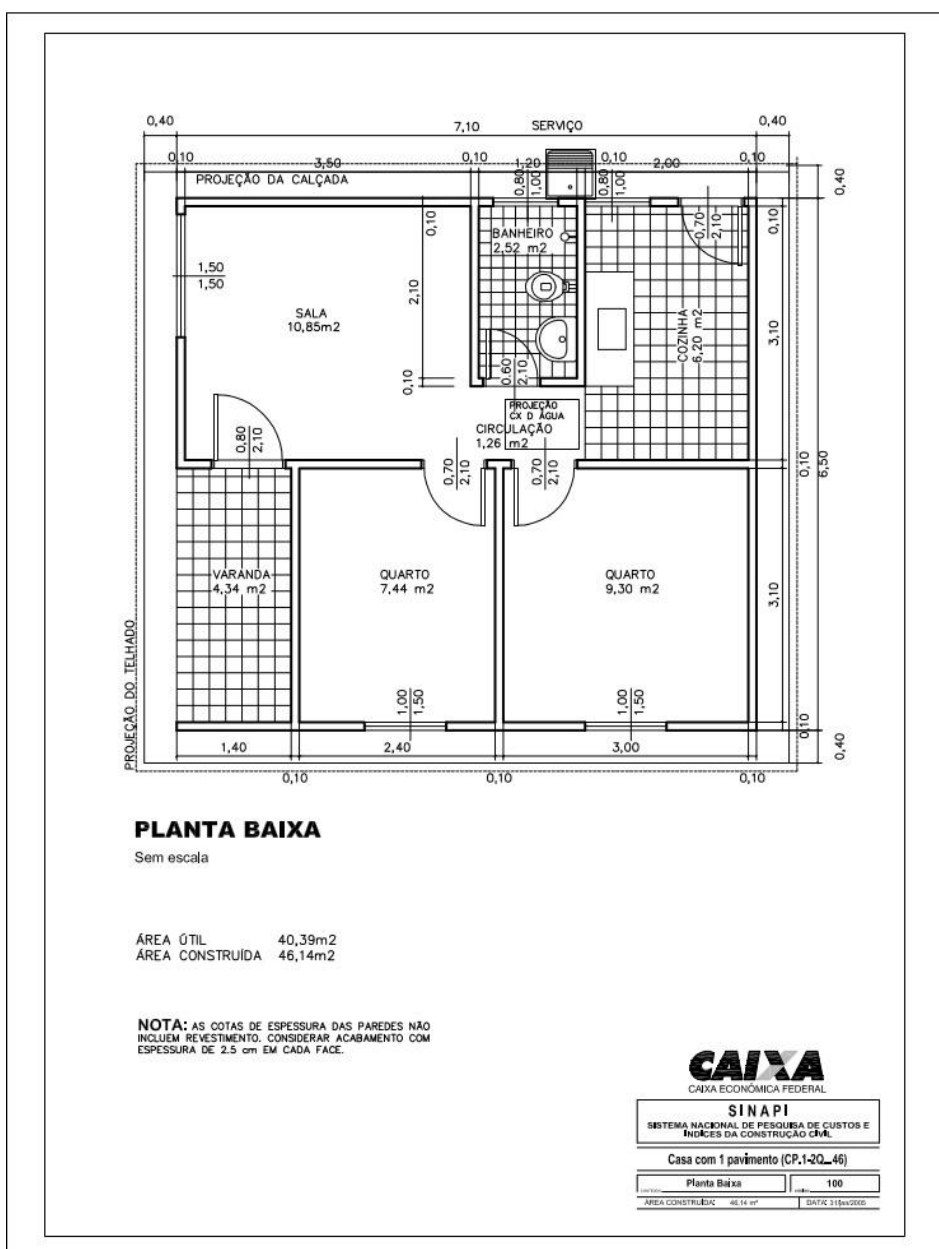
A casa possui um pavimento e seu piso tem na fundação baldrame a sua estrutura. Ela é composta por uma área de circulação interna de 6 cômodos, contendo varanda, 2 quartos, sala, banheiro e cozinha. A edificação é circundada por uma proteção de calçada de 40cm de largura.

O projeto possui 3 padrões de acabamento: normal, baixo e mínimo. Para esse estudo de caso foi usado o padrão de acabamento normal, o qual a edificação possui piso cerâmico, pintura interna em tinta PVA e pintura externa em tinta acrílica.

A edificação, contendo a calçada de proteção, ocupa uma área construída total de 46,14m² e 40,39m² de área útil.

A Figura 20 apresenta a planta-baixa da casa, com as dimensões dos cômodos, limites da calçada, projeção da cobertura, área útil e total da edificação e outras informações que serão exibidas no modelo a seguir:

Figura 20: Planta baixa de arquitetura da casa (Fonte: SINAPI - CAIXA).



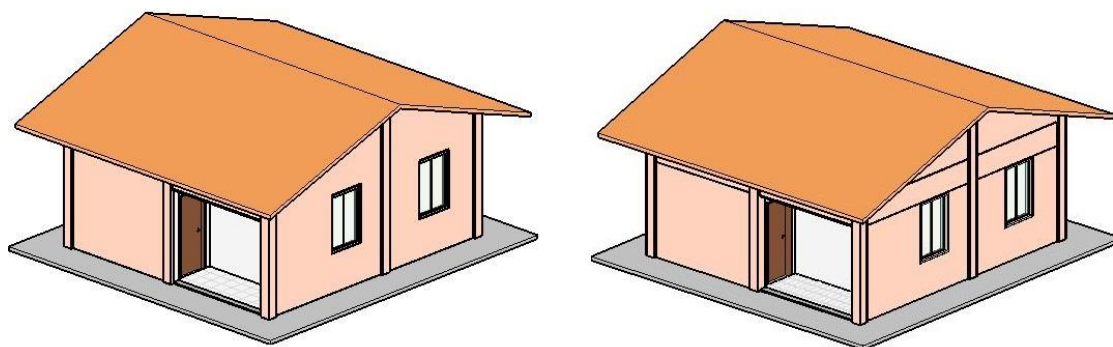
A planta baixa foi usada na transposição do modelo 2D para o BIM 3D, para que as atividades de levantamento de quantidades para elaboração do orçamento, assim como da construção do cronograma da obra se tornem possíveis.

Foram construídos dois modelos diferentes da mesma edificação em estudo, ambos feitos no Revit, para serem exportados para o Naviswork, que se diferenciam na modelagem das suas paredes.

No modelo 1, as paredes receberam a modelagem de múltiplas camadas, ou seja, o objeto parede foi composto com a alvenaria, o emboço e o acabamento final separados, não necessitando de explodir o modelo para separar as peças. Já o modelo 2 foi feito com as paredes conjugadas, em outras palavras, a alvenaria, o emboço e a pintura foram modelados em apenas um objeto. Por conta disso, o modelo 2 não teve necessidade de ser explodido em partes independentes.

A figura 21 a seguir mostra os dois modelos da casa: à esquerda está o modelo 1, feita com paredes unidas e à direita está o modelo 2, feito com as paredes de múltiplas camadas.

Figura 21: Vista dos modelos 1 e 2 no Revit 2013



Ambos os modelos se encaixam no nível de detalhe LOD300 da metodologia do Instituto Americano de Arquitetos.

5.2 EXPORTAÇÃO DO MODELO DO REVIT 2013 PARA O AUTODESK NAVISWORKS 2015

O objetivo do estudo é aplicar a modelagem 5D BIM na elaboração e acompanhamento de um orçamento executivo ou operacional. Entretanto, o Revit não possui o suporte para que se possa modelar com o cronograma e com os custos. Para isso, foi usado o Navisworks 2015,

o software capaz de possibilitar e realizar de maneira eficaz as análises em cima do modelo em estudo.

A exportação foi feita da seguinte maneira:

- a) Com o Revit aberto, foi selecionado a opção “exportar”, e foi escolhido a extensão NWC. (Figuras 22 e 23)

Figura 22: Exportação do Revit para o Navisworks (1)

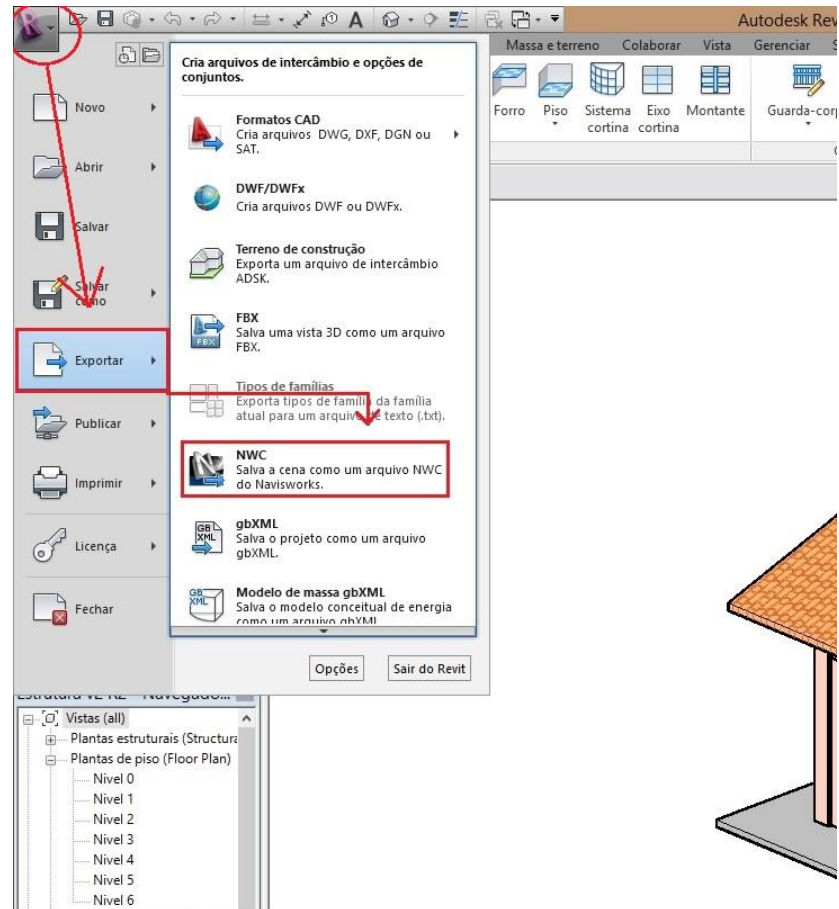
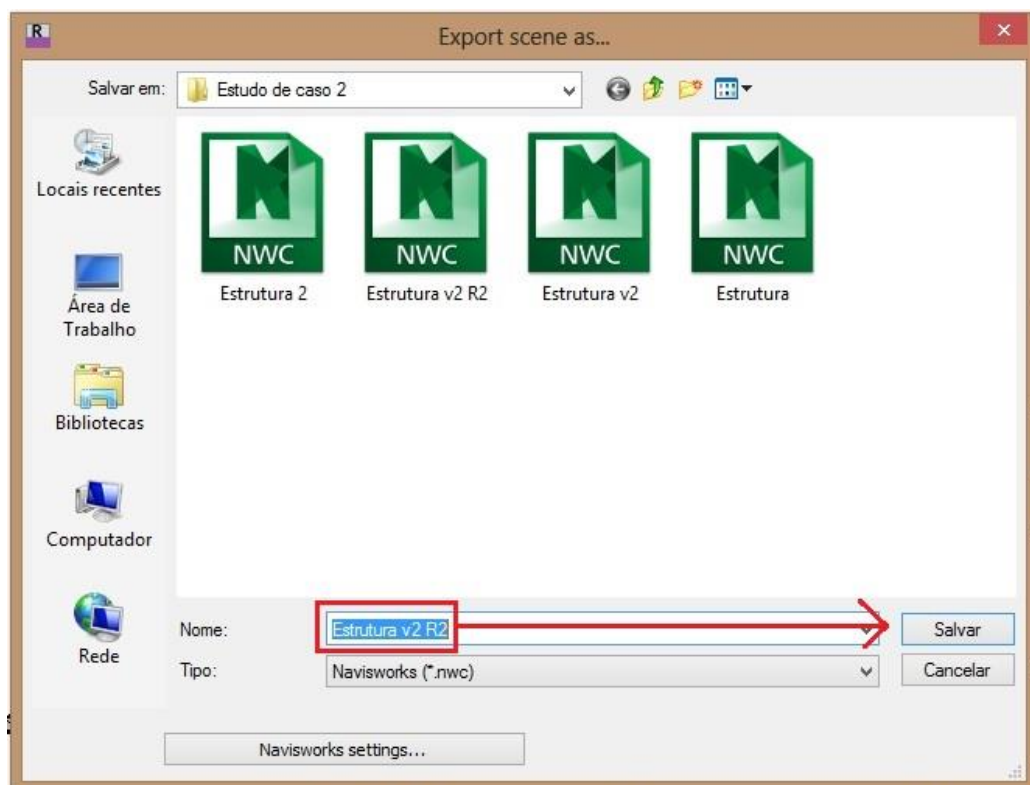


Figura 23: Exportação do Revit para o Navisworks (2)



- b) Ao abrir o arquivo no Navisworks, este estará no formato NWC, que é um formato de cache, ou seja, é uma leitura dos dados que foram transferidos do Revit para o software. Para que se possa usar os dados de maneira segura, o arquivo em NWC deve ser salvo no formato NWF (Figuras 24 e 25).

Figura 24: Exportação do Revit para o Navisworks (3)

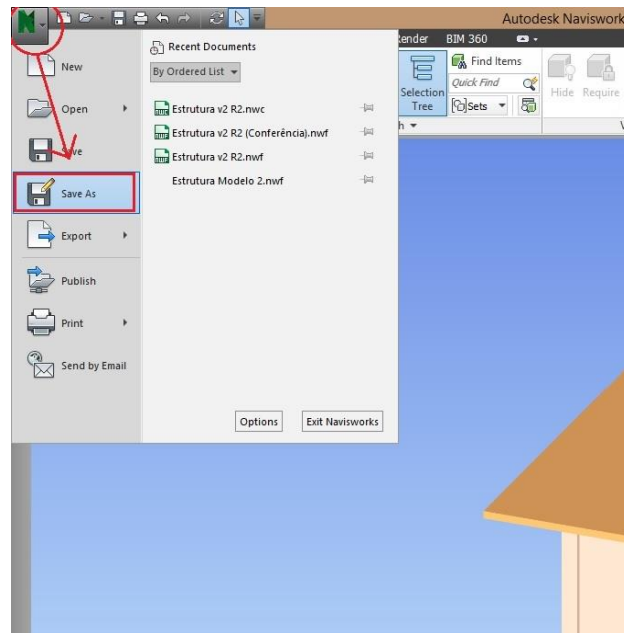
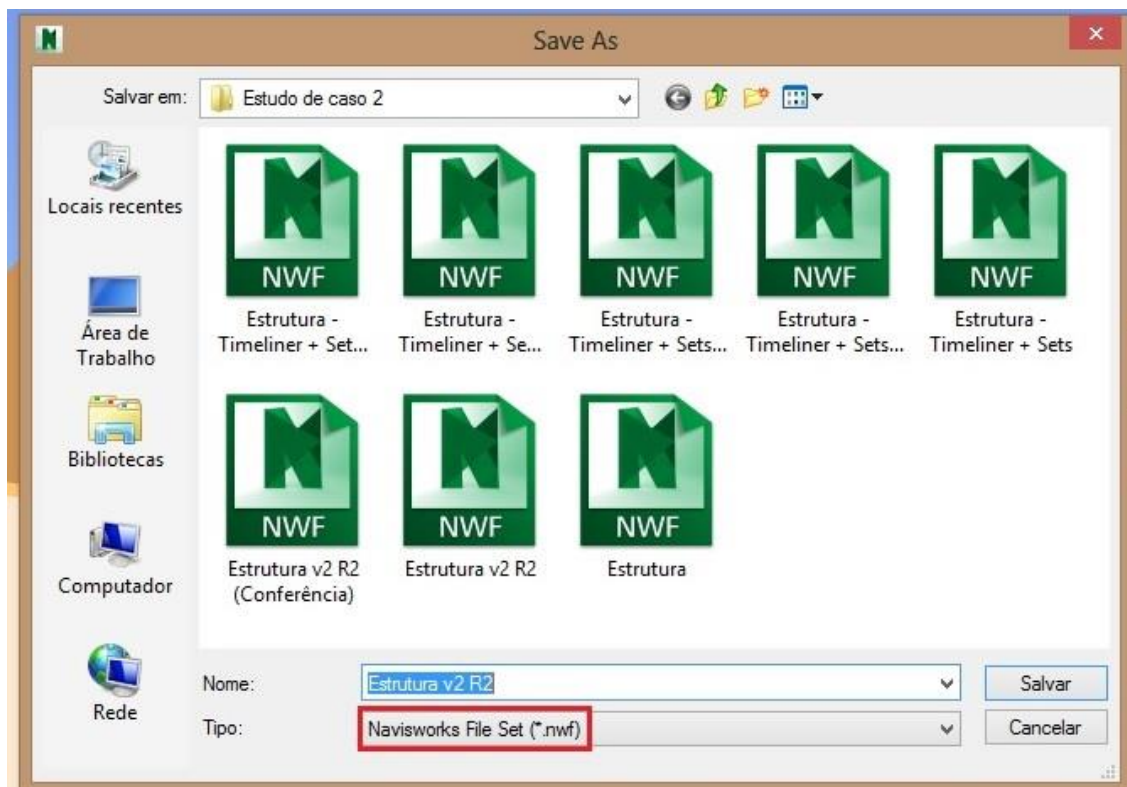
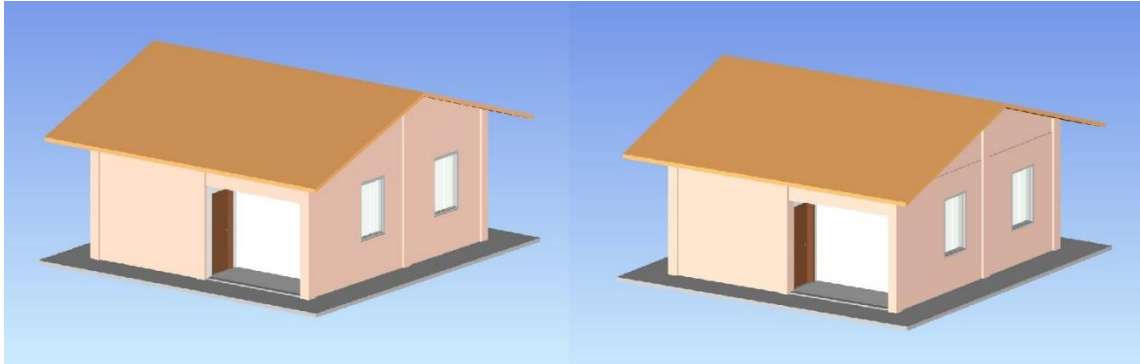


Figura 25: Exportação do Revit para o Navisworks (4)



A Figura 26 mostra os dois modelos exportados para o Navisworks:

Figura 26: Modelos 1 (esq.) e 2(dir.) exportados para o Navisworks

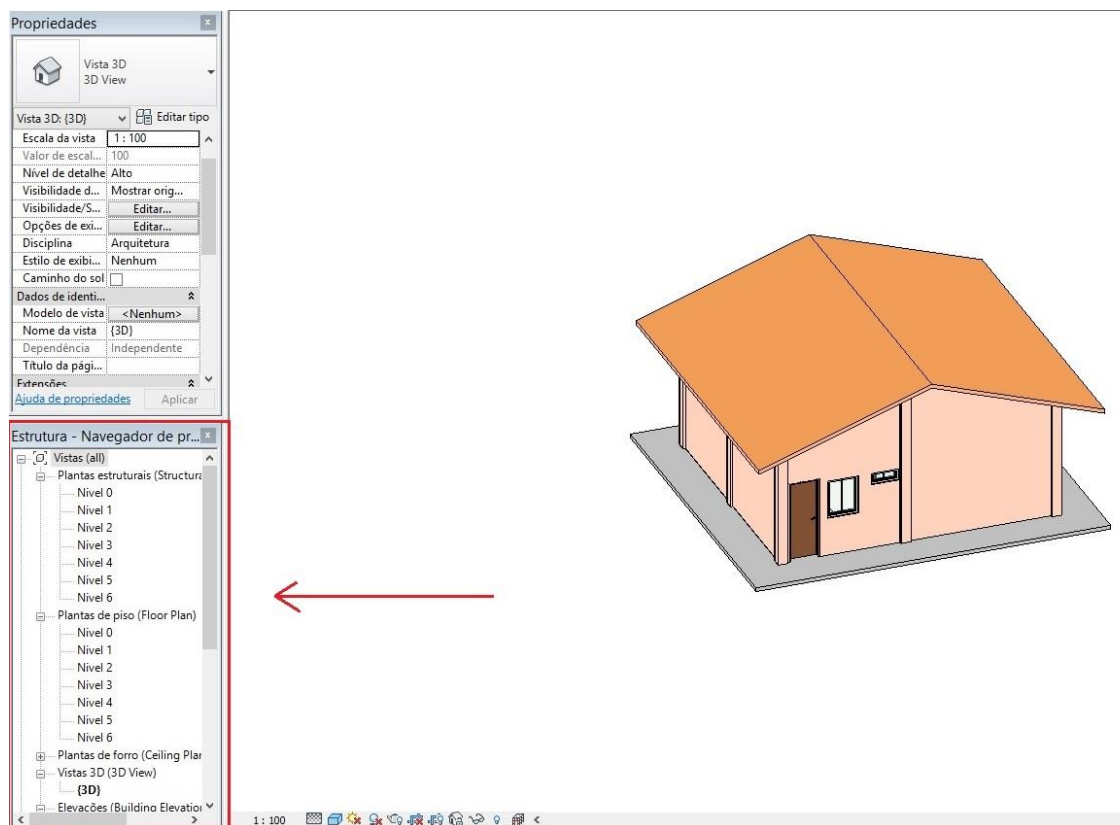


5.3 LEVANTAMENTO DOS QUANTITATIVOS NO REVIT

A extração dos quantitativos no Revit foi feita segundo o procedimento abaixo:

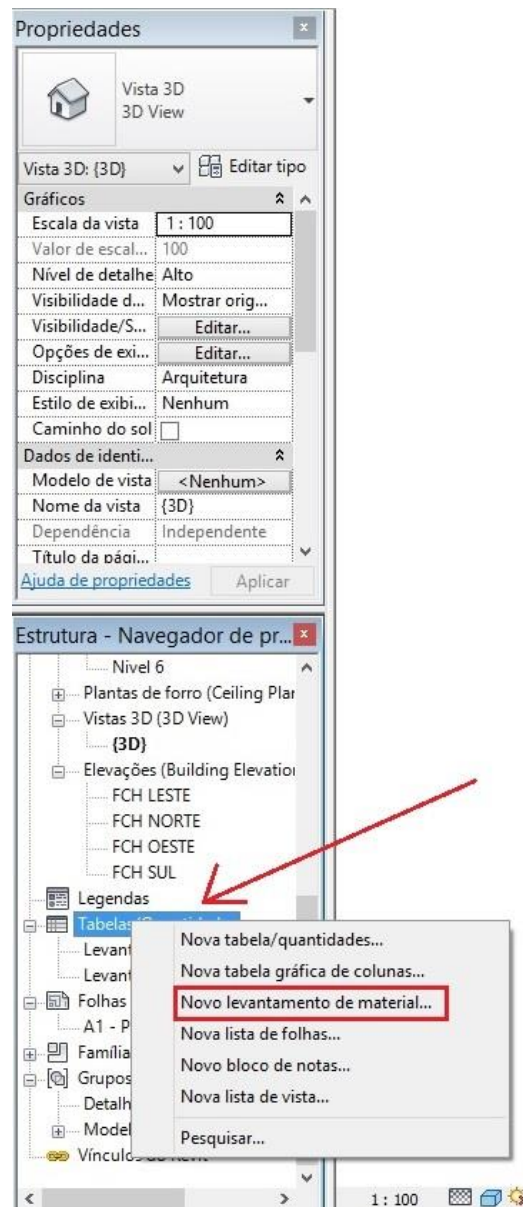
- a) Ao abrir o modelo no software, foi-se até o navegador de projeto, onde são localizadas as visualizações do modelo (Figura 27):

Figura 27: Etapa “a” do processo de extração de quantidades com o Revit



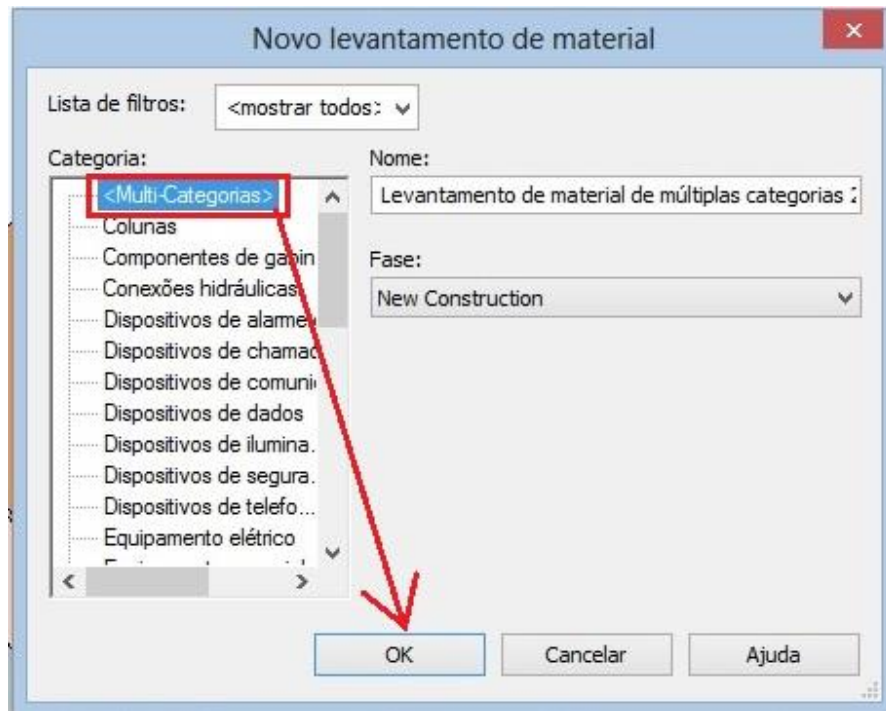
- b) Na janela, foi escolhida a opção “Tabelas/Quantidades”, clicando-a com o botão direito e a opção “Novo levantamento de material” foi selecionada (Figura 28):

Figura 28: Processo “b” de extração de quantidades com o Revit



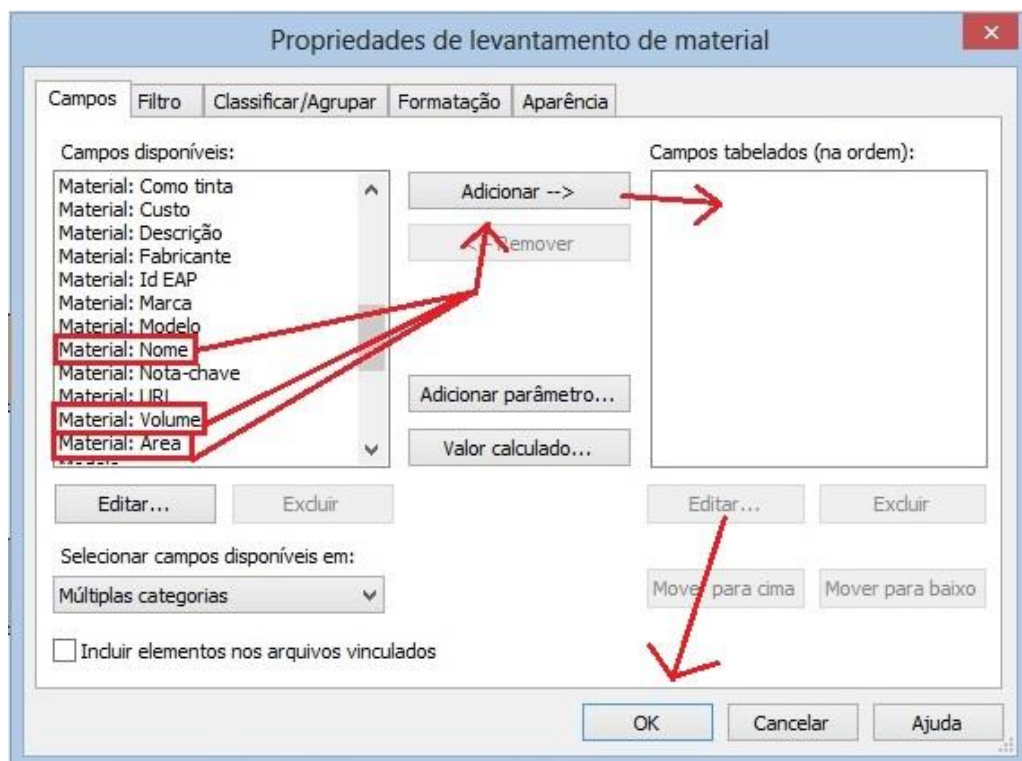
- c) Dentro da janela “novo levantamento de material”, foi escolhida a categoria “Multi Categorias”, e confirmou-se no OK (Figura 29). Esse tipo de categoria permite que os materiais de qualquer tipo tenham seus quantitativos extraídos:

Figura 29: Processo “c” do levantamento de quantidades no Revit



- d) Dentre os campos disponíveis, escolheu-se os campos: “Material: Nome”, “Material: Área” e “Material: Volume”, confirmando-se com “OK” (Figura 30).

Figura 30: Etapa “d” do processo de quantificação com o Revit



- e) Após isso, chegou-se a uma tabela com os quantitativos de cada item vinculado ao objeto do modelo. Essa tabela foi filtrada e ordenada por cada serviço: Concreto,

alvenaria, forro, emboço, dentre outros. A Figura 31 a seguir mostra um dos serviços da tabela com os quantitativos, nesse caso para o concreto:

Figura 31: Tabela dos quantitativos do material concreto para os serviços de concretagem da laje de fundação e estrutura, extraída do Revit.

Levantamento de material de múltiplas categorias			
Material: Nome	Material: Área	Material: Volume	Contador
.Concreto	77,35 m²	7,74 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	2,48 m²	0,12 m³	1
.Concreto	5,60 m²	0,31 m³	1
.Concreto	4,65 m²	0,25 m³	1
.Concreto	4,59 m²	0,25 m³	1
.Concreto	5,60 m²	0,31 m³	1
.Concreto	4,53 m²	0,25 m³	1
.Concreto	9,25 m²	0,51 m³	1
.Concreto	4,53 m²	0,25 m³	1
.Concreto	4,65 m²	0,25 m³	1
.Concreto	4,59 m²	0,25 m³	1
.Concreto	5,58 m²	0,31 m³	1
.Concreto	4,53 m²	0,25 m³	1
.Concreto	4,65 m²	0,25 m³	1

Em seguida, a tabela com os quantitativos extraídos foi exportada para o Excel. O procedimento mostrado acima foi feito para os dois modelos, com a finalidade de verificar se a forma de modelagem da edificação feita no Revit influenciou, de alguma maneira, nos quantitativos apresentados.

5.4 LEVANTAMENTO DOS QUANTITATIVOS NO NAVISWORKS

Após a exportação do modelo do Revit para o Navisworks, tornou-se possível a execução do levantamento das quantidades dos modelos para orçamento.

Para fins de estruturação do modelo tanto para o planejamento (4D) quanto para os custos (5D), o procedimento de levantamento de quantidades foi seguido da seguinte maneira: primeiro foram criados os sets, em seguida foi elaborado o cronograma da obra e, finalmente, as quantidades.

Dentro das quantidades foi feita uma análise comparativa entre os dois modelos e entre os dois programas. Foi feito isso para que se possa verificar as precisões das quantidades e o

grau de confiabilidade que o BIM pode passar ao usuário, sem que ele precise de outras plataformas para verificação dos quantitativos.

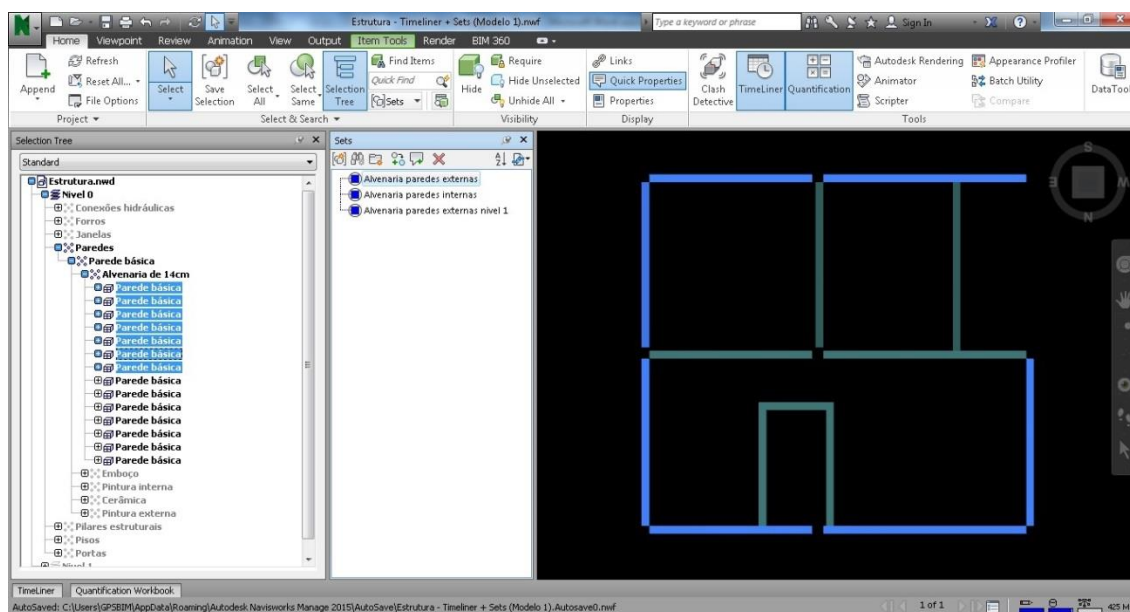
Os procedimentos para quantificação estão detalhados abaixo.

5.4.1 Criação dos Sets

O primeiro procedimento antes de iniciar o processo de quantificação do modelo é criar os chamados sets, que são elementos construídos a partir das seleções de objetos específicos, ou seja, a partir de certa quantidade selecionada de paredes, por exemplo, é possível criar um set específico para aquela seleção. Esse recurso facilita tanto o processo de quantificação quanto o processo da elaboração do cronograma, que também é possível de ser realizado no software.

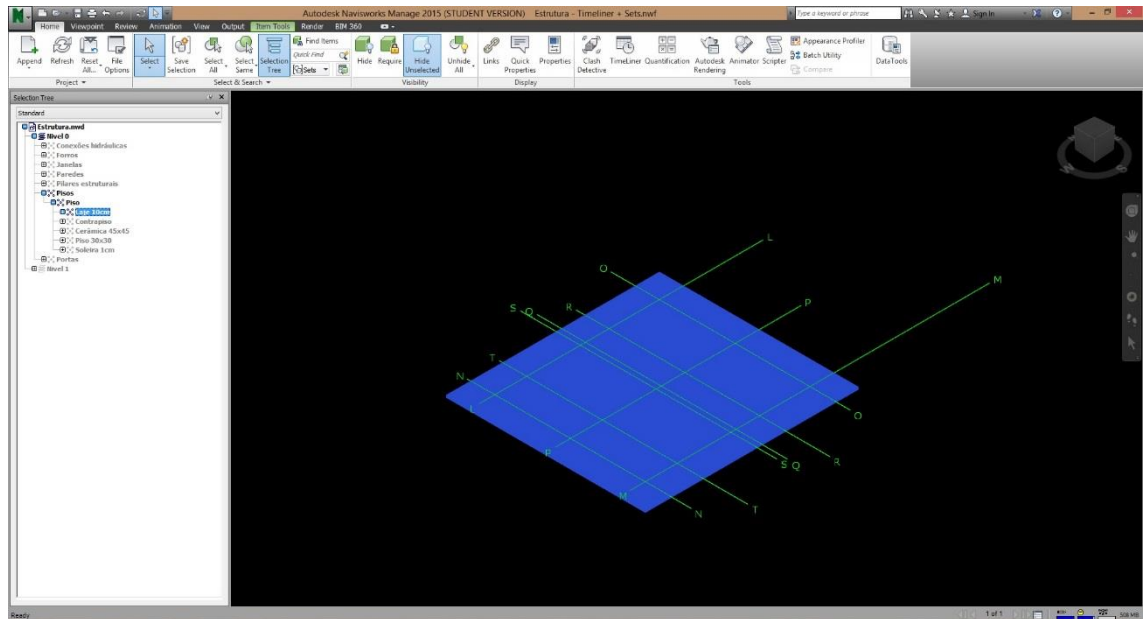
A Figura 32 a seguir mostra um exemplo de um set de paredes externas e internas do modelo em estudo. Em azul está a seleção do set das paredes externas da edificação. Em verde, está o set das paredes internas da casa:

Figura 32: Exemplo de Sets de paredes internas e externas do modelo no Navisworks 2015



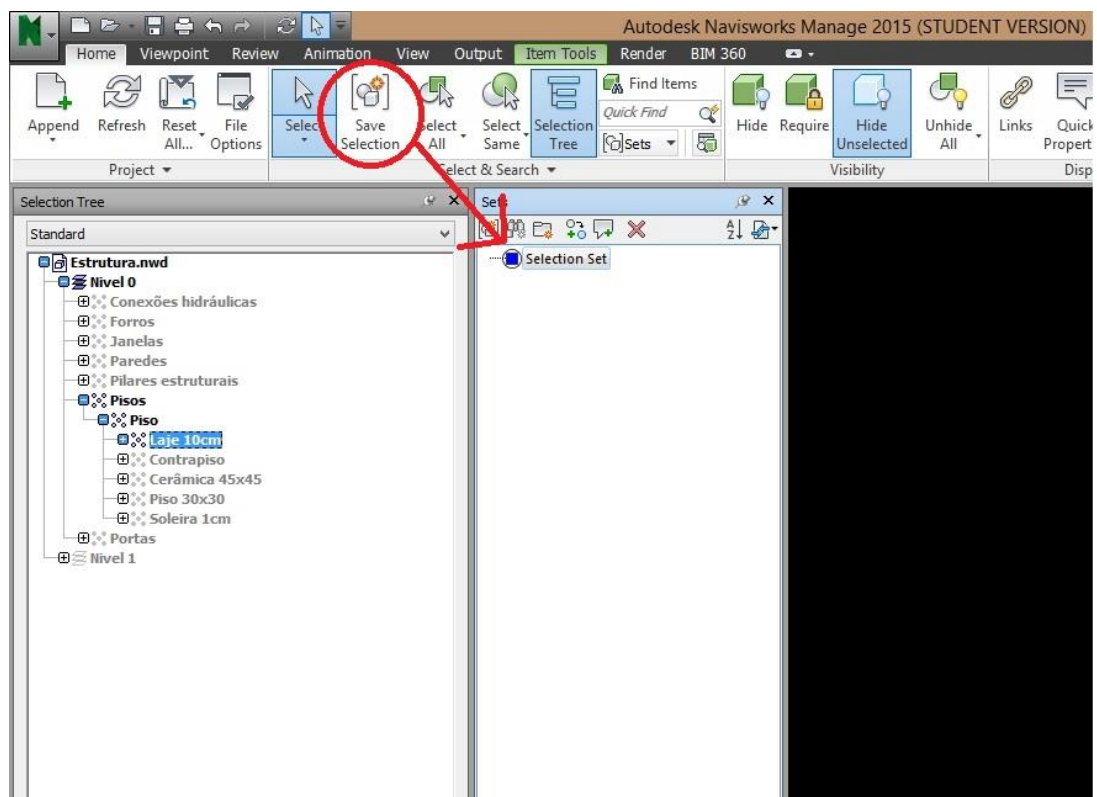
Após a importação do Revit para o Navisworks, deverão ser criados os sets a partir das seleções do modelo. Para isso, deve-se fazer a escolha dos objetos do modelo, que será mostrado na Figura 33. A primeira seleção a ser feita será a da fundação baldrame, que será a laje da edificação do estudo.

Figura 33: Seleção da Laje da fundação da casa.



Em seguida, foi selecionada a opção “Save selection”. Quando o procedimento é feito, o set automaticamente é criado, como mostra a Figura 34:

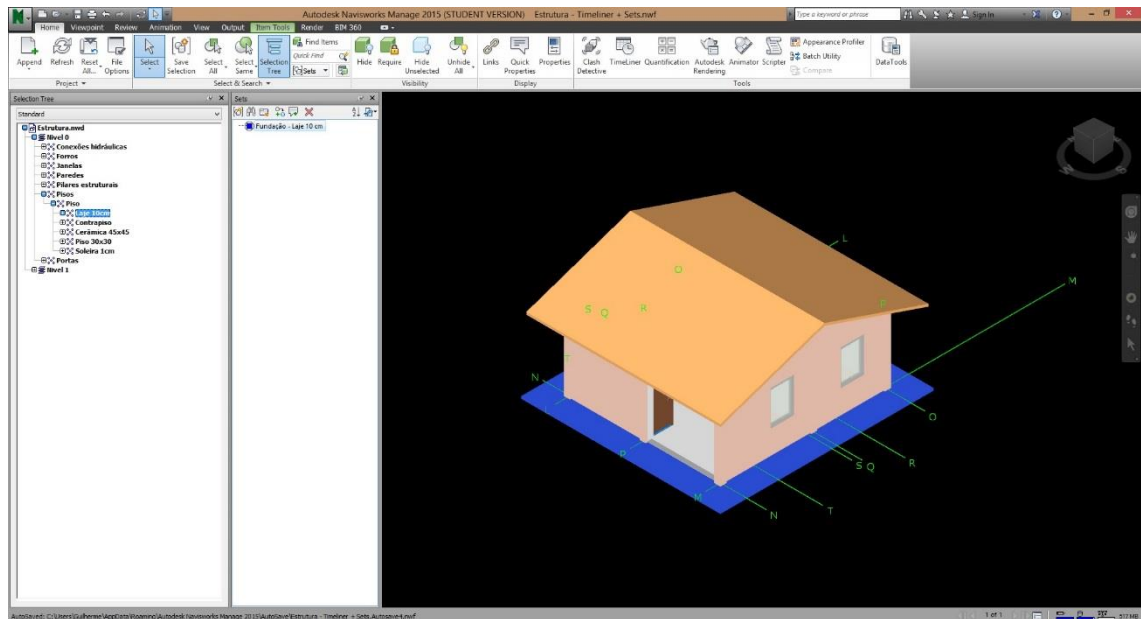
Figura 34: Criação do set a partir da seleção feita



Um dos artifícios usados para facilitar a criação dos sets foi a opção Hide, que permite escolher os itens já selecionados, evitando, assim, a sobreposição dos itens do projeto em pacotes de trabalho diferentes.

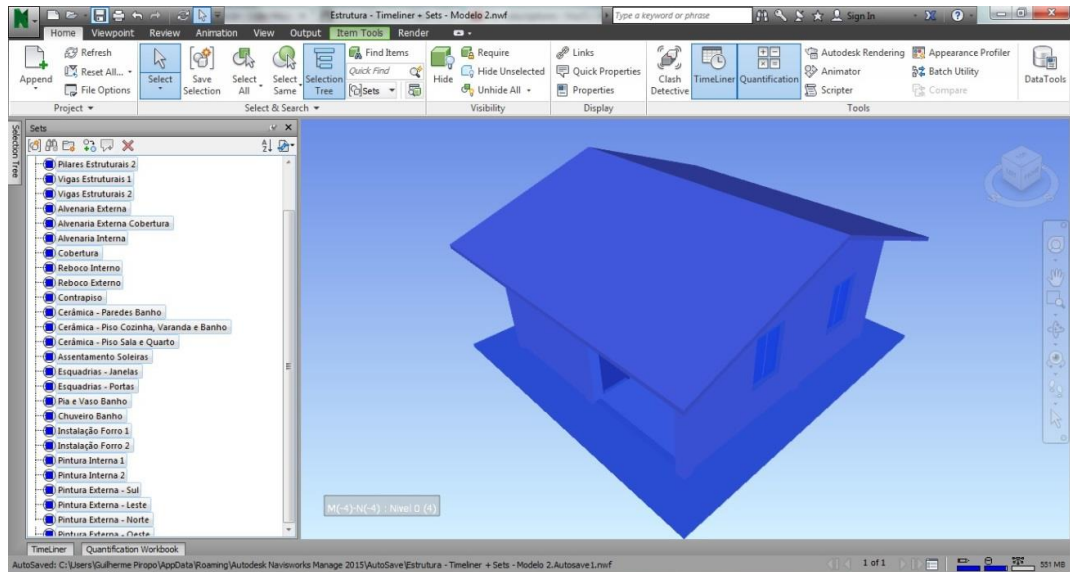
O resultado final desse procedimento será justamente o set criado a partir da seleção inicial da laje da edificação em estudo. A partir de então, serão criados os sets para toda a casa, para que os procedimentos da elaboração do cronograma e da extração dos quantitativos sejam feitos. A Figura 35 mostrará a aparência final do desenho com o set dos pisos selecionados, e em seguida, serão mostrados todos os sets dos objetos do modelo.

Figura 35: Criação do set da laje de fundação da casa.



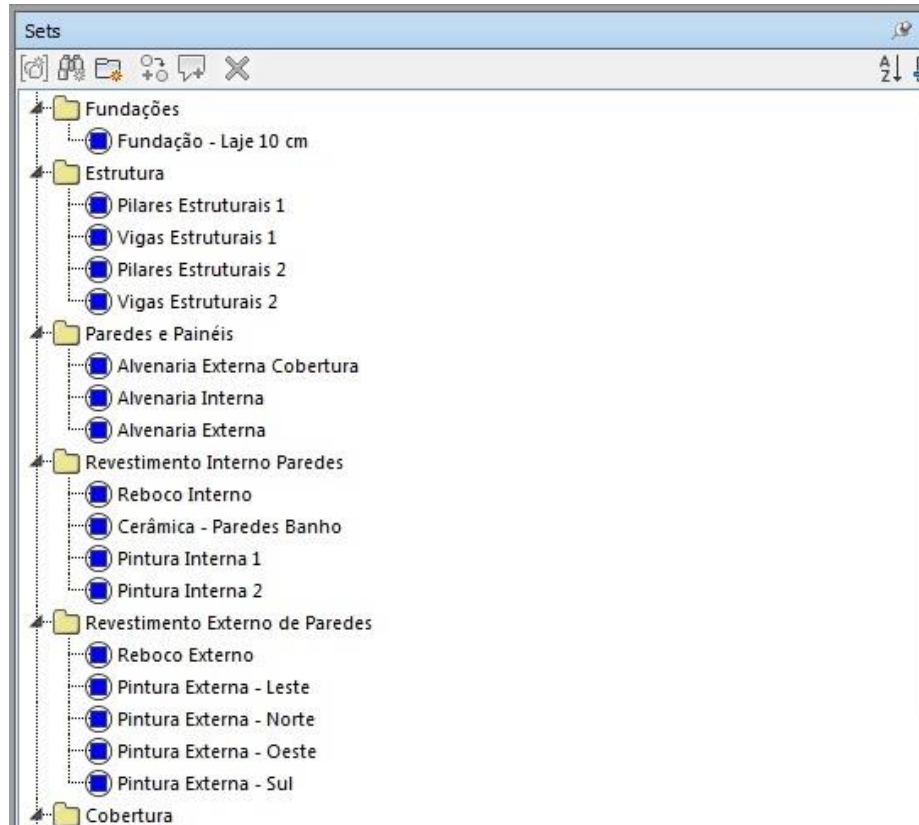
Os próximos sets a serem criados irão servir de base para a elaboração do cronograma da obra e, conseqüentemente, para a construção dos quantitativos para o orçamento da edificação. A Figura 36 a seguir exhibe todos os sets criados para cada elemento do modelo do estudo.

Figura 36: Seleção de todo o projeto a partir da criação de todos os seus sets.



Antes de passar para a criação do cronograma da obra, devem-se definir os pacotes de trabalho. Para tanto, é necessário agrupar os serviços de trabalho em pastas, através da opção Manage Sets. Com o salvamento das pastas e a organização destas, é possível criar a estrutura desejada para elaborar o cronograma da obra, de acordo com a Figura 37:

Figura 37: Estrutura do cronograma criada a partir dos sets.



5.4.2 Elaboração do cronograma

Com a definição dos sets e da sua devida distribuição em pacotes de trabalho em pastas, será possível elaborar o cronograma da obra. Para isso, a opção *timeliner* do Navisworks é selecionada. Nesta opção, serão exportadas para o recurso todas as atividades criadas e, após isso, serão exportadas para o MS Project, onde serão colocadas as devidas datas e durações das atividades.

Dentro da opção *timeliner*, as atividades são adicionadas na opção *Auto-Add Tasks* e, em seguida seleciona-se *For every set*, de acordo com a Figura 38 a seguir. Logo em seguida, na Figura 28, será exibido como ficou o *Timeliner* com as atividades definidas de acordo com a estrutura.

Figura 38: Transferência dos sets para a Timeliner.

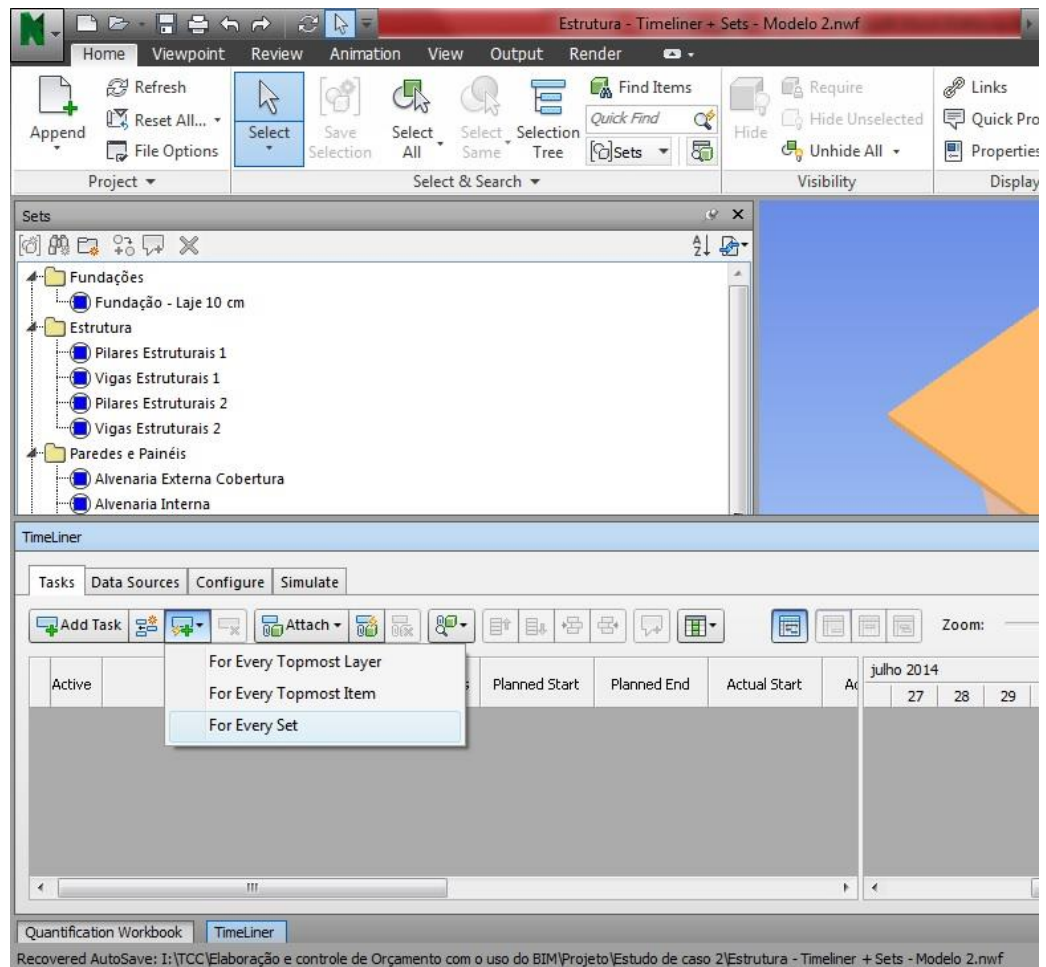
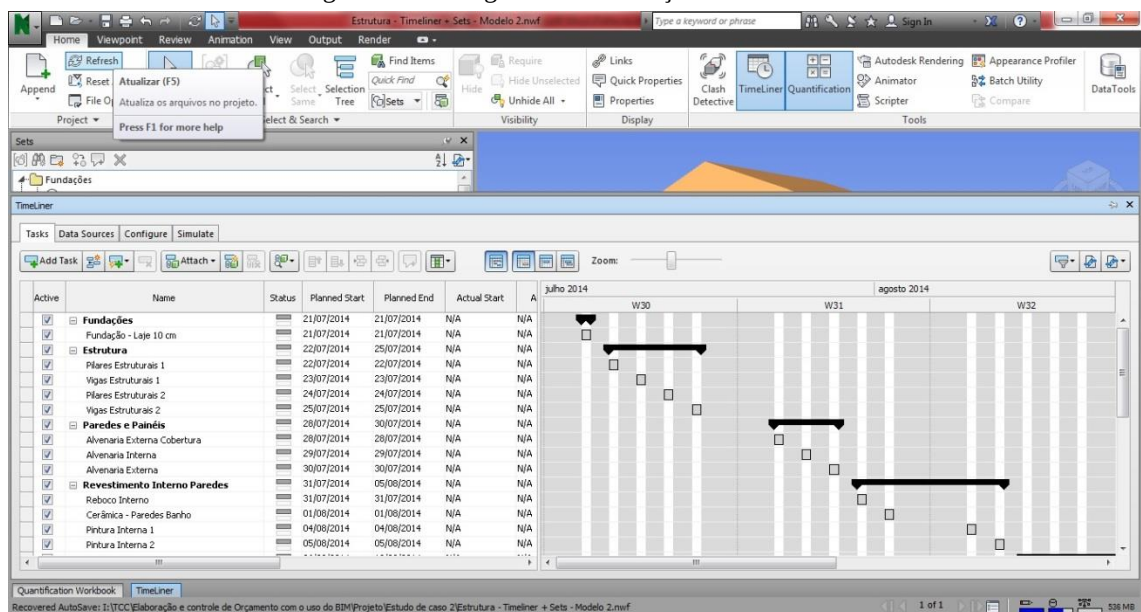
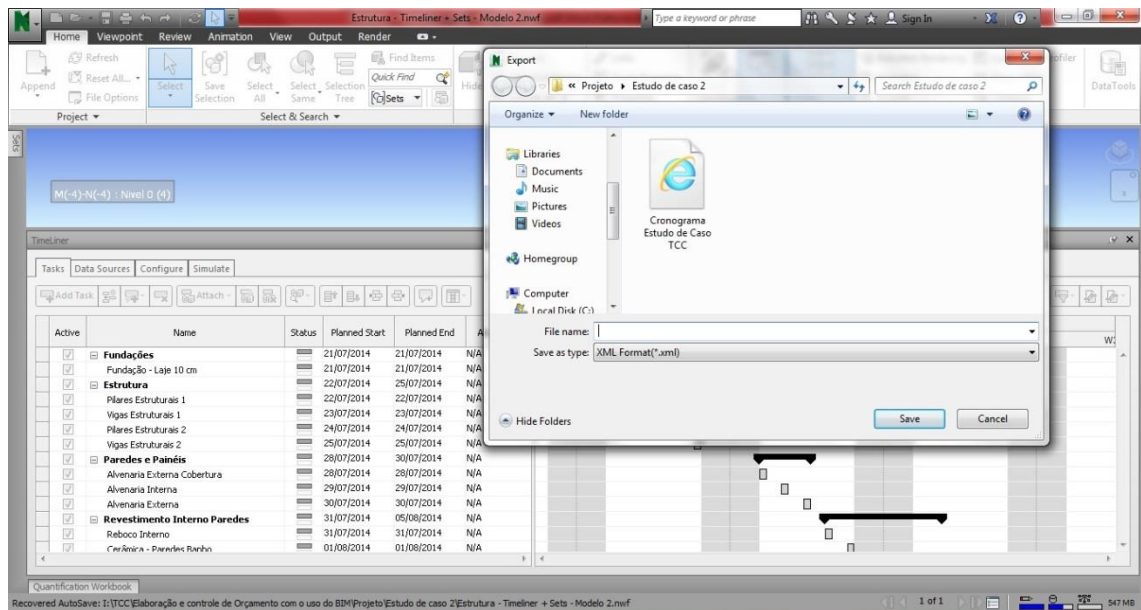


Figura 39: Cronograma da edificação no Timeliner.



Após esse procedimento, é feita a exportação do cronograma para o Ms Project. Para isso, foi clicado no botão Export the schedule, localizado no canto superior direito da janela do Timeliner, e foi salvo o projeto no formato XML. A Figura 40 ilustra esse procedimento:

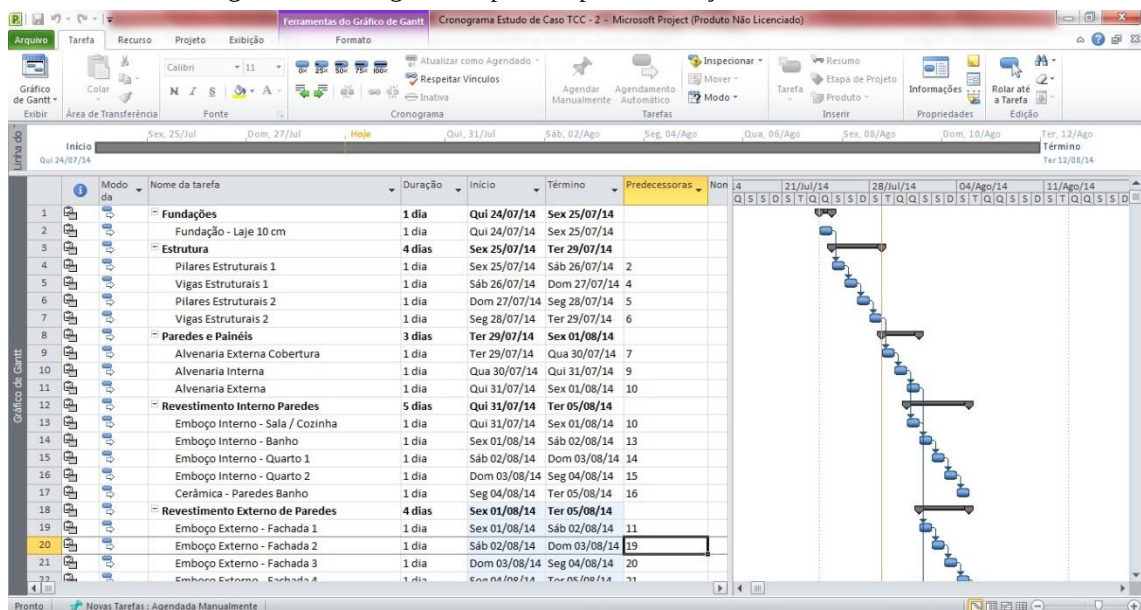
Figura 40: Exportação da Timeliner para o formato XML, para ser aberto no Ms Project.



Ao transferir o cronograma do Navisworks para o Ms Project, foram colocadas as datas e o sequenciamento das atividades, com a duração estimada de cada uma e o desenvolvimento do cronograma. Após esse procedimento, o cronograma completo foi importado no Navisworks novamente, agora com a definição completa do cronograma, permitindo a simulação em 4D do modelo.

A Figura 41 mostra o cronograma em Ms Project com as datas e atividades devidamente sequenciadas do Navisworks no formato XML:

Figura 41: Cronograma importado pelo Ms Project no formato XML.

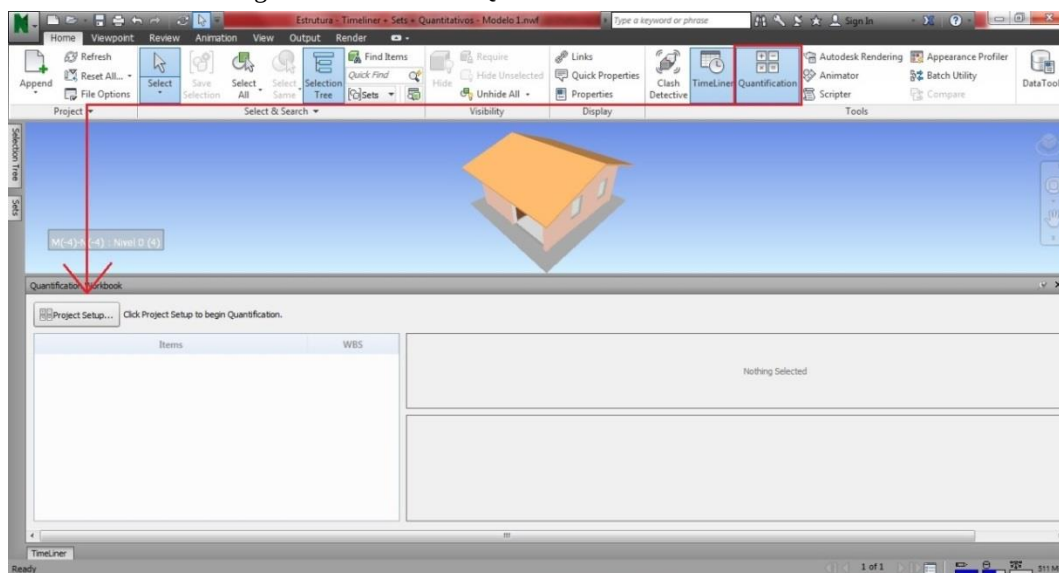


5.4.3 Levantamento dos quantitativos

Com o cronograma da obra definido e suas atividades devidamente amarradas, foi construída a extração de quantitativos, através da ferramenta Quantification, encontrada no Navisworks 2015, sendo uma novidade no programa, visto que a versão 2013 do software não existia essa característica. A extração dos quantitativos foi feita da seguinte maneira:

- a) Após a elaboração do cronograma no Navisworks, foi feita a seleção da ferramenta Quantification. Ao abrir esta, foi feita a configuração do projeto no Project Setup (Figura 42).

Figura 42: Ferramenta Quantification do Navisworks 2015.



- b) Na janela do Project Setup, Aparecem as seguintes características a serem escolhidas: Select Catalog, que é o catálogo com as atividades pré-definidas pelo próprio Navisworks para organizar os quantitativos de acordo com cada atividade. Foi escolhido o Unifomat devido ao fato de o programa já possuir as atividades definidas através dos sets criados. As outras duas características da configuração são Select Units e Select Takeoff Properties. As unidades e propriedades definidas foram as métricas. Ao final, a janela do Quantification ficou pronta para que se possa trabalhar nela (Figuras 43, 44, 45, 46 e 47).

Figura 43: Configuração do modelo a ser quantificado (1).

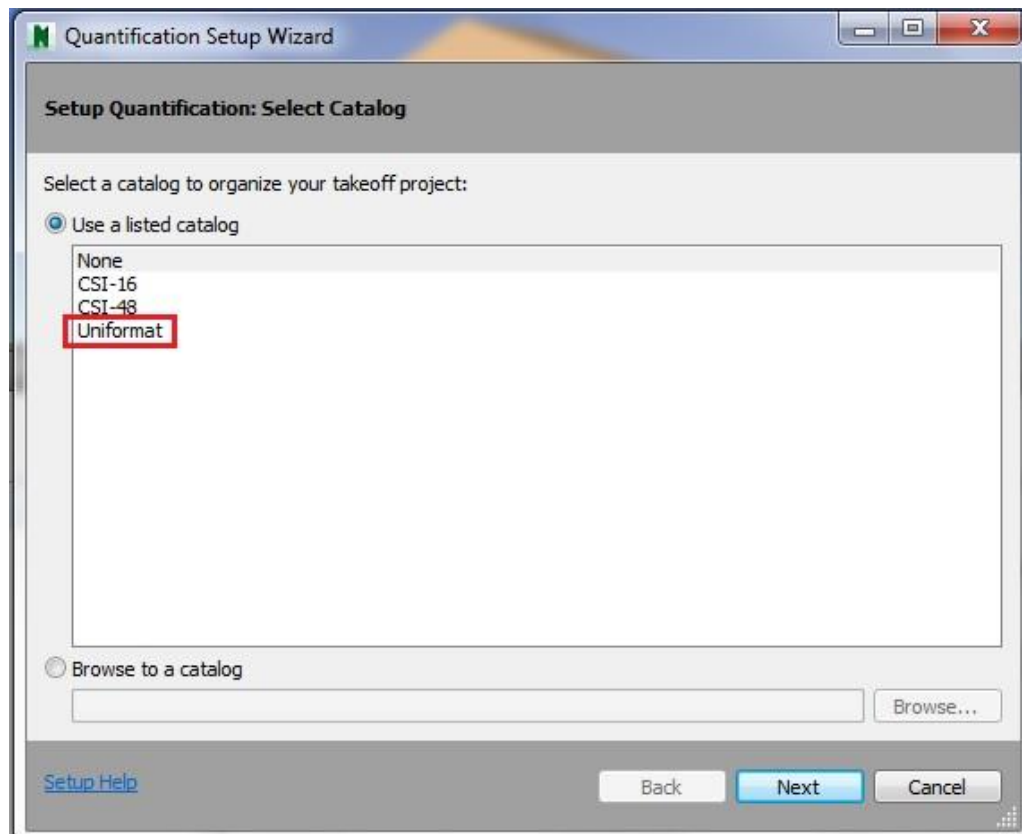


Figura 44: Configuração do modelo a ser quantificado (2).

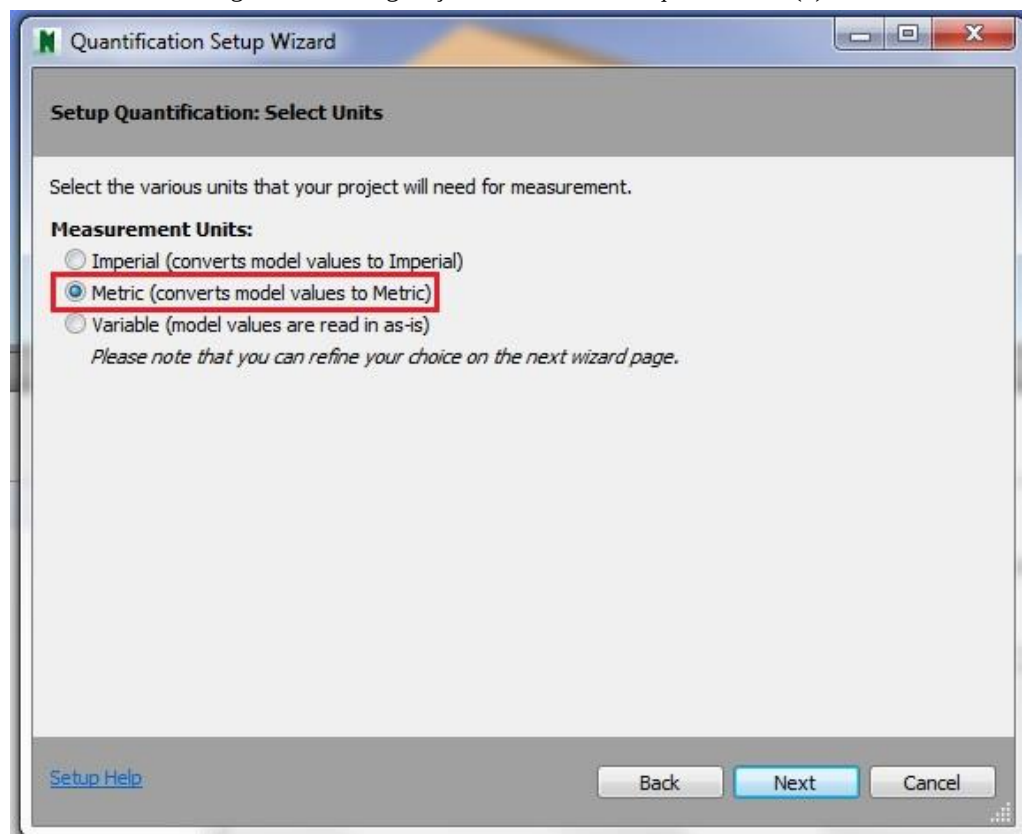


Figura 45: Configuração do modelo a ser quantificado (3).

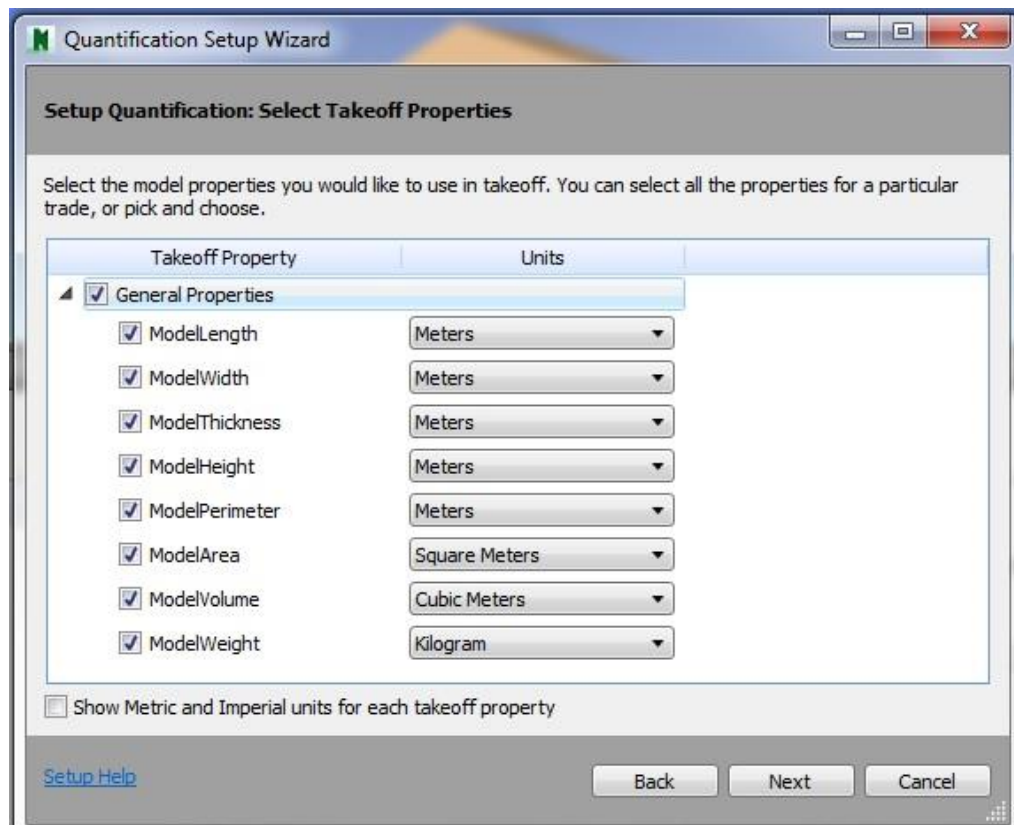


Figura 46: Configuração do modelo a ser quantificado (4).

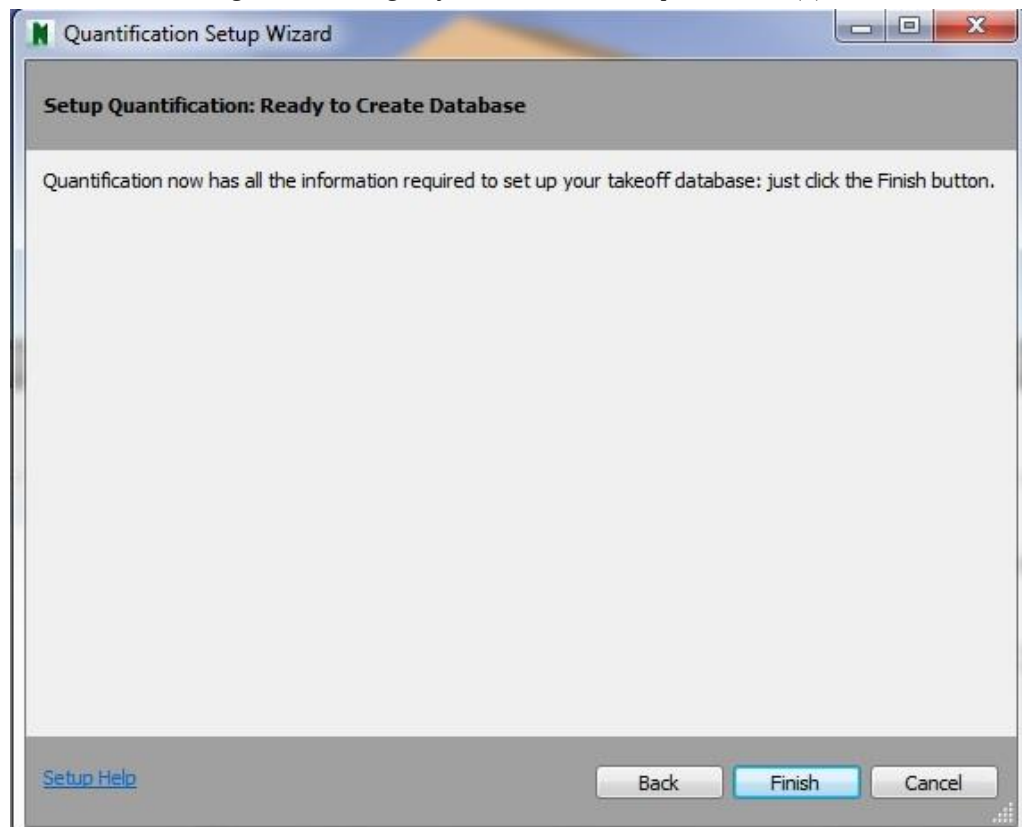
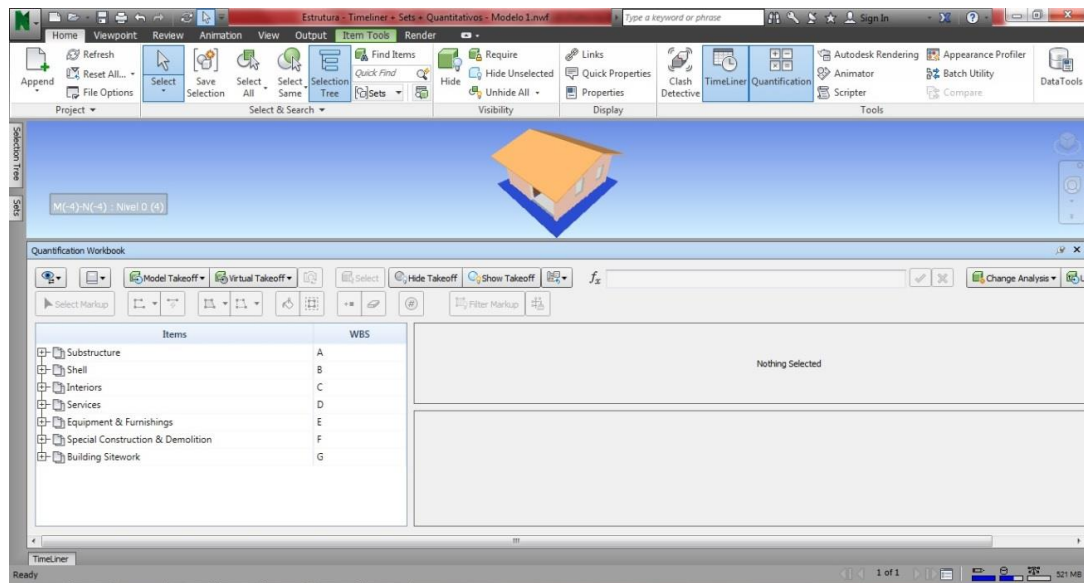


Figura 47: Quantification configurado e pronto para uso.



- c) Para que seja possível quantificar de acordo com as características do modelo importado pelo Navisworks, foi preciso criar um filtro para que o programa possa localizar as características do modelo. Para isso foi selecionado o Item Catalog, e em seguida, dentro da janela da propriedade, foi escolhida a opção Property Mapping. O Property Mapping é um item dentro do catálogo de itens que permite que se selecionem regras específicas para que as propriedades do modelo sejam mapeadas pelo Navisworks, de forma que se torne possível quantificar parâmetros como altura, comprimento, área e volume do modelo. Este mapeamento pode ser feito de maneira automatizada, ou seja, de acordo com os dados internos do projeto, ou, como é o caso deste modelo, o padrão de mapeamento pode ser alterado em função das características que foram postas no projeto. Dessa forma, Através da seleção “Add Mapping Rule” (Representada pelo Símbolo + na Figura a seguir), foi possível definir as regras para definição de propriedade filtrada para cada elemento do modelo importado, possibilitando a quantificação de cada uma das propriedades dos elementos. As Figuras 48, 49 e 50 ilustram o processo feito.

Figura 48: Mapeamento das propriedades do modelo importado para extrair quantitativos (1).

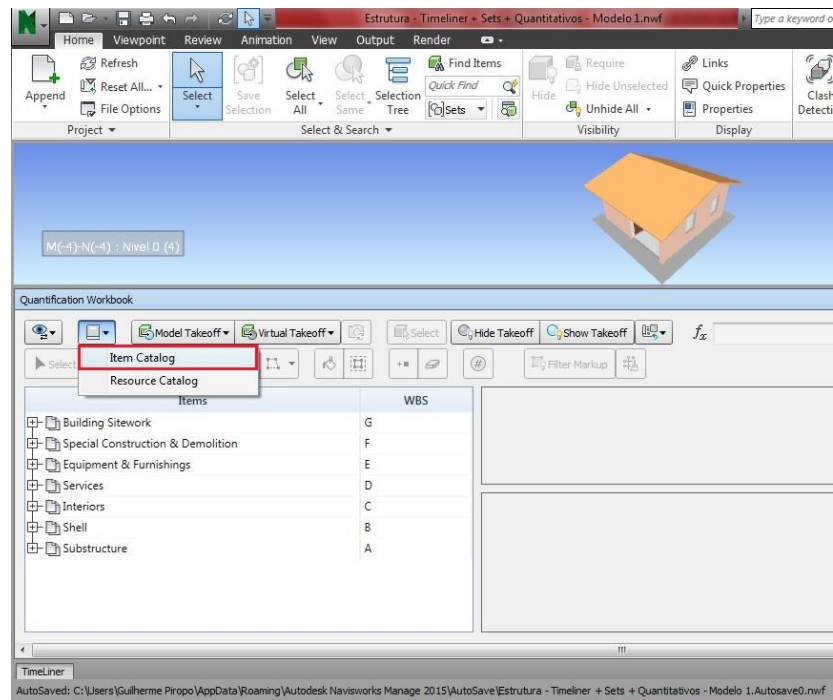


Figura 49: Mapeamento das propriedades do modelo importado para extrair quantitativos (2).

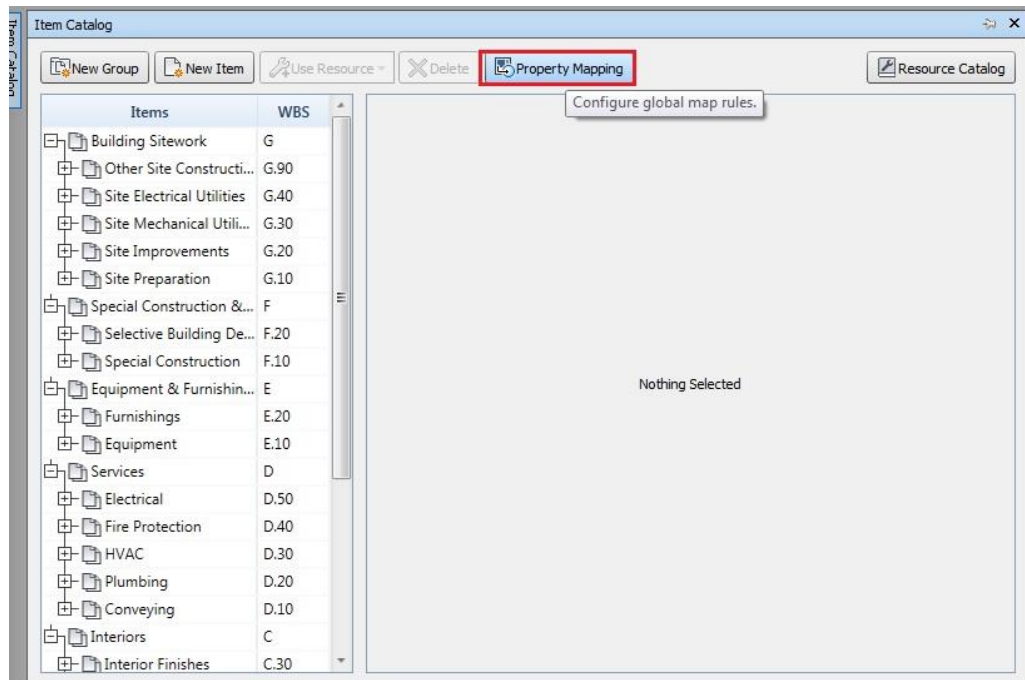
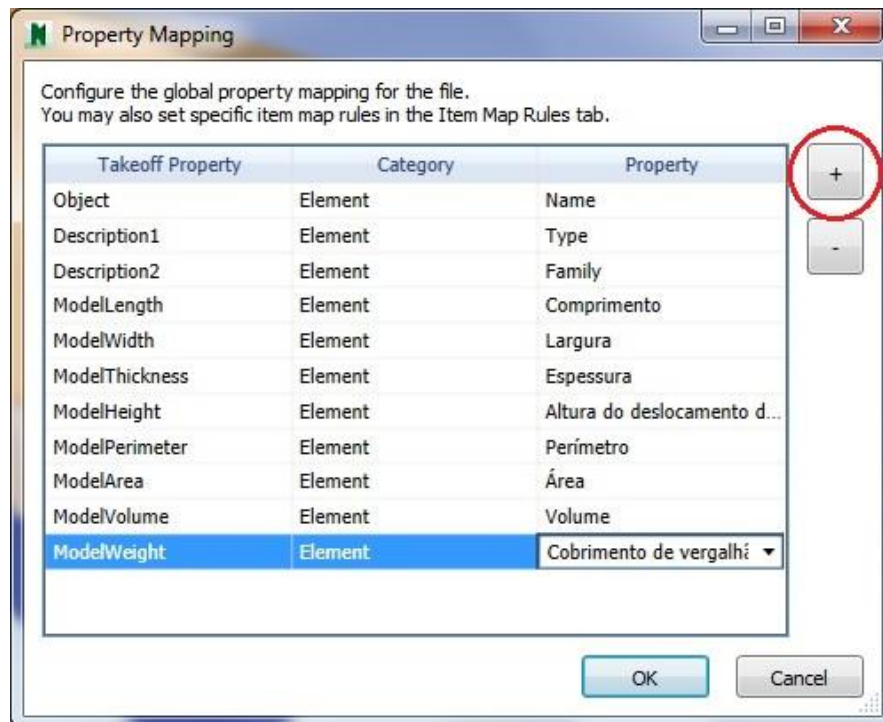
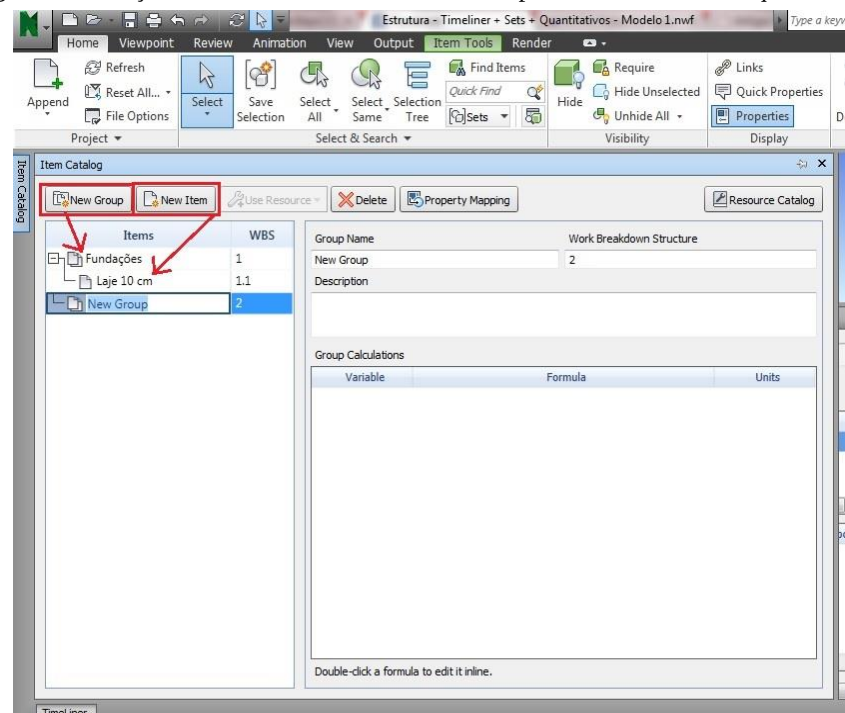


Figura 50: Mapeamento das propriedades do modelo importado para extrair quantitativos (3).



- d) Foram criados grupos e itens dentro do Item Catalog para que seja possível a extração dos quantitativos de acordo com os sets definidos anteriormente (Figura 51):

Figura 51: Criação dos itens de acordo com os sets para levantamento de quantidades.



- e) O levantamento de quantidades foi executado no programa, movendo os sets até o seu respectivo item, localizado na caixa de trabalho do Quantification do Navisworks (Figura 52):

Figura 52: Quantidades levantadas no Navisworks 2015.

The screenshot displays the Navisworks 2015 software interface. The top ribbon includes tabs for Home, Viewpoint, Review, Animation, View, Output, and Render. The main workspace shows a 3D model of a house with a pink roof and orange walls. The 'Quantification Workbook' window is open, showing a list of items and a table of quantities.

Quantification Workbook - Items List:

Items	WBS
Fundações	1
Estrutura	2
Paredes e Painéis	3
Revestimento Interno de Paredes	4
Revestimento Externo de Paredes	5
Cobertura	6
Revestimento de Pisos	7
Revestimento de Tetos	8

Quantification Workbook - Table:

Status	WBS	Name	Description	Comments	Length	Width	Thickness	Height	Perimeter	Area	Volume	Weight	Count
3		Paredes e Painéis											
3.1.1		Alvenaria de 14...			3,060 m	0,000 m	0,000 m	3,000 m	0,000 m	7,176 m²	1,005 m³	0,000 kg	
3.1.2		Alvenaria de 14...			2,240 m	0,000 m	0,000 m	3,000 m	0,000 m	5,376 m²	0,753 m³	0,000 kg	
3.1.3		Alvenaria de 14...			2,160 m	0,000 m	0,000 m	3,000 m	0,000 m	5,376 m²	0,753 m³	0,000 kg	
3.1.4		Alvenaria de 14...			1,220 m	0,000 m	0,000 m	3,000 m	0,000 m	1,206 m²	0,169 m³	0,000 kg	
3.1.5		Alvenaria de 14...			2,940 m	0,000 m	0,000 m	3,000 m	0,000 m	5,484 m²	0,768 m³	0,000 kg	

The bottom status bar shows the file path: C:\Users\Guilherme Piropo\AppData\Roaming\Autodesk Navisworks Manage 2015\AutoSave\Estrutura - Timeliner + Sets + Quantitativos - Modelo 1.Autosave3.nwf and the file size: 671 MB.

f) Finalmente, os quantitativos foram exportados para o Excel (Figuras 53 e 54).

Figura 53: Exportação dos quantitativos para o Excel (1).

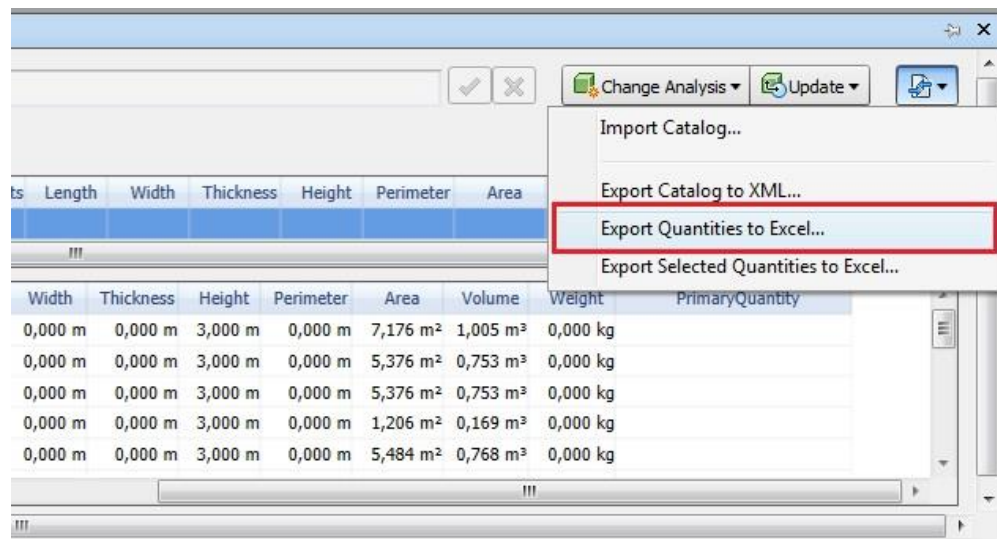
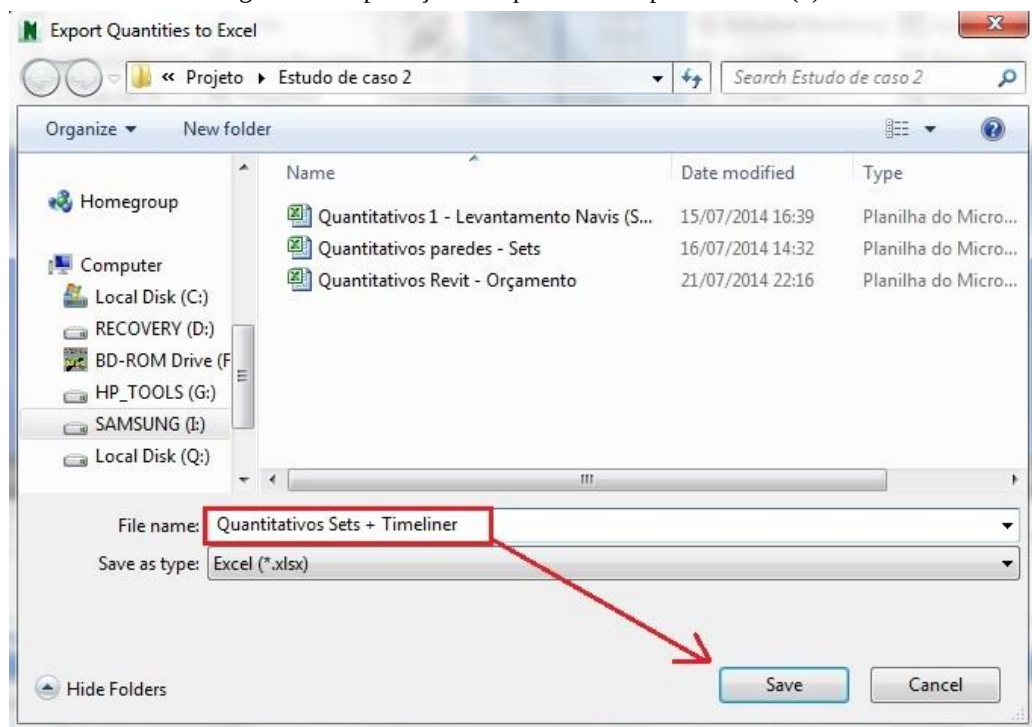


Figura 54: Exportação dos quantitativos para o Excel (2).



Assim como feito com os quantitativos extraídos no Revit, a mesma coisa foi feita com o procedimento de quantificação no Navisworks, comparando os modelos 1 e 2, e uma análise foi feita posteriormente.

5.5 CÁLCULO DOS CUSTOS DIRETOS

Para que o procedimento de modelagem 5D seja completo, foi elaborado o orçamento da obra com o levantamento das quantidades feita no Navisworks. Os custos diretos foram retirados da composição de custos fornecida pela SINAPI, órgão integrante da Caixa.

Por ser uma composição grande, foram colocadas no apêndice apenas as composições referentes às atividades que a obra possui.

O modelo do estudo escolhido para execução dos cálculos dos custos diretos foi o modelo 1.

Pelo fato de a edificação em estudo não possuir uma planilha orçamentária com o custo dos serviços, os valores foram calculados em cima das atividades que estão destacadas nos sets do Navisworks, impossibilitando o cálculo dos custos de outras atividades, como os serviços preliminares da obra.

O Quadro 11 a seguir apresenta os custos diretos calculados e o percentual que cada um representa do total da obra e a planilha com o orçamento dos custos diretos está anexada.

Quadro 11: Custos diretos de cada etapa e seus respectivos percentuais em relação à obra.

Atividade	Custo Direto	%do Custo Total
Fundações	R\$6.830,25	19,01%
Estrutura	R\$4.863,42	13,53%
Paredes e Painéis	R\$4.864,72	13,54%
Cobertura	R\$4.136,95	11,51%
Esquadrias	R\$3.338,62	9,29%
Instalações Hidráulicas	R\$744,39	2,07%
Revestimentos	R\$6.740,98	18,76%
Pisos	R\$2.212,64	6,16%
Pintura	R\$2.202,66	6,13%
Total	R\$35.934,62	100%

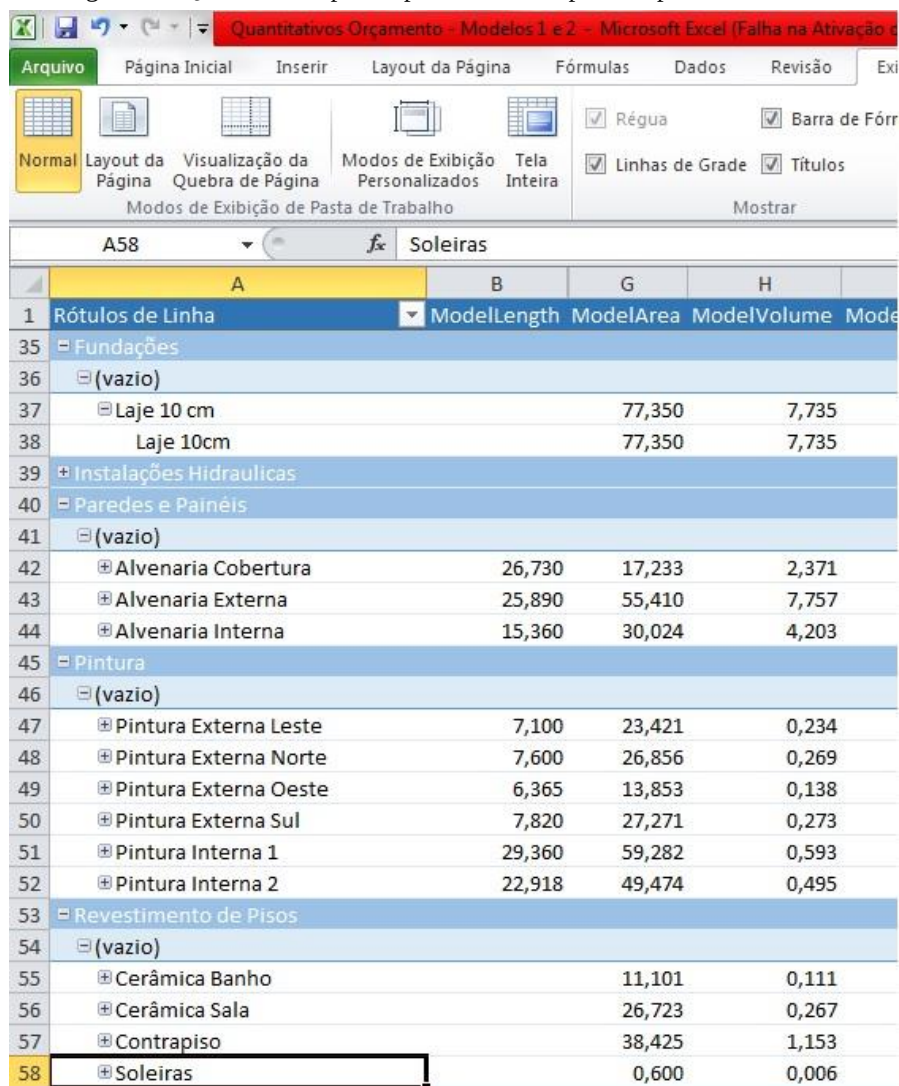
O valor total calculado dos custos diretos ficou muito próximo do estimado pelo CUB de junho de 2014, que foi de R\$35.836,86. Vale salientar que a planilha foi elaborada, assim como os quantitativos e o modelo, em função das atividades separadas pelos sets criados no Navisworks. Portanto, algumas etapas de construção, como os serviços preliminares, bem como a estrutura das instalações hidráulicas (colocação de tubulações, etc.), instalações elétricas e sanitárias não tiveram seus custos calculados. O valor dos custos diretos, com a inclusão dessas atividades, ficaria muito maior do que o encontrado.

5.6 MODELAGEM 5D DA EDIFICAÇÃO

Para a que a modelagem 5D seja completa, foi necessário fazer distribuição dos custos por atividade, feita em Excel, para depois ser passado para o cronograma e, finalmente, este ser importado pelo Navisworks. A distribuição dos custos dos serviços aconteceu seguindo as etapas a seguir:

- a) Primeiramente foi feita a seleção dos quantitativos que foram exportados do Navisworks para o Excel. Na planilha, podiam ser vistas diversas categorias para os quantitativos exportados. Foi escolhida a categoria cujos quantitativos foram levantados de acordo com os sets, de acordo com o cronograma da obra exportado para o Ms Project (Figura 55).

Figura 55: Quantitativos por etapa no Excel, exportado pelo Navisworks.



	A	B	G	H
	Rótulos de Linha	ModelLength	ModelArea	ModelVolume
35	Fundações			
36	(vazio)			
37	Laje 10 cm		77,350	7,735
38	Laje 10cm		77,350	7,735
39	Instalações Hidraulicas			
40	Paredes e Painéis			
41	(vazio)			
42	Alvenaria Cobertura	26,730	17,233	2,371
43	Alvenaria Externa	25,890	55,410	7,757
44	Alvenaria Interna	15,360	30,024	4,203
45	Pintura			
46	(vazio)			
47	Pintura Externa Leste	7,100	23,421	0,234
48	Pintura Externa Norte	7,600	26,856	0,269
49	Pintura Externa Oeste	6,365	13,853	0,138
50	Pintura Externa Sul	7,820	27,271	0,273
51	Pintura Interna 1	29,360	59,282	0,593
52	Pintura Interna 2	22,918	49,474	0,495
53	Revestimento de Pisos			
54	(vazio)			
55	Cerâmica Banho		11,101	0,111
56	Cerâmica Sala		26,723	0,267
57	Contrapiso		38,425	1,153
58	Soleiras		0,600	0,006

- b) Os quantitativos foram copiados e transferidos para uma nova planilha, para que os custos individuais de cada uma das etapas sejam calculados, tendo por base a composição dos custos do SINAPI. Em função da falta de outros serviços dentro das etapas criadas para o cronograma, que foram extraídos com base nos sets do Navisworks, a criação do preço unitário foi feita usando o preço total de serviço orçado na planilha anexada e dividindo-o pelo quantitativo total de cada etapa. A distribuição e o percentual que cada atividade representa foram feitos usando o “novo custo unitário” e multiplicou-se pelo quantitativo da atividade específica. A Figura 56 mostra a planilha orçamentária com a composição dos custos. A Figura 57 exhibe a distribuição dos custos unitários por etapa em função dos quantitativos do Navisworks, já vistos na Figura 55, acima.

Figura 56: Planilha orçamentária da obra - Etapas de fundação e Estrutura.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
1	FUNDAÇÕES				
1.1	Forma tábua para concreto em fundação com reaproveitamento 5x	m ²	77,35	R\$ 29,90	R\$ 2.312,77
1.2	Armação Aço CA-50 p/m ³ de concreto	unid.	1,00	R\$ 550,74	R\$ 550,74
1.3	Concreto fck=15Mpa, preparado com betoneira, sem lançamento	m ³	7,74	R\$ 512,83	R\$ 3.966,74
	TOTAL				R\$ 6.830,25
2	ESTRUTURA				
2.1	Forma para estruturas de concreto (pilar, viga e laje, em chapa de madeira compensada plastificada de 1,10x2,20, espessura=12mm, 8 utilizações. (Fabricação, montagem e desmontagem - exclusive escoramento)	m ²	77,27	R\$ 24,13	R\$ 1.864,43
2.2	Armação aço CA-50 p/m ³ de concreto	unid.	1,00	R\$ 550,74	R\$ 550,74
2.3	Concreto fck=15Mpa, preparado com betoneira, sem lançamento	m ³	4,77	R\$ 512,83	R\$ 2.448,25
	TOTAL				R\$ 4.863,42

Figura 57: Distribuição dos custos unitários por etapa da obra.

Quantitativos Orçamento - Modelos 1					
Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibição					
Colar Calibri 11 N I S Área de Tran... Fonte Alinhamento					
I16					
	A	B	C	D	E
1	Atividade	Unid.	Quant. Serviço	Preço Comp.	Valor total do Serviço
2					
3	Fundações				R\$ 6.825,83
4	Laje 10 cm	m³	7,735	R\$ 882,46	R\$ 6.825,83
5	Estrutura				R\$ 4.864,37
6	Pilares Estruturais 1	m²	0,720	R\$ 1.018,73	R\$ 733,49
7	Pilares Estruturais 2	m²	0,360	R\$ 1.018,73	R\$ 366,74
8	Vigas Estruturais 1	m²	2,191	R\$ 1.018,73	R\$ 2.232,38
9	Vigas Estruturais 2	m²	1,504	R\$ 1.018,73	R\$ 1.531,76
10	Paredes e Painéis				R\$ 4.865,00
11	Alvenaria Externa Cobertura	m²	17,233	R\$ 47,39	R\$ 816,62
12	Alvenaria Interna	m²	55,410	R\$ 47,39	R\$ 2.625,66
13	Alvenaria Externa	m²	30,024	R\$ 47,39	R\$ 1.422,72
14	Revestimento Interno de Paredes				R\$ 3.211,46
15	Emboço Banho	m²	14,112	R\$ 24,82	R\$ 350,26
16	Emboço Quarto 1	m²	25,660	R\$ 24,82	R\$ 636,88
17	Emboço Quarto 2	m²	22,984	R\$ 24,82	R\$ 570,46
18	Emboço Sala/Cozinha	m²	52,942	R\$ 24,82	R\$ 1.314,02
19	Revestimento Paredes Banho	m²	13,692	R\$ 24,82	R\$ 339,84

- c) Foi aberto o Ms Project e, nas colunas de recursos e indicadores, foi selecionada a aba “adicionar nova coluna” e, após isso, foi escolhida a opção “Custo”. (Figura 58).

Figura 58: Seleção da coluna "Custo" no Ms Project.

8/07/14 Seg 11/08/14							
	Modo da	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras	Adicionar Nova Coluna
1		Fundações	1 dia	Seg 21/07/14	Ter 22/07/14		
2		Fundação - Laje 10 cm	1 dia	Seg 21/07/14	Ter 22/07/14	Cód de est de tópicos2	
3		Estrutura	12 dias	Qui 24/07/14	Ter 05/08/14	Cód de est de tópicos3	
4		Pilares Estruturais 1	2 dias	Qui 24/07/14	Sáb 26/07/14	Cód de est de tópicos4	
5		Vigas Estruturais 1	3 dias	Seg 28/07/14	Qua 30/07/14	Cód de est de tópicos5	
6		Pilares Estruturais 2	2 dias	Qui 31/07/14	Sex 01/08/14	Cód de est de tópicos6	
7		Vigas Estruturais 2	3 dias	Sáb 02/08/14	Seg 04/08/14	Cód de est de tópicos7	
8		Paredes e Painéis	9 dias	Seg 04/08/14	Qua 13/08/14	Cód de est de tópicos8	
9		Alvenaria Externa	4 dias	Ter 05/08/14	Sex 08/08/14	Cód de est de tópicos9	
10		Alvenaria Interna	4 dias	Ter 05/08/14	Sex 08/08/14	Concluir margem de atraso	
11		Alvenaria Externa Cobertura	4 dias	Sáb 09/08/14	Ter 12/08/14	Confirmado	
12		Revestimento Interno Paredes	7 dias	Seg 11/08/14	Seg 18/08/14	Contato	
13		Emboço Interno - Sala / Cozinha	1 dia	Seg 11/08/14	Ter 12/08/14	Continuar	
14		Emboço Interno - Banho	1 dia	Seg 11/08/14	Ter 12/08/14	Controlado pelo Esforço	
15		Emboço Interno - Quarto 1	2 dias	Ter 12/08/14	Qui 14/08/14	COTA	
16		Emboço Interno - Quarto 2	2 dias	Ter 12/08/14	Qui 14/08/14	COTR	
17		Cerâmica - Paredes Banho	1 dia	Qui 14/08/14	Sex 15/08/14	Criar	
18		Revestimento Externo de Paredes	7 dias	Qua 13/08/14	Ter 19/08/14	Custo	
19		Emboço Externo - Fachada 1	1 dia	Qua 13/08/14	Qua 13/08/14	Custo da linha de base	

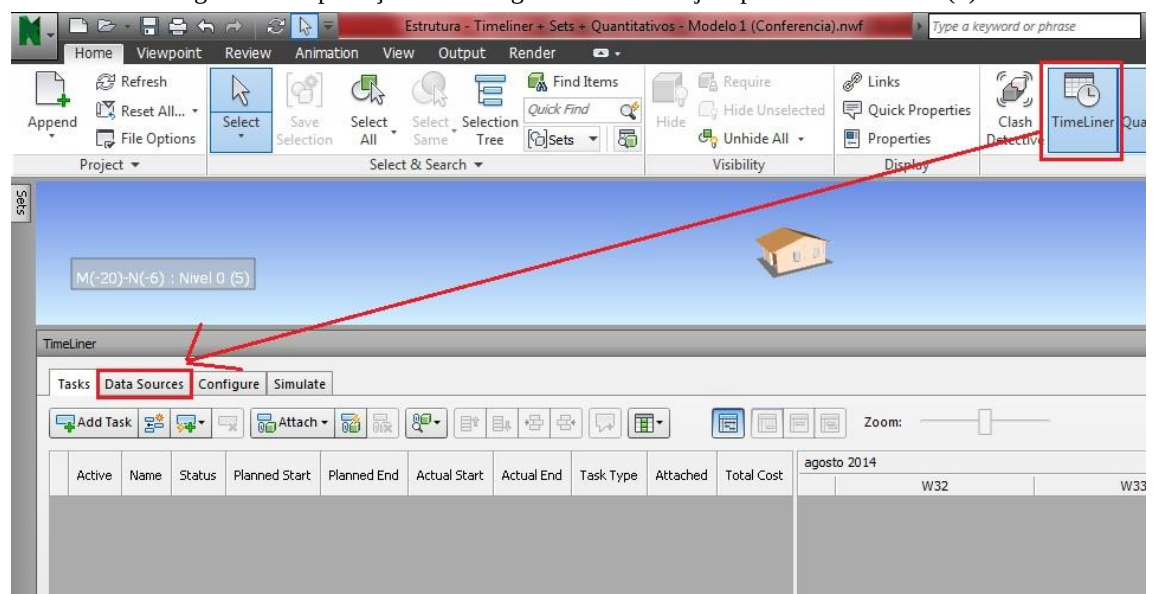
- d) Os custos foram inseridos normal e manualmente na coluna dos Custos e o cronograma agora está com as tarefas e custos individuais das tarefas vinculadas (Figura 59).

Figura 59: Cronograma elaborado com os custos de cada etapa.

	Modo da	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras	Custo
1		Fundações	1 dia	Seg 21/07/14	Ter 22/07/14		\$6.830,25
2		Fundação - Laje 10 cm	1 dia	Seg 21/07/14	Ter 22/07/14		\$6.830,25
3		Estrutura	12 dias	Qui 24/07/14	Ter 05/08/14	2	\$4.863,42
4		Pilares Estruturais 1	2 dias	Qui 24/07/14	Sáb 26/07/14	2	\$733,33
5		Vigas Estruturais 1	3 dias	Seg 28/07/14	Qua 30/07/14	4	\$2.231,57
6		Pilares Estruturais 2	2 dias	Qui 31/07/14	Sex 01/08/14	5;2	\$366,67
7		Vigas Estruturais 2	3 dias	Sáb 02/08/14	Seg 04/08/14	6	\$1.531,85
8		Paredes e Painéis	9 dias	Seg 04/08/14	Seg 13/08/14	3	\$4.864,72
9		Alvenaria Externa	4 dias	Ter 05/08/14	Sex 08/08/14	7	\$1.422,64
10		Alvenaria Interna	4 dias	Ter 05/08/14	Sex 08/08/14	7	\$2.625,52
11		Alvenaria Externa Cobertura	4 dias	Sáb 09/08/14	Ter 12/08/14	9	\$816,56
12		Revestimento Interno Paredes	7 dias	Seg 11/08/14	Seg 18/08/14	10	\$3.211,31
13		Emboço Interno - Sala / Cozinha	1 dia	Seg 11/08/14	Ter 12/08/14	10	\$1.313,96
14		Emboço Interno - Banho	1 dia	Seg 11/08/14	Ter 12/08/14	10	\$350,24
15		Emboço Interno - Quarto 1	2 dias	Ter 12/08/14	Qui 14/08/14	13	\$636,85
16		Emboço Interno - Quarto 2	2 dias	Ter 12/08/14	Qui 14/08/14	14	\$570,44
17		Cerâmica - Paredes Banho	1 dia	Qui 14/08/14	Sex 15/08/14	15	\$339,82
18		Revestimento Externo de Paredes	7 dias	Qua 13/08/14	Ter 19/08/14	11	\$2.574,39
19		Emboço Externo - Fachada 1	1 dia	Qua 13/08/14	Qua 13/08/14	11	\$748,91
20		Emboço Externo - Fachada 2	1 dia	Qui 14/08/14	Qui 14/08/14	19	\$654,60
21		Emboço Externo - Fachada 3	1 dia	Sex 15/08/14	Sex 15/08/14	20	\$567,06
22		Emboço Externo - Fachada 4	1 dia	Sáb 16/08/14	Sáb 16/08/14	21	\$603,82
23		Cobertura	3 dias	Qua 20/08/14	Sex 22/08/14	18	\$4.136,95
24		Cobertura	3 dias	Qua 20/08/14	Sex 22/08/14	18	\$4.136,95
25		Revestimento de Pisos	8 dias	Seg 25/08/14	Ter 02/09/14	23	\$2.212,64
26		Contrapiso	2 dias	Seg 25/08/14	Qua 27/08/14	17	\$910,94
27		Cerâmica - Piso Cozinha, Varanda e Banho	2 dias	Qua 27/08/14	Sex 29/08/14	26	\$302,59
28		Cerâmica - Piso Sala e Quarto	3 dias	Sex 29/08/14	Seg 01/09/14	27	\$747,89
29		Assentamento Soleiras	0 dias	Seg 01/09/14	Seg 01/09/14	28	\$251,22

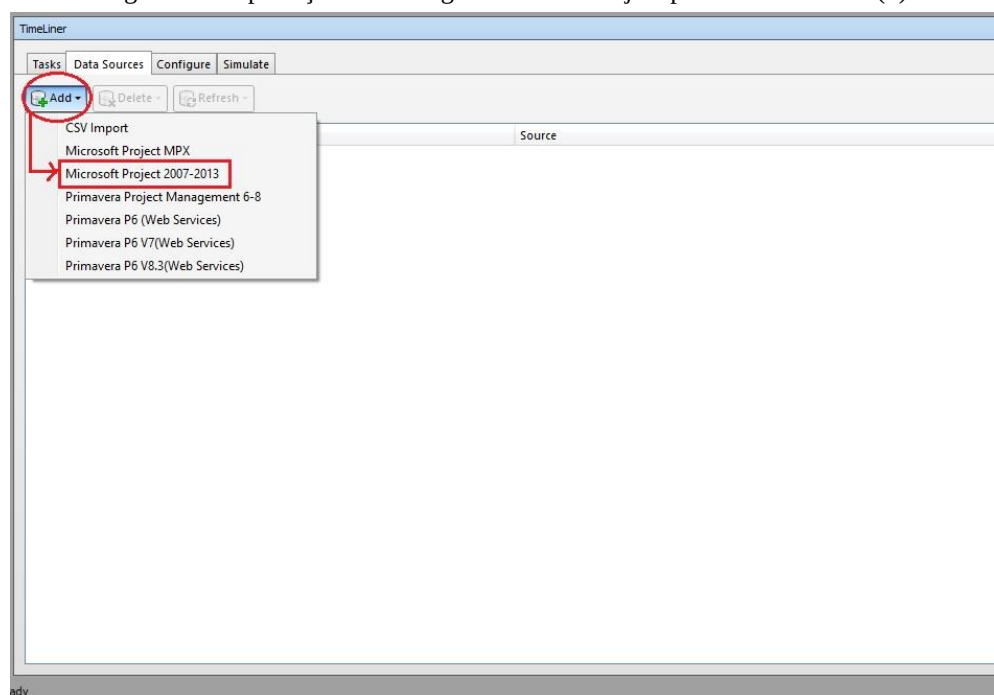
- e) Ao abrir o Navisworks, clicou-se no item Timeliner e depois foi selecionada a aba Data sources (Figura 60).

Figura 60: Importação do cronograma do Ms Project para o Navisworks (1).



- f) Dentro da aba Data sources, foi escolhida a opção Add, e o banco de dados do Ms Project foi selecionado (Figura 61).

Figura 61: Importação do cronograma do Ms Project para o Navisworks (2).



g) Finalmente, com os dados já exportados do Ms Project para o Navisworks, o modelo 5D já está pronto para ser analisado através das simulações (Figura 61).

Figura 62: Timeliner do Navisworks com os dados do cronograma do Ms Project.

TimeLiner									
Tasks Data Sources Configure Simulate									
Add Task Attach Zoom									
Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type	Attached	Total Cost
▶	✓ Cronograma Modelo 1 (Root)		21/07/2014	26/09/2014	N/A	N/A			35,934,50
▶	✓ Fundações		21/07/2014	22/07/2014	N/A	N/A			6.830,25
▶	✓ Fundação - Laje 10 cm		21/07/2014	22/07/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Fundações->Fundação - Laje 10 cm	6.830,25
▶	✓ Estrutura		24/07/2014	04/08/2014	N/A	N/A	Construct		4.863,42
▶	✓ Pilares Estruturais 1		24/07/2014	26/07/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Estrutura->Pilares Estruturais 1	733,33
▶	✓ Vigas Estruturais 1		28/07/2014	30/07/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Estrutura->Vigas Estruturais 1	2.231,57
▶	✓ Pilares Estruturais 2		31/07/2014	01/08/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Estrutura->Pilares Estruturais 2	366,67
▶	✓ Vigas Estruturais 2		02/08/2014	04/08/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Estrutura->Vigas Estruturais 2	1.531,85
▶	✓ Paredes e Painéis		05/08/2014	12/08/2014	N/A	N/A	Construct		4.864,72
▶	✓ Alvenaria Externa		05/08/2014	08/08/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Paredes e Painéis->Alvenaria Externa	1.422,64
▶	✓ Alvenaria Interna		05/08/2014	08/08/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Paredes e Painéis->Alvenaria Interna	2.625,52
▶	✓ Alvenaria Externa Cobertura		09/08/2014	12/08/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Paredes e Painéis->Alvenaria Externa Cobertura	816,56
▶	✓ Revestimento Interno Paredes		11/08/2014	15/08/2014	N/A	N/A	Construct		3.211,31
▶	✓ Embopo Interno - Sala / Cozinha		11/08/2014	12/08/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Revestimento Interno Paredes->Embopo Interno - Sala / Cozinha	1.313,96
▶	✓ Embopo Interno - Banho		11/08/2014	12/08/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Revestimento Interno Paredes->Embopo Interno - Banho	350,24
▶	✓ Embopo Interno - Quarto 1		12/08/2014	14/08/2014	N/A	N/A	Construct	Sets->Revestimento Interno Paredes->Embopo Interno - Quarto 1	636,85

5.7 ANALISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A partir desse momento será feita uma análise dos resultados obtidos, para avaliar a eficiência e precisão que a tecnologia BIM possui, sendo um grande auxílio nas análises dos quantitativos e elaboração do orçamento executivo.

5.7.1 Comparação dos quantitativos entre os modelos estudados

Os levantamentos quantitativos feitos no Revit e Navisworks e a comparação entre os modelos foram feitos com o objetivo de verificar se a forma de modelagem de alguma forma influenciaria no cálculo dos custos e no planejamento. Vale lembrar que o modelo 1 foi feito

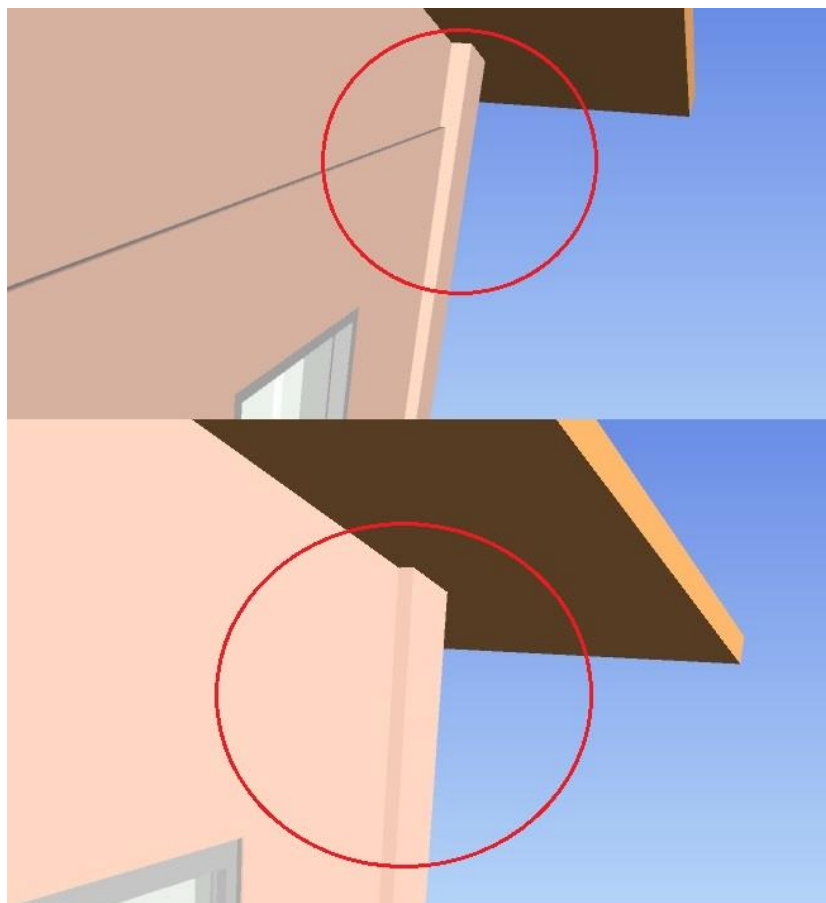
com as suas paredes separadas (alvenaria separada do emboço, que está separado da pintura) e o modelo 2 foi feito com as paredes conjugadas (alvenaria, emboço e reboco em apenas um objeto). O Quadro 12 a seguir aponta uma análise comparativa dos quantitativos extraídos das paredes dos modelos 1 e 2, tanto no Revit quanto no Navisworks:

Quadro 12: Diferenças entre os quantitativos das paredes entre os modelos 1 e 2.

Atividade	Un.	Revit 2013				Naviworks 2015			
		Mod. 1	Mod. 2	Dif.	Dif. %	Mod. 1	Mod. 2	Dif.	Dif. %
Paredes e Painéis									
Alvenaria bloco cerâmico - interna	m²	30,040	29,960	-0,080	-0,266	30,024	29,955	-0,069	-0,231
Alvenaria bloco cerâmico - externa	m²	55,410	54,600	-0,810	-1,462	55,410	54,742	-0,668	-1,206
Alvenaria Cobertura	m²	17,230	16,926	-0,304	-1,764	17,233	16,925	-0,309	-1,790
Revestimentos Parede									
Reboco interno	m²	115,700	128,430	12,730	11,003	115,698	127,290	11,592	10,019
Reboco externo	m²	103,730	107,910	4,180	4,030	103,727	108,291	4,564	4,400
Cerâmica 15x15 - banho	m²	13,690	13,730	0,040	0,292	13,690	13,671	-0,019	-0,139
Pintura									
Pintura interna	m²	108,760	125,804	17,044	15,671	108,760	125,826	17,066	15,691
Pintura externa	m²	91,400	94,860	3,460	3,786	91,400	95,884	4,484	4,906
Pintura forro	m²	38,500	38,540	0,040	0,104	38,490	38,525	0,035	0,091

Pela tabela, pôde-se notar que não há diferenças relevantes dos quantitativos entre os modelos no que diz respeito às alvenarias, porém há uma notória disparidade entre os revestimentos das paredes interna e externa e pintura. Isso se deu pela forma como os modelos foram feitos: o modelo 1 apresenta paredes sem as saliências que a estrutura (vigas no nível superior) mostra na fachada do modelo 2, como mostra a Figura 63:

Figura 63: Detalhes de fachada do modelo 2 (acima) e do modelo 1 (abaixo) causando diferença nos quantitativos dos revestimentos e pintura (Reprodução Navisworks).



Pelo detalhe mostrado na figura, pôde-se notar também a diferença das modelagens entre os revestimentos dos pilares, sendo também um fator que causou tal disparidade entre os quantitativos dessas atividades. Pode-se verificar que o pilar do modelo 2 apresenta uma variação de sua largura em função da saliência que a viga estrutural apresenta em na região em destaque, tendo, assim, uma maior área. Já o detalhe do modelo 1 apresenta essa mesma região destacada sem variações em sua largura, apresentando uma área menor.

Entretanto, quando se comparou os quantitativos levantados de cada modelo entre o Revit e o Navisworks, nenhuma diferença relevante entre os valores foi encontrada, mostrando que há de fato uma precisão e confiabilidade nas quantidades extraídas entre cada software, como pode ser visto no Quadro 13, demonstrando uma maior segurança nesse aspecto. Os quantitativos completos encontram-se no apêndice deste trabalho.

Quadro 13: Diferenças entre os quantitativos levantados por software, em cada um dos modelos estudados.

Atividade	Un.	Modelo 1				Modelo 2			
		Revit 2013	Navis 2015	Dif.	Dif. %	Revit 2013	Navis 2015	Dif.	Dif. %
Paredes e Painéis									
Alvenaria bloco cerâmico - interna	m²	30,040	30,024	-0,016	-0,050	29,960	29,955	-0,005	-0,020
Alvenaria bloco cerâmico - externa	m²	55,410	55,410	0,000	0,000	54,600	54,742	0,142	0,260
Alvenaria Cobertura	m²	17,230	17,233	-0,003	-0,020	16,926	16,925	-0,001	-1,010
Revestimentos Parede									
Reboco interno	m²	115,700	115,698	-0,002	0,000	128,430	127,290	-1,140	-0,89
Reboco externo	m²	103,730	103,727	-0,003	0,000	107,910	108,291	0,381	0,35
Cerâmica 15x15 - banho	m²	13,690	13,690	0,000	0,000	13,730	13,671	-0,059	-0,43
Pintura									
Pintura interna	m²	108,760	108,760	0,000	0,000	125,804	125,826	0,022	0,020
Pintura externa	m²	91,400	91,400	0,000	0,000	94,860	95,884	0,000	0,000
Pintura forro	m²	38,500	38,490	-0,010	-0,030	38,540	38,525	-0,015	0,040

Notou-se também, pela pouca disparidade de valores apresentada entre os softwares, a grande precisão encontrada entre os valores extraídos com relação aos modelos estudados. O Navisworks ainda se mostrou mais exato, visto que o grau de precisão dos seus quantitativos está na terceira casa decimal, enquanto no Revit este grau apresenta duas casas decimais.

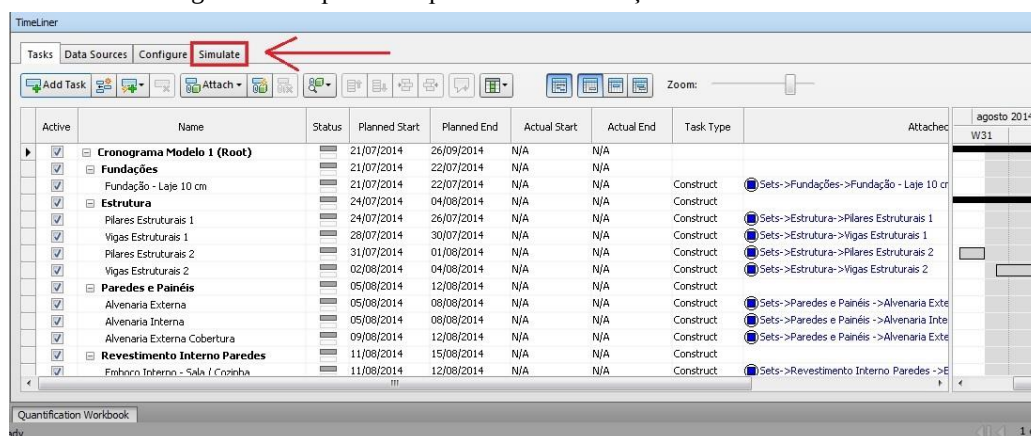
As planilhas com todos os quantitativos exportados para o Excel estão anexadas neste trabalho.

5.7.2 Análises de custo através da simulação 5D

Com o cronograma elaborado e os custos de cada serviço da obra definidos, e exportados para o Navisworks, a modelagem 5D se faz completa. Dessa forma, análises podem ser feitas em função de algumas ferramentas que o software tem a oferecer. A ferramenta chamada Simulate, que se encontra dentro da Timeliner do programa. Este recurso nos permite, a partir de algumas possibilidades, de analisarmos os custos, assim como a evolução física da obra em uma dada etapa. A simulação foi feita através das etapas a seguir:

- Dentro do Timeliner, foi selecionada a aba Simulate (Figura 64):

Figura 64: Etapa “a” do processo de simulação 5D do Navisworks.



- b) Dentro da ferramenta Simulate, há duas opções: ou executar a simulação animada da obra clicando no botão play, do início até o final, ou escolher um período específico da obra através das guia Step forward. Foi decidida a segunda opção e foi feita a escolha do período da obra dentro da simulação (Figura 65). Ao fazer isso, a ferramenta automaticamente vinculou os objetos do modelo de acordo com o cronograma da obra, listando as atividades que estão sendo feitas no período, o percentual concluído e o custo total acumulado no período, que são indicadas no canto esquerdo superior à esquerda no modelo (Figura 66).

Figura 65: Seleção dos quadros do Simulate no Navisworks.

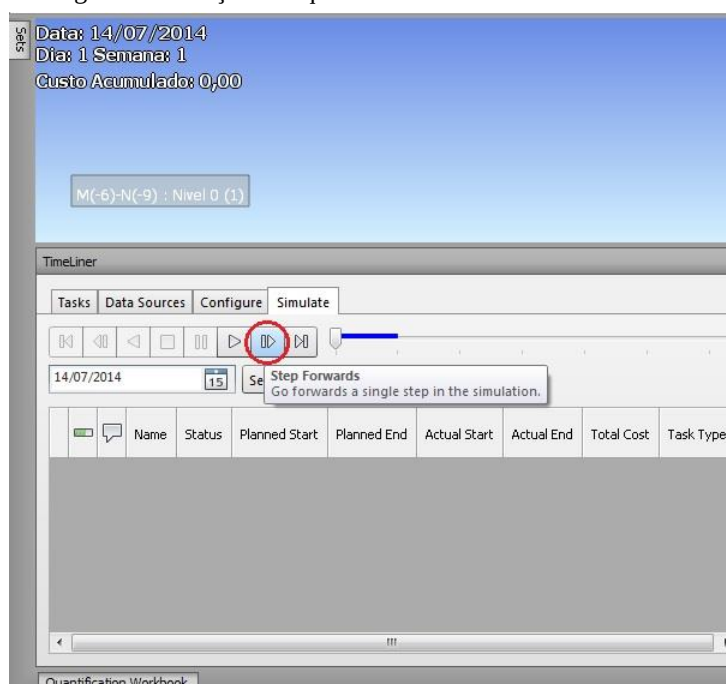
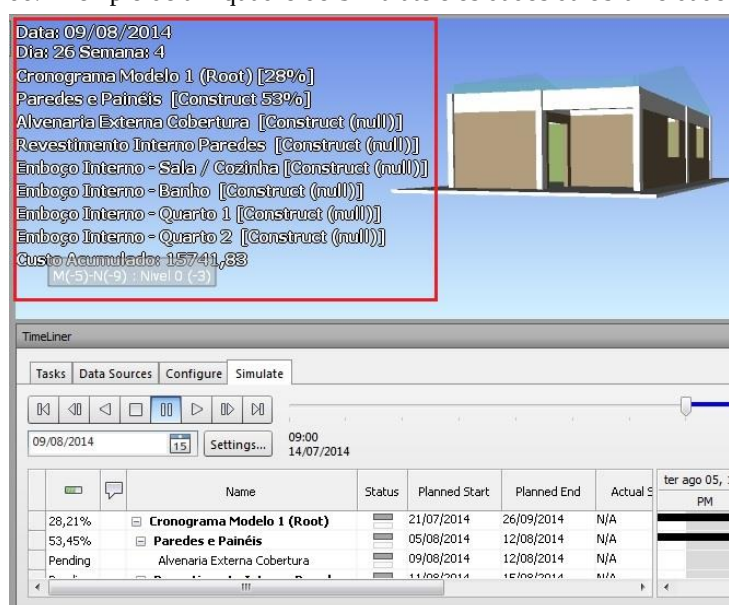


Figura 66: Exemplo de um quadro do Simulate e os dados da obra no dado período.



Dessa forma foi feita a análise em cima dos dados feitos com base nos quadros das simulações da obra. Foram escolhidos alguns períodos diferentes dentro da construção com o objetivo de analisar os custos, o avanço físico através dos percentuais concluídos de cada etapa, etc. É importante salientar que os valores foram planejados, e não tem vinculação com as datas reais de início e fim da obra.

Os períodos foram divididos em uma semana, cada, a partir da data 29/07/14, conforme mostram as Figura 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73 e 74. Esta data inicial foi escolhida pelo fato de já haver uma boa visualização de cada etapa da obra sendo ilustrada na interface do programa.

Figura 67: 29/07/14. Terceira semana da obra.

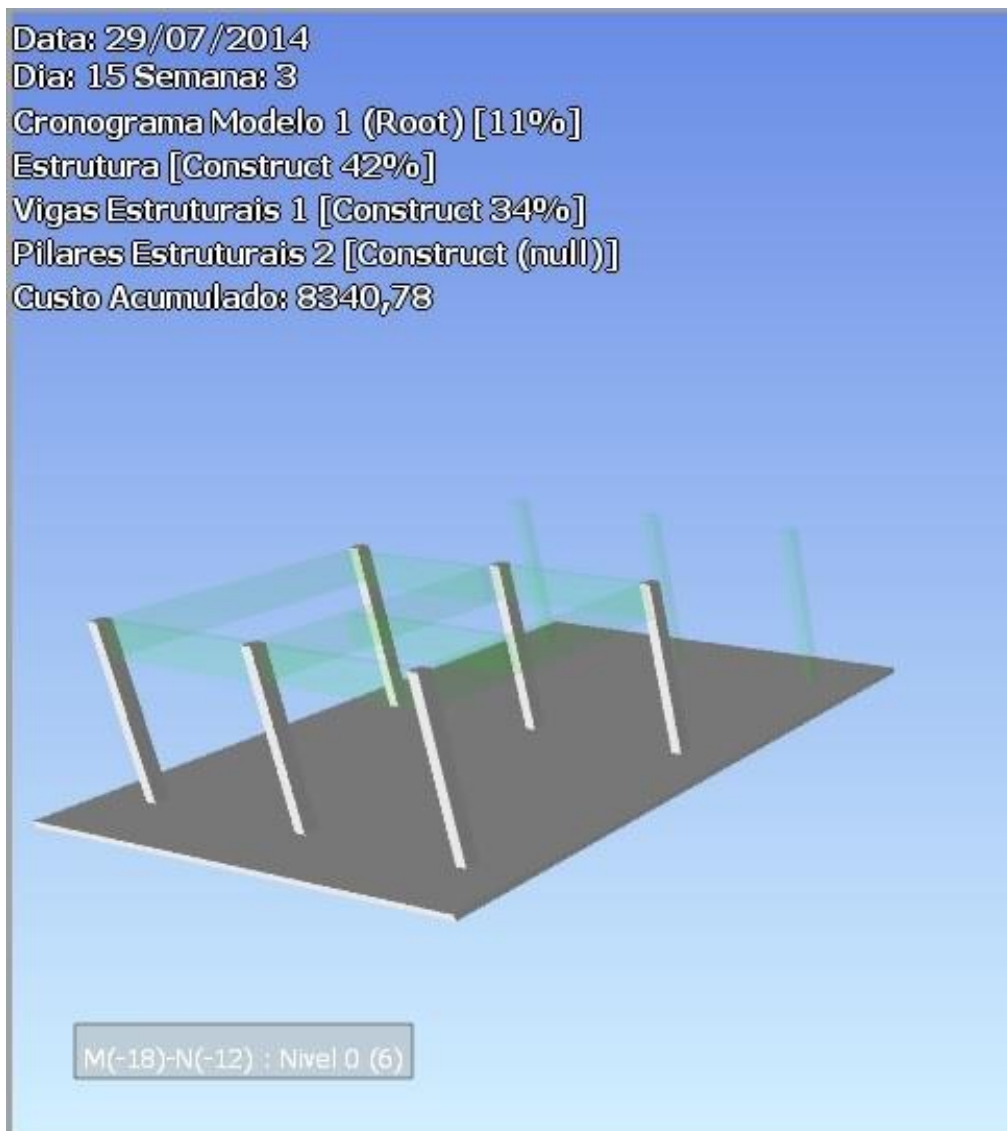


Figura 68: 05/08/14. Quarta semana da obra.

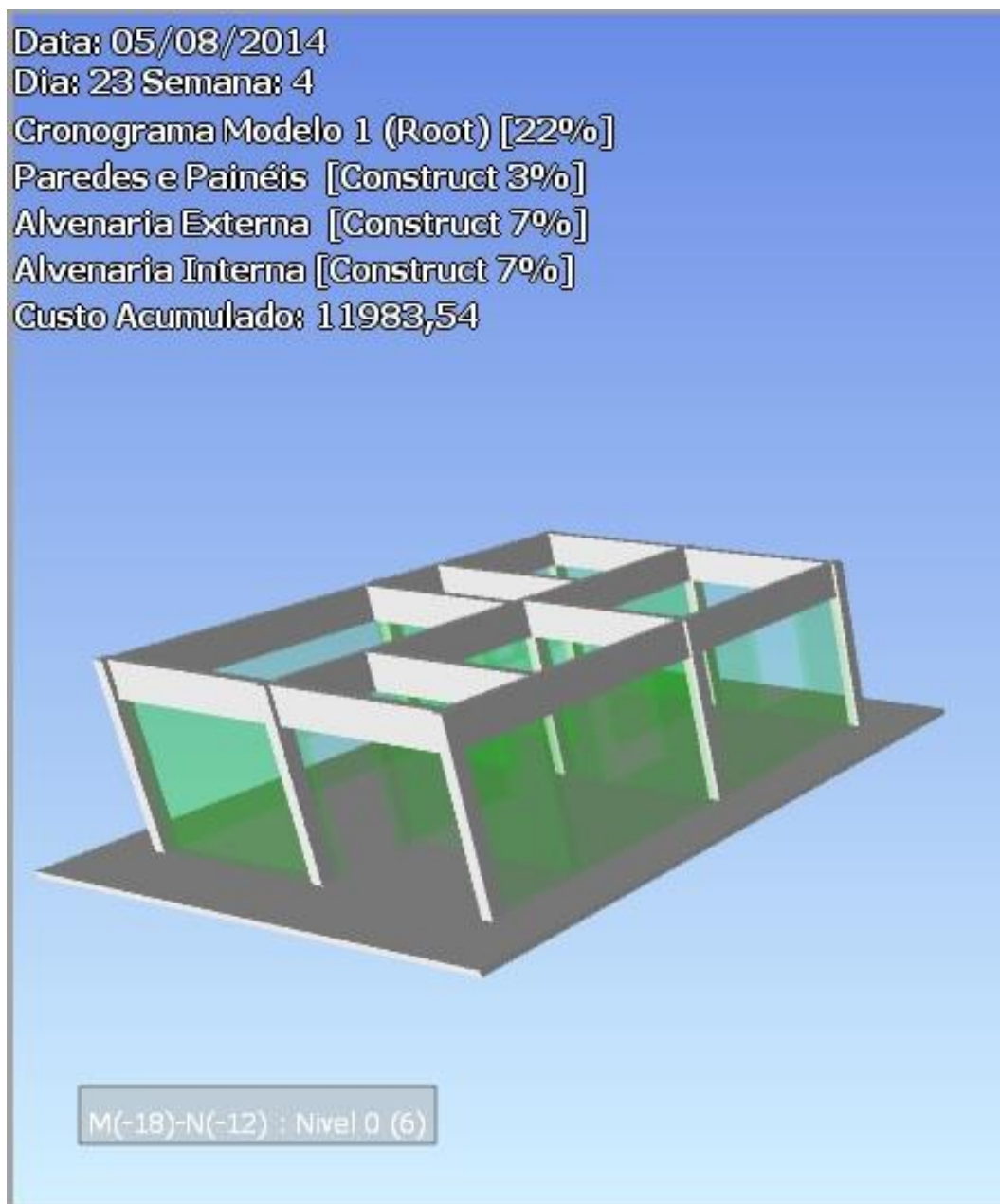


Figura 69: 12/08/14. Quinta semana da obra.

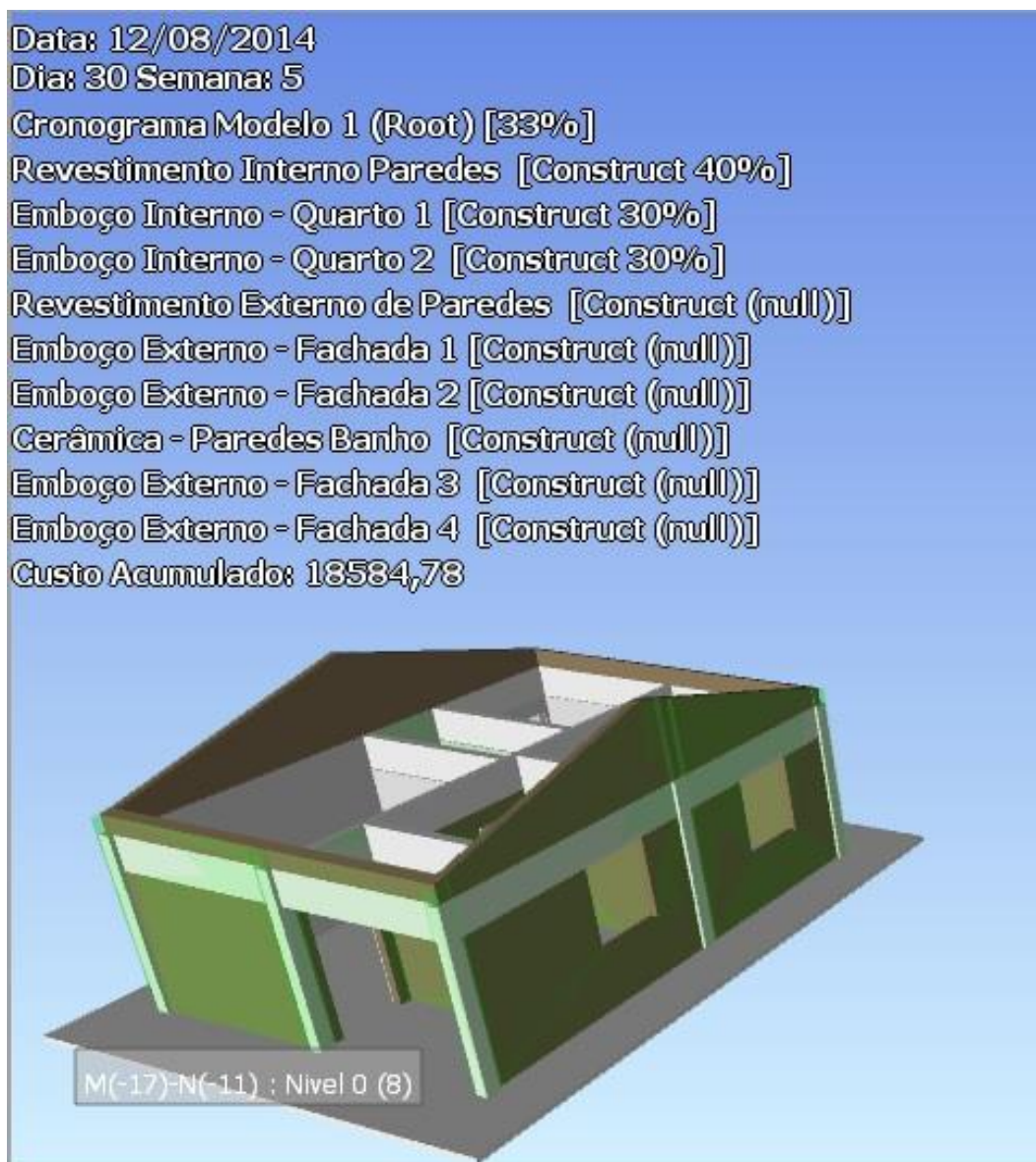


Figura 70: 20/08/14. Sexta Semana da obra.

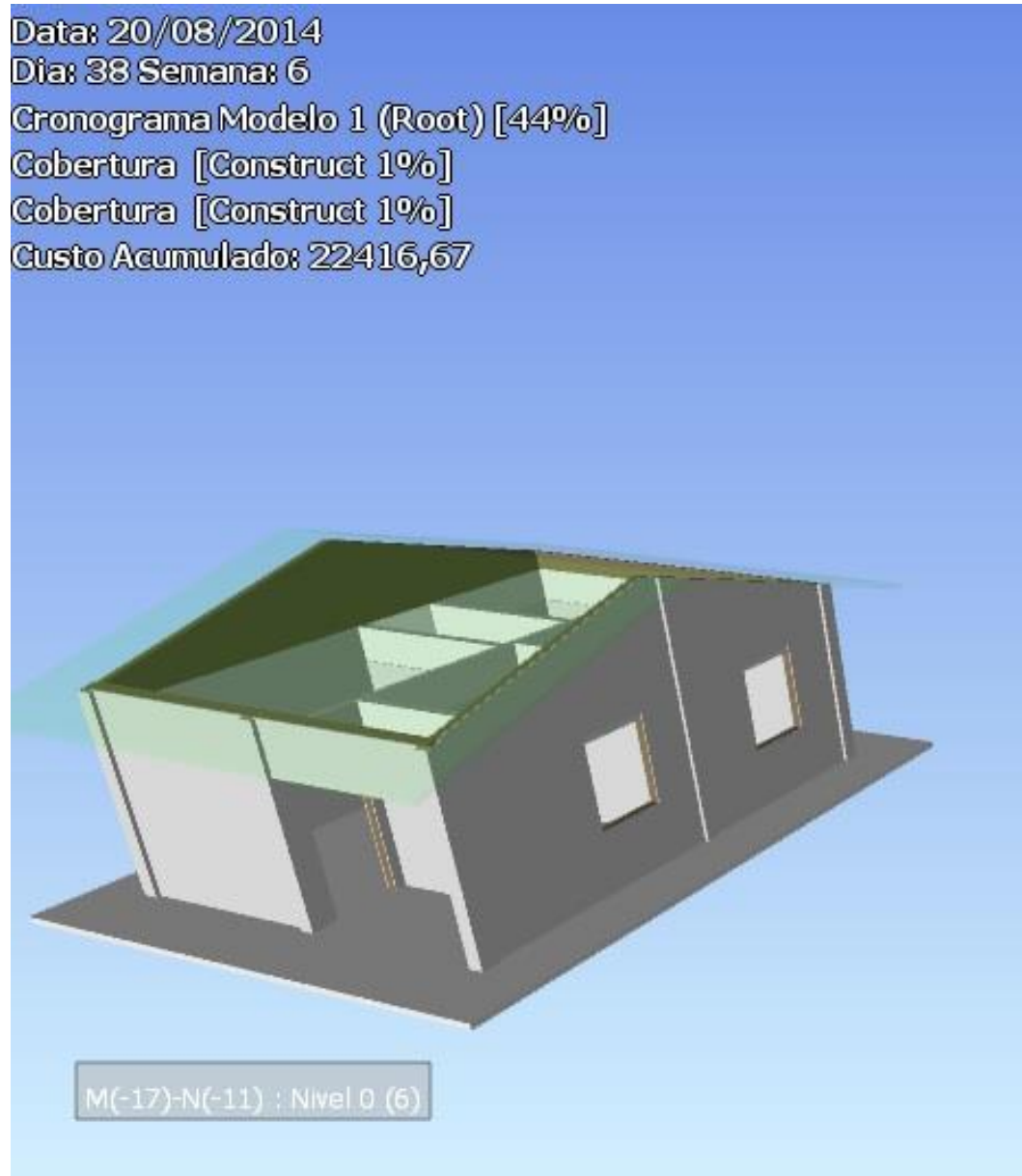


Figura 71: 27/08/14. Sétima semana da obra.

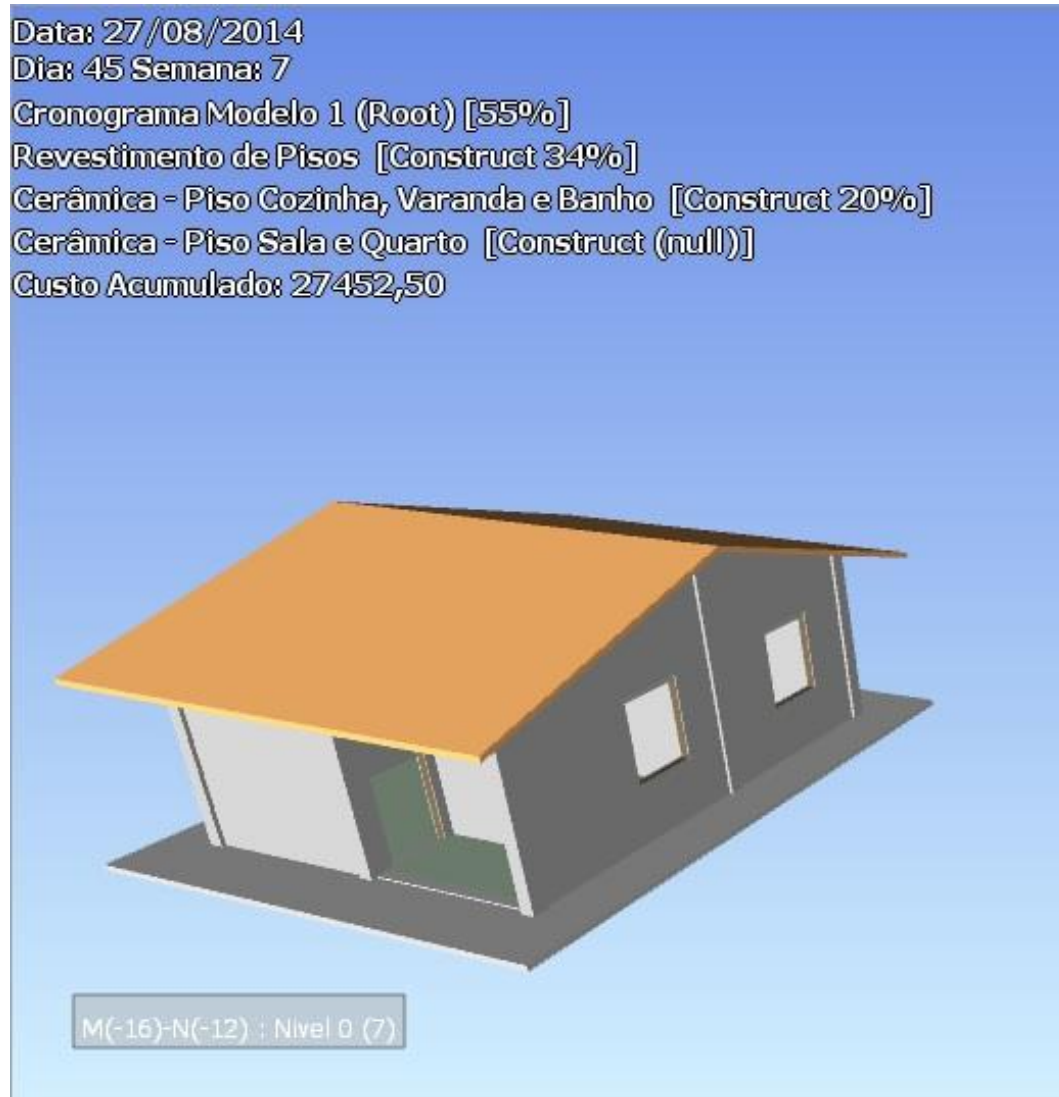


Figura 72: 04/09/14. Oitava semana da obra.

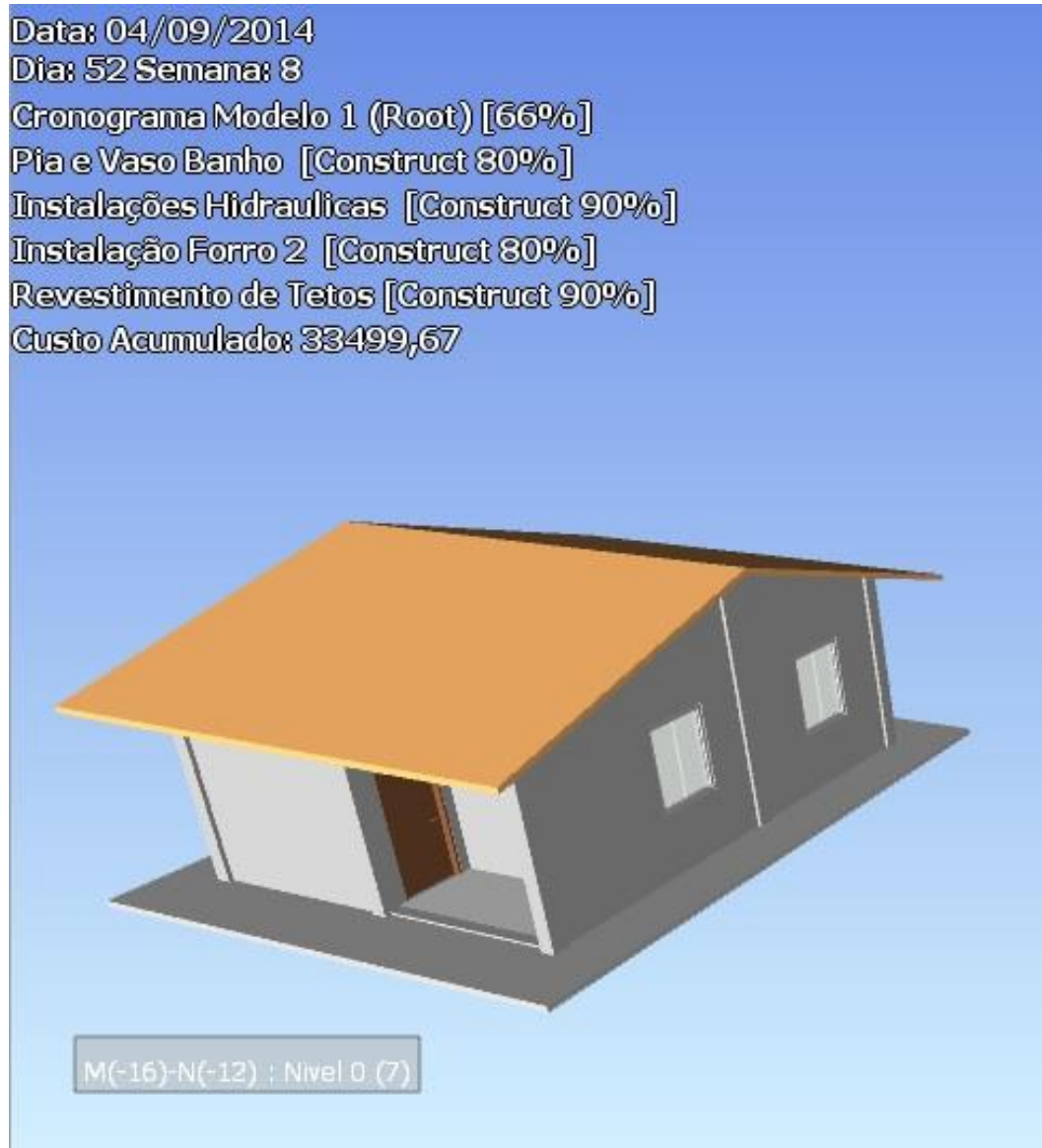


Figura 73: 11/09/14. Nona semana da obra.

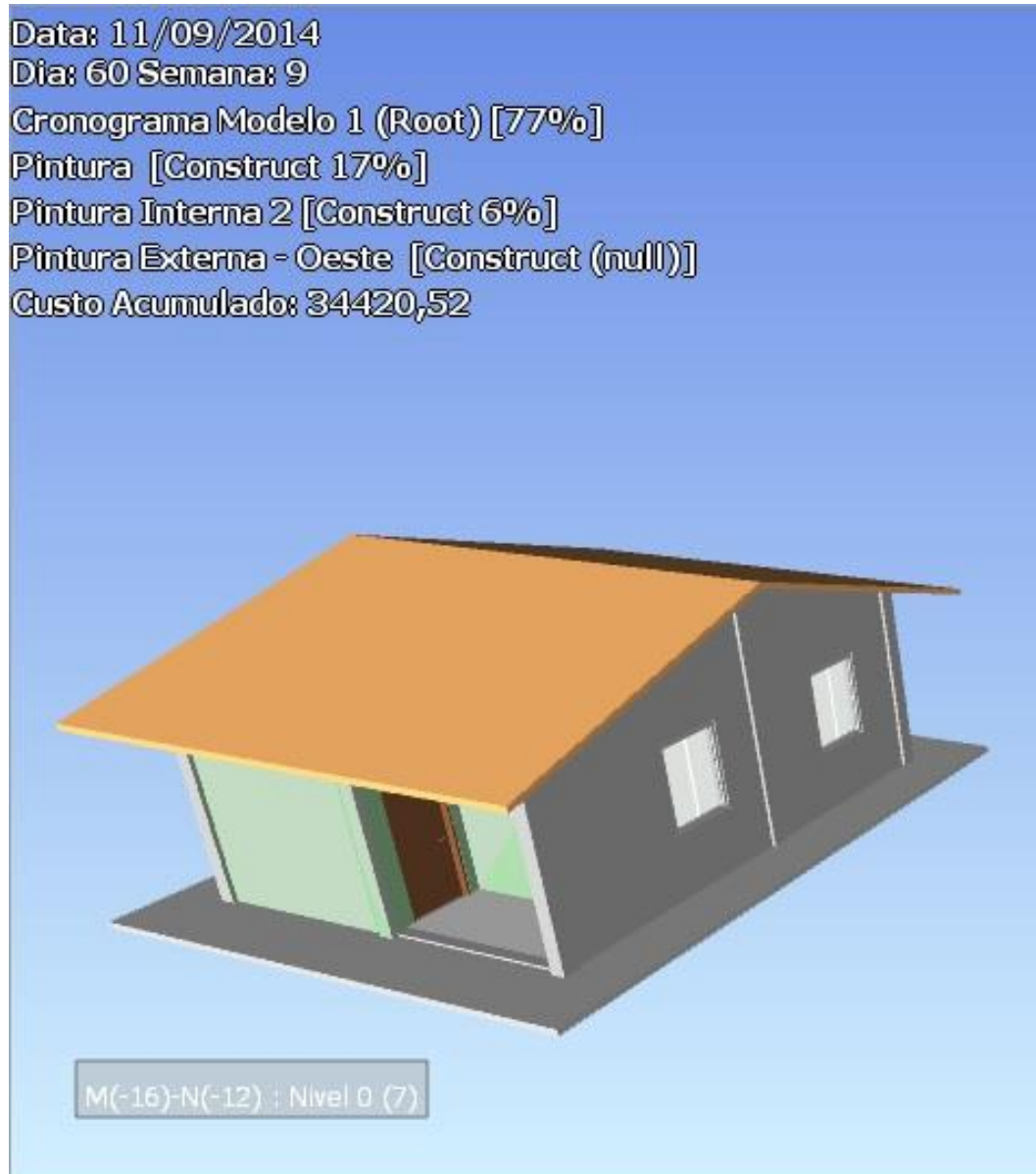


Figura 74: 26/09/14. Final da obra.



Considerando as sequências exibidas nas figuras anteriores se pôde concluir que o Navisworks, em cada período da obra, permite a previsão do custo acumulado total da obra em cada período planejado, assim como o seus percentuais físico-financeiros, bem como os percentuais individuais de cada atividade indicada no período. Esses indicativos associados com a imagem da evolução da obra mostram a forma eficiente de se analisar a construção como um todo, ajudando a melhorar as tomadas de decisões, a pensar melhor a logística da obra sem que haja o risco de interferências entre os serviços, não alterando de maneira relevante os custos orçados da construção, uma vez que o orçamento executivo foi feito apenas em cima das datas planejadas.

Assim, destaca-se na modelagem 5D a proximidade que ele pode ter com o orçamento executivo, pois trata-se de uma aplicação direta dos conceitos dessa modalidade no modelo da

informação da construção: quando o orçamento executivo tradicional é elaborado, não há uma imagem da obra como um todo que permita ao Engenheiro que ele se posicione de maneira mais convicta. O BIM, com essa forma de modelagem contribui pra uma melhor eficiência na elaboração do orçamento executivo, assim como uma maior confiança frente às decisões.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal objetivo estudar e avaliar a aplicação da modelagem 5D na elaboração de um orçamento executivo. Dentro desse contexto, foi possível constatar que a modelagem da informação da construção, como vista na revisão bibliográfica, apresenta um grande potencial na construção de um orçamento executivo de uma obra.

O primeiro objetivo específico do estudo foi conhecer as características do BIM, suas ferramentas para modelagem e suas aplicações na construção civil, assim como conhecer sobre o orçamento na construção civil. Através da revisão bibliográfica de ambos os tópicos, foi adquirido o conhecimento dos principais conceitos relacionados às ferramentas BIM e verificou-se também de que forma a modelagem da informação da construção melhor se aplica na elaboração de um orçamento executivo. Foi visto que o Autodesk Navisworks é um excelente software para se elaborar um orçamento executivo de maneira muito eficiente, através das muitas ferramentas que o programa possui.

Em relação ao segundo objetivo específico, que foi aplicar o BIM para a elaboração de um orçamento executivo, foi feito um estudo de caso que foi dividido em três momentos. No primeiro momento, foi elaborado um orçamento executivo a partir do modelo do estudo, feito no Revit. Foram levantados os quantitativos com o uso do Navisworks de dois modelos que se diferenciavam pelo tipo de modelagem das suas paredes e, em um deles, foram calculados os custos diretos. O segundo momento do objetivo foi, com o uso do Ms Project e com o Excel, a associação dos custos diretos com as etapas criadas no cronograma da obra, constituindo-se, assim, o seu cronograma físico-financeiro, com os custos totais de cada atividade. A partir dessa etapa, foi obtido o modelo 5D, importando o cronograma físico-financeiro diretamente para o Navisworks. Após essa etapa, foi feita uma simulação em etapas do modelo 5D da obra estudada, para que sejam possíveis fazer as análises dos custos associados ao planejamento da obra.

O terceiro objetivo específico avaliou os resultados obtidos pela aplicação do BIM na elaboração do orçamento executivo. Foram feitas análises também em relação aos quantitativos gerados entre os modelos e entre os softwares, assim como foi avaliado também a simulação 5D do modelo. Quanto aos quantitativos, concluiu-se que a forma de modelar as paredes não altera de forma significativa os quantitativos gerados, tanto no Revit quanto no Navisworks. A forma da modelagem definiu apenas o tempo que se levou ao elaborar o modelo estudado. Em relação à simulação 5D, concluiu-se que foi possível fazer previsões em

cima dos valores dos custos, assim como dos percentuais dos serviços total da obra e de cada etapa num momento específico da construção.

Algumas vantagens desse estudo puderam ser percebidas a partir do estudo de caso, tais como:

- Os quantitativos gerados foram rápidos e completos, apresentando relatórios extremamente detalhados;
- A ferramenta Simulation do Navisworks possibilita diversas maneiras de analisar toda o projeto, permitindo tomadas de decisão rápidas e melhor embasadas;
- A modelagem 5D é a aplicação direta do orçamento executivo, gerando uma redução considerável no tempo de elaboração do orçamento;

Além dessas potencialidades apresentadas, vale ressaltar que o Navisworks também importa alguns outros dados como o custo da mão de obra e de equipamentos, tornando a simulação mais próxima ainda da realidade.

Os objetivos do trabalho foram todos alcançados, pois no estudo de caso foi visto que é possível aplicar a modelagem 5D na elaboração de orçamento executivo, com quantitativos e cronograma gerados no próprio Navisworks. Entretanto, não foi totalmente possível fazer um processo 100% automatizado em um software, visto que foram usados outros programas-suporte para elaborar o orçamento, distribuir os custos diretos de acordo com as atividades do cronograma e colocá-los no Ms Project, para depois ser importado pelo Navisworks. Além disso, todos os dados de custo gerados foram em função dos sets criados no programa, que foram baseados no modelo 3D elaborado no Revit. Porém, mesmo com todas as limitações apresentadas, o estudo não diminuiu de maneira relevante o grau de eficiência, quando os dados de custo e tempo estão bem definidos.

Como sugestão de trabalhos futuros, a modelagem 5D mais aprofundada pode ser estudada, adicionando ao cronograma outros recursos importantes, como o custo da mão de obra, equipamentos e empreiteiras, bem como a aplicação do 5D BIM para o acompanhamento da obra, trabalhando com dados reais e comparando-os com os planejados. Poderiam ser estudadas também outras formas de modelagem com o BIM, como o 6D e o 7D, que se relacionam, respectivamente, com a gestão de suprimentos de materiais e aplicações operacionais, como manutenção e gestão de recursos. Estabelecer uma relação do BIM com o Lean Construction, por fim, pode ser sugerido, uma vez que o primeiro torna o ato de projetar mais “ enxuto ”.

Finalmente, é importante salientar que a Modelagem da Informação da Construção é hoje uma realidade, sendo um grande auxílio na elaboração de orçamentos executivos de uma obra, ampliando-se para todo o ciclo de vida de um projeto. Estudar o BIM, acompanhar as suas evoluções e aplicar ele em todos os campos dentro da Construção Civil pode ser a maior inovação no que diz respeito à Engenharia brasileira hoje, trazendo resultados mais eficientes, com menos erros e, conseqüentemente menos custos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide**. Washington: 2007.

ANDRADE, A. C., SOUZA U. E. L. **Diferentes abordagens quanto ao orçamento de obras habitacionais**: aplicação ao caso do assentamento da alvenaria. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Meio Ambiente Construído – Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

AVILA, A. V., LIBRELOTTO, L. I., LOPES, O. C. **Orçamento de Obras**: Construção Civil. Florianópolis: 2003.

AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM – Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. Tese de Mestrado (Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção). Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2009.

BIM Curriculum. **Lesson 2: 4D Simulation and Construction Planning**. Disponível em: < <http://bimcurriculum.autodesk.com/lesson/lesson-2-4d-simulation-and-construction-planning>>. Acesso em: 2 mar. 2014.

BIM 42. **Level of development**. Disponível em: <<http://bim42.com/2012/11/21/level-of-development/>>. Acesso em: 1 mar. 2014.

CAIXA. **SINAPI – Indices da Construção Civil**. O que é. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp>. Acesso em: 24 jul. 2014.

CAIXA. **Relatórios de Composições - JUN/2014 – COM DESONERAÇÃO**. Disponível em: <<http://www1.caixa.gov.br/download/asp/download.asp?subCategoryId=1213&CategoryId=120&subCategoryLayout=Relat%F3rios+de+Composi%E7%E3o++com+desonera%E7%E3o++Maio%2F2014&CategoryLayout=SINAPI++Sist.+Nac.+Pesq.+Custos+e+Indices+Const.+Civil>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

CAPUCHINHO, Cristiane. **Design & build**: Modelo de contratação que envolve projetistas e construtores desde a concepção do projeto tende a reduzir prazos de obras. Conheça a modalidade e suas vantagens. Construção Mercado, São Paulo, p.16-18, 04 out. 2010.

CICHINELLI, Gisele C. **Como orçar com BIM**: Entenda como o BIM (Modelagem de Informações para a Construção) automatiza processos e garante maior precisão à orçamentação. Construção Mercado, São Paulo, São Paulo, p.18-20, 16 mar. 2011.

Construction Pro Network. **Expert Sees 4D, 5D BIM ‘Taking Off’**. Disponível em: <http://constructionpronet.com/Content_Free/42612part1.aspx>. Acesso em: 16 mar. 2014.

Construction Week Online. **MEP Contractors need to embrace BIM**. Disponível em: <http://www.constructionweekonline.com/article-10499-mep-contractors-need-to-embrace-bim/#.uw_xo_ldUrU>. Acesso em: 27 fev. 2014.

Construtech. **Taking BIM to the Fifth Dimension**. Disponível em: <http://www.constructech.com/news/articles/article.aspx?article_id=8804>. Acesso em: 6 mar. 2014.

DOMINGUES, M. A. **Orçamentação de empreendimentos de arquitetura e engenharia civil: uma solução metodológica para atender a lei de responsabilidade fiscal e a lei de licitações**. São Paulo: UNIP, 2003.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2011.

FERREIRA, R.C.; SANTOS, E.T. **Características da representação 2D e suas limitações na etapa de compatibilização espacial do projeto**. Gestão e Tecnologia de Projetos, v.2, nº 2, nov. 2007. Disponível em: <www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos/>. Acesso em : 26 nov. 2013.

JACOSKI, C. A.. **A interoperabilidade em projetos digitais como condicionante à integração e virtualização da construção**. Ciência, Tecnologia e Educação, Chapecó - SC, v. 01, p. 51-68, 2004.

KYMMELL, Willem. **Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations**. New York: McGraw Hill, 2008.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

MATIPA, W. M. **Total cost management at the design stage using a building product model**. Tese (Doutorado em Philosophy Engineering). Faculty of Engineering, Department of Civil ND Environmental Engineering of National University of Ireland, Cork. 2008.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

Microdesk. **Enhancing facilities management with 6D BIM**. Disponível em: <<http://www.microdesk.com/Consulting/Customer-Stories/Details/ArticleID/570/Enhancing-facilities-management-with-6D-BIM>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

MOURA, Patrícia. **Uso de extranets no gerenciamento de projetos**. Disponível em: <<http://www.aecweb.com.br/artigo/gerenciamento-de-obras/499/patricia-moura/uso-de-extranets-no-gerenciamento-de-projetos.html>>. Acesso em: 02 mar 2014.

Mr. As Built. **BIM Navisworks Services**. Disponível em: <http://mrasbuilt.com/MAB_BIM_Navis.html>. Acesso em: 6 mar. 2014.

NEURAL ENERGY. **Building Information Modeling (BIM)**. Disponível em: <<http://www.neuralenergy.info/2009/06/building-information-modeling.html>>. Acesso em: 26 nov. 2013.

PARISOTTO, J. A. **Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais** - Estudo de Caso para uma Empresa Construtora. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.

Revista Arquitetura e Urbanismo. **Tecnologia**: As vantagens da plataforma BIM incluem todo o ciclo de vida do edifício, desde estudos de viabilidade até a demolição. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/artigo224372-1.aspx>>. Acesso em: 26 nov. 2013

SABOL, Louise. Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling. **Design + Construction Strategies**, Washington, DC, n., p.1-16, 06 jun. 2008.

US. General Services Administration. **3D-4D Building Information Modeling**. Disponível em: <http://www.gsa.gov/portal/content/105075?utm_source=PBS&utm_medium=print-radio&utm_term=bim&utm_campaign=shortcuts>. Acesso: 2 mar. 2014.

Vico Software. **4D BIM Scheduling**. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/products/4d-bim-software-scheduling/tabid/229125/Default.aspx>>. Acesso em: 6 mar. 2014.

Vico Software. **6D BIM Models for Facilities Maintenance and Management**. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/6d-bim-models/tabid/297171/Default.aspx>>. Acesso em: 30 mar. 2014.

Vico Software. The 5D Virtual Construction Workflow. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/the-5d-virtual-construction-workflow/tabid/222667/Default.aspx>>. Acesso em: 2 mar. 2014.

Vico Software. **What is 5D BIM**. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/what-is-5D-BIM/tabid/88207/Default.aspx>>. Acesso em: 11 mar. 2014.

Vico Software. What does 4D BIM Mean to You? Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/what-is-4D-BIM/tabid/88206/>>. Acesso em: 6 mar. 2014.

Wikipedia. **4D BIM**. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/4D_BIM>. Acesso em: 26 nov. 2013.

Wikipedia. **5D BIM**. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/5D_BIM>. Acesso em: 26 nov. 2013.

Wikipedia. **Building Information Modeling**. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling>. Acesso em: 26 nov. 2013.

APÊNDICE

Apêndice A: Comparativo entre quantitativos do Revit e do Navisworks

Atividade	unid.	Modelo 1				Modelo 2			
		Quant. Revit 2013	Quant. Navis 2015	Dif.	Dif. %	Quant. Revit 2013	Quant. Navis 2015	Dif.	Dif. %
Fundações									
Laje 10 cm	m³	7,740	7,735	-	0,06%	7,740	7,735	-	0,06%
Estrutura									
Pilares	m³	1,080	1,080	0,000	0,00%	1,240	1,256	0,016	1,29%
Vigas	m³	3,700	3,694	-	0,16%	3,700	3,695	-	0,14%
Paredes e Painéis									
Alvenaria bloco cerâmico - Interna	m²	30,040	30,024	-	0,05%	29,960	29,955	-	0,02%
Alvenaria bloco cerâmico - Externa	m²	55,410	55,410	0,000	0,00%	54,600	54,742	0,142	0,26%
Alvenaria Cobertura	m²	17,230	17,233	0,003	0,02%	16,926	16,925	-	0,01%
Cobertura									
Telhado básico	m²	77,660	77,660	0,000	0,00%	77,660	77,660	0,000	0,00%
Esquadrias									
Janelas 0,70x0,30m	unid.	1,000	1,000	0,000	0,00%	1,000	1,000	0,000	0,00%
Janelas 0,80x1,00m	unid.	1,000	1,000	0,000	0,00%	1,000	1,000	0,000	0,00%
Janelas 1,00x1,50m	unid.	2,000	2,000	0,000	0,00%	2,000	2,000	0,000	0,00%
Porta 60x210cm	unid.	1,000	1,000	0,000	0,00%	1,000	1,000	0,000	0,00%
Porta 70x210cm	unid.	3,000	3,000	0,000	0,00%	3,000	3,000	0,000	0,00%
Porta 80x210cm	unid.	1,000	1,000	0,000	0,00%	1,000	1,000	0,000	0,00%
Revestimentos Piso									
Contrapiso	m²	38,420	38,420	0,000	0,00%	38,420	38,425	0,005	0,01%
Cerâmica 30x30 - Banho, Cozinha	m²	11,100	11,100	0,000	0,00%	11,100	11,101	0,001	0,01%
Cerâmica 45x45 - Sala, Quarto	m²	26,720	26,720	0,000	0,00%	26,720	26,723	0,003	0,01%
Soleiras - Granito Claro	m²	0,600	0,600	0,000	0,00%	0,600	0,600	0,000	0,00%
Revestimentos Parede									
Reboco Interno	m²	115,700	115,698	-	0,00%	128,430	127,290	-	0,89%
Reboco Externo	m²	103,730	103,727	-	0,00%	107,910	108,291	0,381	0,35%
Cerâmica 15x15 - Banho	m²	13,690	13,690	0,000	0,00%	13,730	13,671	-	0,43%
Revestimentos Teto									
Forro	m²	38,500	38,490	-	-	38,540	38,525	-	-

				0,010	0,03%			0,015	0,04%
Instalações									
Sanitária	unid.	3,000	3,000	0,000	0,00%	3,000	3,000	0,000	0,00%
Pintura									
Pintura interna	m²	108,760	108,760	0,000	0,00%	125,804	125,826	0,022	0,02%
Pintura externa	m²	91,400	91,400	0,000	0,00%	95,884	95,884	0,000	0,00%
Pintura Forro	m²	38,500	38,490	- 0,010	- 0,03%	38,540	38,525	- 0,015	- 0,04%

Apêndice B: Comparativo entre quantidades levantadas entre os modelos estudados

Atividade	unid.	Revit 2013				Navisworks 2015			
		Mod. 1	Mod. 2	Dif.	Dif. %	Mod. 1	Mod.2	Dif.	Dif. %
Fundações									
Laje 10 cm	m³	7,740	7,740	0,000	0,000%	7,735	7,735	0,000	0,000%
Estrutura									
Pilares	m³	1,080	1,240	0,160	14,815%	1,080	1,256	0,176	16,296%
Vigas	m³	3,700	3,700	0,000	0,000%	3,694	3,695	0,001	0,027%
Paredes e Painéis									
Alvenaria bloco cerâmico - Interna	m²	30,040	29,960	-0,080	-0,266%	30,024	29,955	-0,069	-0,231%
Alvenaria bloco cerâmico - Externa	m²	55,410	54,600	-0,810	-1,462%	55,410	54,742	-0,668	-1,206%
Alvenaria Cobertura	m²	17,230	16,926	-0,304	-1,764%	17,233	16,925	-0,309	-1,790%
Cobertura									
Telhado básico	m²	77,660	77,660	0,000	0,000%	77,660	77,660	0,000	0,000%
Esquadrias									
Janelas 0,70x0,30m	unid.	1,000	1,000	0,000	0,000%	1,000	1,000	0,000	0,000%
Janelas 0,80x1,00m	unid.	1,000	1,000	0,000	0,000%	1,000	1,000	0,000	0,000%
Janelas 1,00x1,50m	unid.	2,000	2,000	0,000	0,000%	2,000	2,000	0,000	0,000%
Porta 60x210cm	unid.	1,000	1,000	0,000	0,000%	1,000	1,000	0,000	0,000%
Porta 70x210cm	unid.	3,000	3,000	0,000	0,000%	3,000	3,000	0,000	0,000%
Porta 80x210cm	unid.	1,000	1,000	0,000	0,000%	1,000	1,000	0,000	0,000%
Revestimentos Piso									
Contrapiso	m²	38,420	38,420	0,000	0,000%	38,420	38,425	0,005	0,013%
Ceramica 30x30 - Banho, Cozinha	m²	11,100	11,100	0,000	0,000%	11,100	11,101	0,001	0,009%
Cerâmica 45x45 - Sala, Quarto	m²	26,720	26,720	0,000	0,000%	26,720	26,723	0,003	0,011%
Soleiras - Granito Claro	m²	0,600	0,600	0,000	0,000%	0,600	0,600	0,000	0,000%
Revestimentos Parede									
Reboco Interno	m²	115,700	128,430	12,730	11,003%	115,698	127,290	11,592	10,019%
Reboco Externo	m²	103,730	107,910	4,180	4,030%	103,727	108,291	4,564	4,400%
Cerâmica 15x15 – Banho	m²	13,690	13,730	0,040	0,292%	13,690	13,671	-0,019	-0,139%
Revestimentos Teto									
Forro	m²	38,500	38,540	0,040	0,104%	38,490	38,525	0,035	0,091%
Instalações									
Sanitária	unid.	3,000	3,000	0,000	0,000%	3,000	3,000	0,000	0,000%

Pintura									
Pintura interna	m²	108,760	125,804	17,044	15,671%	108,760	125,826	17,066	15,691%
Pintura externa	m²	91,400	94,860	3,460	3,786%	91,400	95,884	4,484	4,906%
Pintura Forro	m²	38,500	38,540	0,040	0,104%	38,490	38,525	0,035	0,091%

Apêndice C: Planilha orçamentária da obra com base nos valores do SINAPI (junho 2014)

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
1	FUNDAÇÕES				
1.1	Forma tábua para concreto em fundação com reaproveitamento 5x	m²	77,35	R\$ 29,90	R\$ 2.312,77
1.2	Armação Aço CA-50 p/m³ de concreto	unid.	1,00	R\$ 550,74	R\$ 550,74
1.3	Concreto fck=15Mpa, preparado com betoneira, sem lançamento	m³	7,74	R\$ 512,83	R\$ 3.966,74
	TOTAL				R\$ 6.830,25
2	ESTRUTURA				
2.1	Forma para estruturas de concreto (pilar, viga e laje, em chapa de madeira compensada plastificada de 1,10x2,20, espessura=12mm, 8 utilizações. (Fabricação, montagem e desmontagem - exclusive escoramento)	m²	77,27	R\$ 24,13	R\$ 1.864,43
2.2	Armação aço CA-50 p/m³ de concreto	unid.	1,00	R\$ 550,74	R\$ 550,74
2.3	Concreto fck=15Mpa, preparado com betoneira, sem lançamento	m³	4,77	R\$ 512,83	R\$ 2.448,25
	TOTAL				R\$ 4.863,42
3	PAREDES E PAINEIS				
3.1	Alvenaria em bloco cerâmico estrutural 14x19x39cm E=14cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (Cimento, cal e areia). Não inclui grout e aço.	m²	102,66	R\$ 46,17	R\$ 4.739,81
3.2	Vergas 10x10cm, premoldadas c/concreto fck=15Mpa (preparo mecânico), aço CA-50 com formas tabua de pinho 3ª	m	7,30	R\$ 17,11	R\$ 124,90
	TOTAL				R\$ 4.864,72
4	COBERTURA				
4.1	Cobertura em telha cerâmica tipo canal, com argamassa traço 1:3 (cimento e areia) e arame recozido.	m²	77,66	R\$ 53,27	R\$ 4.136,95
	TOTAL				R\$ 4.136,95
5	ESQUADRIAS				
5.1	Porta de madeira compensada lisa para pintura, 0,60x2,10m, e=3,5cm, incluso aduela 2A, alizar 2A e dobradiças	unid.	1,00	R\$ 303,60	R\$ 303,60
5.2	Porta de madeira compensada lisa para pintura, 0,70x2,10m, e=3,5cm, incluso aduela 2A, alizar 2A e	unid.	3,00	R\$ 307,33	R\$ 921,99

	dobradiças				
5.3	Porta de madeira almofadada semi-oca 1A, 0,80x2,10m, e=3cm, incluso aduela 2A, alizar 2A e dobradiças	unid.	1,00	R\$ 422,29	R\$ 422,29
5.4	Janela basculante de aluminio	m²	0,21	R\$ 337,86	R\$ 70,95
5.5	Janela de correr em aluminio, folhas para vidro, com bandeira, incluso guarnição e vidro liso incolor	m²	3,80	R\$ 426,26	R\$ 1.619,79
	TOTAL				R\$ 3.338,62
6	INSTALAÇÕES HIDRAULICAS				
6.1	Vaso sanitário sifonado, louça branca padrão popular, com conjunto para fixação para vaso sanitário com parafuso, arruela e bucha - fornecimento e instalação.	unid.	1,00	R\$ 178,47	R\$ 178,47
6.2	Chuveiro elétrico comum, corpo plastico tipo ducha, fornecimento e instalação	unid.	1,00	R\$ 52,92	R\$ 52,92
6.3	Lavatório louça branca com coluna, 45x55 ou equivalente, padrão médio	unid.	1,00	R\$ 144,01	R\$ 144,01
6.4	Tanque de mármore sintético suspenso, 22l ou equivalente, incluso sifão tipo garrafa em pvc, valvula plastica e torneira de plastico - fornecimento e instalação	unid.	1,00	R\$ 125,35	R\$ 125,35
6.5	Bancada de marmore sintetico 1,20x0,60m, com cuba integrada, inclusos sifão tipo flexivel em PVC, válvula em plastico cromado tipo americana e torneira cromada longa, de parede, padrão popular - fornecimento e instalação	unid.	1,00	R\$ 208,97	R\$ 208,97
6.6	Torneira cromada de mesa, 1/2" ou 3/4", para lavatório, padrão popular - fornecimento e instalação	unid.	1,00	R\$ 34,67	R\$ 34,67
	TOTAL				R\$ 744,39
7	REVESTIMENTOS				
7.1	Chaspisco aplicado tanto em pilares e vigas de concreto como em alvenarias de paredes internas com rolo para textura acrílica. Argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo em betoneira 400L.	m²	206,65	R\$ 3,00	R\$ 619,96
7.2	Chapisco aplicado tanto em pilares e vigas de concreto como em alvenaria de fachada sem presença de vãos, com rolo para textura acrílica. Argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo em betoneira 400L	m²	103,73	R\$ 3,80	R\$ 394,16
7.3	Emboço para recebimento de cerâmica em argamassa traço 1:2:8, preparo manual, aplicado manualmene em faces internas de paredes de ambientes com área menor que 5m², espessura de 10mm, com execução de taliscas	m²	13,69	R\$ 17,67	R\$ 241,90

7.4	Massa única para recebimento de pintura em argamassa traço 1:2:8, preparo mecanico em betoneira 400L, aplicada manualmente em faces internas de paredes de ambiente maior do que 10m ² , espessura de 10mm	m ²	115,70	R\$ 13,75	R\$ 1.590,85
7.5	Emboço ou massa única em argamassa, traço 1:2:8, preparo mecanico em betoneira 400L, aplicada manualmente em panos cegos de fachada (sem presença de vãos), espessura de 2,5cm	m ²	103,73	R\$ 23,56	R\$ 2.443,81
7.6	Revestimento cerâmico, dimensões 20x20cm para paredes internas	m ²	13,69	R\$ 36,24	R\$ 496,13
7.7	Forro de gesso em placas 60x60cm, espessura 1,2cm, inclusive fixação com arame	m ²	38,49	R\$ 24,79	R\$ 954,17
	TOTAL				R\$ 6.740,98
8	PISOS				
8.1	Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, espessura 2cm, acabamento reforçado	m ²	38,42	R\$ 23,71	R\$ 910,94
8.2	Revestimento cerâmico com placas de dimensões 35x35cm aplicada em ambientes maior do que 10m ² de área	m ²	11,10	R\$ 27,26	R\$ 302,59
8.3	Revestimento cerâmico com placas de dimensões 45x45cm aplicada em ambientes maior do que 10m ² de área	m ²	26,72	R\$ 27,99	R\$ 747,89
8.4	Soleira de mármore branco, largura 15cm, espessura 3cm, assentada sobre argamassa traço 1:4 (cimento e areia)	m	3,66	R\$ 68,64	R\$ 251,22
	TOTAL				R\$ 2.212,64
9	PINTURA				
9.1	Aplicação de fundo selador latex PVA em paredes, uma demão	m ²	238,65	R\$ 1,94	R\$ 462,98
9.2	Aplicação manual de pintura com tinta latex PVA em paredes, duas demãos	m ²	200,16	R\$ 7,18	R\$ 1.437,15
9.3	Aplicação manual de pintura com tinta latex PVA em teto, duas demãos	m ²	38,49	R\$ 7,86	R\$ 302,53
	TOTAL				R\$ 2.202,66
TOTAL DOS CUSTOS DIRETOS					R\$ 35.934,61