



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MANOEL RODRIGO NICODEMOS CANDIDO

**A TECNOLOGIA BIM COMO FERRAMENTA PARA
LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS**

Salvador
2013

Manoel Rodrigo Nicodemos Candido

**A TECNOLOGIA BIM COMO FERRAMENTA PARA
LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS**

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

Orientador: Emerson de Andrade Marques Ferreira

Salvador
2013

“Quem de vós, querendo construir uma torre, não se assenta primeiro e calcula a despesa, para ver se tem bastante para completá-la? Senão, ele talvez lance o alicerce dela, mas não a possa completar, e todos os espectadores comecem a ridicularizá-lo, dizendo: ‘Este homem principiou a construir, mas não pôde terminar’.” – Lucas 14: 28-30

CANDIDO, Manoel Rodrigo Nicodemos. A tecnologia BIM como ferramenta para levantamento de quantitativos. 87 f. il. 2013. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

RESUMO

Este trabalho visa avaliar a aplicação da tecnologia BIM (modelagem de informação da construção) no levantamento de quantitativos de obras civis. Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados à modelagem de informação da construção e ao orçamento na Construção Civil. Após a revisão bibliográfica, foi realizado um estudo de caso que consistiu na quantificação dos serviços de uma obra com a ferramenta BIM. Finalmente, foi feita uma análise dos resultados obtidos que consistiu na comparação dos dados extraídos do modelo virtual com os apresentados pela planilha orçamentária da obra e com os dados de um levantamento manual. Uma estimativa de custo também integrou a análise dos resultados, afim de verificar a diferença entre os custos de acordo com o quantitativo da planilha orçamentária e os custos de acordo com os quantitativos extraídos do modelo virtual. A análise mostrou que a ferramenta BIM pode ser utilizada na quantificação de obras, agregando valor e acelerando o processo de orçamentação.

Palavras-chave: modelagem de informação da construção; BIM; orçamento; levantamento de quantitativos

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custos adicionais incorridos à indústria da construção pela interoperabilidade inadequada, em milhões de dólares. (Adaptado de GALLAGHER <i>et al</i> , 2004 <i>apud</i> EASTMAN <i>et al</i> , 2011).....	12
Tabela 2: Síntese das perdas de interoperabilidade em projetos (Adaptado de JACOSKI, 2004).	20
Tabela 3: Características do padrão R8-N da norma NBR 12721:2006 da ABNT (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2012).	43
Tabela 4: Formulário para levantamento de revestimentos (Adaptado de MATTOS, 2006). .	47
Tabela 5: Custo direto e percentagem do custo total de cada etapa.	60
Tabela 6: Percentagem acumulada das etapas ordenadas do maior para o menor custo direto.	60
Tabela 7: Quantitativos da planilha, do modelo BIM e diferenças relativas.....	65
Tabela 8: Diferenças relativas dos quantitativos extraídos do modelo BIM em relação aos manuais.....	67
Tabela 9: Diferenças entre custos totais.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Limitações dos projetos em 2D. (Adaptado de FERREIRA e SANTOS, 2007)	11
Quadro 2: Nível de precisão de uma estimativa de custo a depender do nível de definição dos projetos (Adaptado de SABOL, 2008).	33
Quadro 3: Nível de detalhe requerido para cada elemento a depender do nível de detalhe desejado para o modelo BIM (Adaptado de BIM 42, 2012).	38
Quadro 4: CUB por m ² da Bahia e CUB médio por m ² do Brasil, janeiro a maio de 2012 (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DA BAHIA, 2012)....	41
Quadro 5: CUB médio por m ² na Região Nordeste, janeiro a maio de 2012 (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2012).	42
Quadro 6: Margens de erro esperadas e elementos técnicos necessários para os diversos tipos de orçamento (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).....	45
Quadro 7: Resumo da metodologia adotada no trabalho.....	54
Quadro 8: Itens que foram modelados na ferramenta BIM.	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: BIM ao longo do ciclo de vida do projeto (Adaptado de NEURAL ENERGY, 2012)	18
Figura 2: Esquema do fluxo de informações em um processo de trabalho considerando-se o IFC como viabilizador da interoperabilidade das informações (LEITE, 2012).	21
Figura 3: Estrutura conceitual de uma família de paredes, com suas dimensões associadas com as condições do meio em que ela está inserida (EASTMAN <i>et al</i> , 2011).	23
Figura 4: Parâmetros associados à modelagem de uma porta no software Autodesk Revit 2013.	24
Figura 5: Diagrama conceitual representando um time de projeto na área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e seus limites organizacionais (Adaptado de EASTMAN <i>et al</i> , 2011).	25
Figura 6: Relação contratual existente entre o proprietário, o projetista e o gerente de contratos da obra no modelo <i>Design-Bid-Build</i> (Adaptado de HASHEM, 2005).	26
Figura 7: Relação operacional existente entre o proprietário, o projetista e o gerente de contratos da obra no modelo <i>Design-Bid-Build</i> (Adaptado de HASHEM, 2005).	27
Figura 8: Comparação entre os modelos <i>Design-Bid-Build</i> e <i>Design-Build</i> (CAPUCHINHO, 2010).	29
Figura 9: Incompatibilidade entre tubulações encontrada através de um software BIM (LOGISEEK, 2012).	31
Figura 10: Extração automática de quantitativos de um modelo BIM (exemplo no <i>software</i> Autodesk Quantity Takeoff 2013).	34
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 (KYMMELL, 2008).	35
Figura 12: Preço médio anunciado do m ² no site de imóveis ZAP, maio de 2012 (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS, 2012).	42
Figura 13: Condição típica de grupos de projeto que utilizam apenas recursos como e-mail para troca de informações (MOURA, 2012).	48
Figura 14: Situação de uma base comum de armazenagem de dados (repositório), onde todos os usuários do sistema podem acessar a mesma informação atualizada do projeto (MOURA, 2012).	49
Figura 15: Erro na estimativa de preço de um projeto em relação ao desenvolvimento do projeto (CARDOSO, 2009).	51
Figura 16: Metodologia do estudo de caso.	56
Figura 17: Planta baixa de arquitetura da casa (Adaptado de GIDUR, 2007).	57
Figura 18: Planta de cobertura da casa (GIDUR, 2007).	58
Figura 19: Corte AA (Adaptado de GIDUR, 2007).	58
Figura 20: Curva ABC de Etapas da obra.	61
Figura 21: Vista renderizada do modelo.	62

Figura 22: Etapa “a” do processo de extração de quantitativos no software Autodesk Revit 2013.	62
Figura 23: Etapa “b” do processo de extração de quantitativos no software Autodesk Revit 2013.	63
Figura 24: Etapa “c” do processo de extração de quantitativos no software Autodesk Revit 2013.	63
Figura 25: Etapa “d” do processo de extração de quantitativos no software Autodesk Revit 2013.	64
Figura 26: Tabela de quantitativos para o serviço de pintura interna extraída do software Autodesk Revit 2013.	64
Figura 27: Tela do <i>software</i> Autodesk Revit 2013, mostrando o quantitativo de materiais para o serviço de alvenaria com blocos de concreto.	66
Figura 28: Terreno antes e depois da aplicação da ferramenta <i>pad</i>	68
Figura 29: Definição da espessura do <i>pad</i>	69
Figura 30: Aspecto geral do Autodesk Quantity Takeoff 2013.....	70
Figura 31: Exportação do modelo para o formato .dwf. (1).....	71
Figura 32: Exportação do modelo para o formato .dwf. (2).....	71
Figura 33: Exportação do modelo para o formato .dwf. (3).....	72
Figura 34: Abertura de novo projeto no Autodesk Quantity Takeoff 2013.	72
Figura 35: Especificação do nome e do caminho da pasta do projeto.....	72
Figura 36: Especificação do sistema de unidades e da moeda.	73
Figura 37: Especificação do arquivo .dwf.	73
Figura 38: Quantificação do modelo.	73
Figura 39: Objetos dentro de uma estrutura analítica de projeto.....	74
Figura 40: Formas de medição dos objetos.	74
Figura 41: Criação do relatório no QTO.	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. JUSTIFICATIVA	13
1.2. OBJETIVO	15
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2. MODELAGEM DE INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO	17
2.1. PRINCIPAIS CONCEITOS DA TECNOLOGIA BIM	19
2.1.1. Interoperabilidade	19
2.1.2. Modelagem paramétrica de objetos	22
2.2. O ATUAL MODELO DE NEGÓCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	24
2.2.1. Modelo <i>Design-Bid-Build</i>	26
2.2.2. Modelo <i>Design-Build</i>	27
2.3. <i>INTEGRATED PROJECT DELIVERY</i>	29
2.4. APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA BIM	30
2.4.1. Compatibilização de projetos	30
2.4.2. Levantamento de quantitativos e estimativas de custo	31
2.4.3. Planejamento e controle da produção	34
2.5. NÍVEL DE DETALHE EM UM MODELO BIM	36
3. ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	39
3.1. ATRIBUTOS DO ORÇAMENTO	39
3.2. TIPOS DE ORÇAMENTO	40
3.2.1. Estimativa de custo ou Orçamento sumário	40
3.2.2. Orçamento preliminar	43
3.2.3. Orçamento analítico ou detalhado	44
3.3. ETAPAS DO CÁLCULO ORÇAMENTÁRIO	46
3.3.1. Cálculo do Custo Direto	46
3.3.2. Cálculo das Despesas Indiretas	46
3.3.3. Cálculo do Benefício	46
3.4. LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS	46
3.5. UTILIDADES DO ORÇAMENTO	49
3.6. LIMITAÇÕES DO ATUAL PROCESSO ORÇAMENTÁRIO	50
4. METODOLOGIA.....	53
5. ESTUDO DE CASO: LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS ATRAVÉS DA FERRAMENTA BIM	55
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA	56
5.2. LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DIRETOS	59
5.3. CURVA ABC DE ETAPAS DA OBRA	60
5.4. CONSTRUÇÃO DO MODELO	61

5.5.	EXTRAÇÃO DOS QUANTITATIVOS	62
5.6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	66
5.6.1.	Precisão e confiabilidade dos quantitativos extraídos do modelo BIM	66
5.6.2.	Estimativa de custos com o BIM	69
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
	REFERÊNCIAS	78
	ANEXO.....	81

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a maioria dos projetos nas suas diversas disciplinas (arquitetônico, estrutural, instalações, etc.) ainda é representada por desenhos bidimensionais. Esses desenhos são utilizados para representar a construção através de cortes, vistas e detalhes, que nem sempre são de fácil entendimento para quem está lidando com eles para a execução de um procedimento ou para o levantamento de um quantitativo.

Apesar dos grandes avanços percebidos desde a década de 80, com o desenvolvimento da tecnologia CAD (*computer-aided design* – desenho assistido por computador), percebe-se que a mesma vem se tornando insuficiente, uma vez que as obras vêm exigindo modelos cada vez mais complexos de representação. Na verdade, o próprio conceito de CAD não trouxe consigo uma revolução nas formas de representação de um projeto, sumariamente o que aconteceu foi a mudança no meio onde o desenho é desenvolvido, passando do papel para o computador.

Dessa forma, os desenhos bidimensionais se mostram com baixa capacidade para coordenar as informações oriundas das diversas partes interessadas de um projeto, pois nessa forma de representar as informações estão diluídas em diversos arquivos independentes, de maneira que a modificação de um deles não gera reflexos nos demais. Os principais resultados dessa má coordenação das informações são dados inconsistentes tais como incompatibilização entre os projetos e levantamentos de quantitativos que muitas vezes não refletem a realidade.

Além disso, de acordo com Ferreira e Santos (2007) os projetos bidimensionais apresentam as seguintes limitações (Quadro 1):

Característica	Descrição	Exemplo
Ambiguidade	A mesma representação pode ser interpretada de mais de uma forma, mesmo que adicionada de notas, símbolos ou esquema, em geral em algum ponto do contexto do desenho pode não ser claramente percebido.	A representação de vigas que estão no mesmo plano ou em níveis diferentes (invertidas), em que essas diferenças são representadas em seções que podem passar despercebidas pelo projetista.
Simbolismo	O objeto é representado por um símbolo cujas dimensões e formas não têm relação com o objeto real que representa.	A indicação dos pontos de elétrica (interruptor, tomada alta ou baixa, etc.) usa símbolos fora da proporção com o objeto real que representam, induzindo o projetista a ignorar as relações espaciais reais.
Omissão	Na tentativa de tornar o desenho mais sintético, são omitidas informações consideradas “óbvias” para o especialista que está projetando. Entretanto, para a análise de outros envolvidos, a informação em geral é desconhecida e, por não estar representada, não é levada em consideração. Também pode ser caracterizar pela omissão	Em um dos problemas identificados, o projetista não representou a peça metálica de fixação do conjunto flexível de água quente e fria do misturador do chuveiro. Para o projetista de hidráulica, era óbvio que aquele conjunto não ficaria no ar. Porém, a interferência com a estrutura para a parede de drywall e a existência de um shaft com tampa

	de uma elevação ou corte necessário para a correta interpretação do projeto.	removível, apertou a instalação dentro do shaft, quando se considerou a peça de fixação dos misturadores.
Simplificação	O projetista simplifica uma determinada representação, alterando o volume real do objeto ilustrado. Este problema é semelhante ao do simbolismo, porém, diferentemente deste, a simplificação guarda algumas relações de forma e dimensão com o modelo real, porém esta característica não as representa explicitamente.	O projetista de hidráulica frequentemente representa como uma simples linha ou curvas as tubulações de água quente e fria. Estas tubulações, em geral, têm diâmetros de 40 ou 50 mm, praticamente a metade da dimensão da tubulação de esgoto (de 100 mm). Em espaços muito restritos, esse tipo de representação sempre compromete a análise das reais ligações entre as diversas peças.
Fragmentação	A fragmentação está relacionada à separação da informação em várias vistas ortográficas (planta, elevação, corte) e pode ser agravada com a eventual representação destas vistas em folhas separadas. O esforço cognitivo é aumentado quando é necessário correlacionar informações representadas em duas vistas diferentes, favorecendo o erro. Esse procedimento é diferente do desenho mecânico, onde as vistas devem sempre ser alinhadas, facilitando a correlação dos detalhes das vistas.	O projetista de elétrica, em um dado projeto, indicou a altura de uma arandela na escada. As vigas da escada nem sempre estão no mesmo nível do pavimento tipo. Para poder compreender o todo e evitar que a arandela acabasse ficando na viga, seriam necessários cortes e ou elevações para o entendimento dos vários níveis.

Quadro 1: Limitações dos projetos em 2D. (Adaptado de FERREIRA e SANTOS, 2007)

Uma melhor coordenação das informações de um projeto requer um modelo que seja capaz de interligar as diversas informações da construção, de maneira que todas elas consigam ser englobadas por um repositório único que carregue todas as informações. Um modelo com tal característica traz à tona a ideia da interoperabilidade, que pode ser definida, dentre outras formas, como: “habilidade de dois ou mais sistemas (computadores, meios de comunicação, redes, software e outros componentes de tecnologia da informação) de interagir e de intercambiar dados de acordo com um método definido, de forma a obter os resultados esperados.” (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2011)

Pensando nos reflexos da falta de interoperabilidade, o NIST (*National Institute of Standards and Technology*), uma agência governamental do Departamento de Comércio dos Estados Unidos, desenvolveu em 2002 um estudo dos custos adicionais incorridos ao construtor pela falta de interoperabilidade (GALLAGHER *et al*, 2004¹ *apud* EASTMAN *et al*, 2011). O estudo envolveu tanto a troca como a coordenação da informação em projetos nos quais os sistemas individuais não eram capazes de acessar e usar a informação importada de outros sistemas. Através desse estudo percebeu-se que na indústria da construção, a incompatibilidade entre sistemas muitas vezes impede que as partes interessadas de um projeto partilhem

¹ GALLAGHER, M. P.; O'CONNOR, A. C.; DETTBARN, J. L., Jr.; GILDAY, L. T. **Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry.** *National Institute of Standards and Technology*, Gaithersburg, MD

informações com rapidez e precisão, fazendo surgir numerosos problemas, dentre os quais estão os custos adicionais. O estudo do NIST englobou projetos de edificações comerciais, industriais e institucionais construídas no ano de 2002 e mostrou que a falta de interoperabilidade naqueles projetos resultou em um custo adicional total de aproximadamente 15,8 bilhões de dólares. A Tabela 1 a seguir detalha esse custo adicional, mostrando as etapas do ciclo de vida do projeto e as partes interessadas às quais esse custo está relacionado:

Tabela 1: Custos adicionais incorridos à indústria da construção pela interoperabilidade inadequada, em milhões de dólares. (Adaptado de GALLAGHER *et al*, 2004 *apud* EASTMAN *et al*, 2011).

Partes interessadas	Fases de Planejamento, Engenharia e Projeto	Fase de Construção	Fases de Operação e Manutenção	Total do custo adicional
Arquitetos e Engenheiros	\$1.007,2	\$147,0	\$15,7	\$1.169,8
Empreiteiros gerais	\$485,9	\$1.265,3	\$50,4	\$1.801,6
Empreiteiros especiais e Fornecedores	\$442,4	\$1.762,2		\$2.204,6
Proprietários e Operadores	\$722,8	\$898,0	\$9.027,2	\$10.648,0
Total	\$2.658,3	\$4.072,4	\$9.093,3	\$15.824,0
Área aplicável (m ²)	99 milhões	99 milhões	3,51 bilhões	N/A
Custo adicional/m²	\$26,85/m²	\$41,13/m²	\$2,59/m²	N/A

Face às limitações da tecnologia CAD no que diz respeito à interoperabilidade e à modelagem paramétrica, conceitos que serão mais aprofundados nesse trabalho, a indústria da construção vem buscando, nos últimos anos, ferramentas que suprissem essas deficiências, no sentido de melhorar a comunicação entre as partes interessadas do projeto ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a concepção até o gerenciamento e a manutenção das instalações. Essa demanda dos construtores conjuntamente com os esforços de pesquisadores culminou no desenvolvimento da tecnologia BIM. O conceito de BIM pode ser definido dentre outras maneiras como: “representação virtual das características físicas e funcionais de uma edificação, por todo o seu ciclo de vida, servindo como um repositório compartilhado de informações para colaboração” (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2012).

Como seu próprio conceito revela, a tecnologia BIM é acima de tudo um esforço voltado no sentido da colaboração entre as partes interessadas de um projeto, de forma a melhorar a coordenação entre as diversas disciplinas do mesmo. Tendo isso em vista, esse trabalho propõe

essa tecnologia como uma alternativa para o levantamento de quantitativos em obras civis, acreditando que o BIM pode fornecer levantamentos quantitativos de forma mais precisa do que aqueles fornecidos pelos métodos tradicionais baseados em planilhas eletrônicas. Além disso, o BIM também será proposto como um meio para reduzir a variabilidade na orçamentação e aumentar a sua velocidade, permitindo que outros cenários de projeto sejam analisados em relação ao custo, sem sobrecarregar a atividade de orçamentação e auxiliando no processo decisório.

Para isso, ao longo desse trabalho será feita uma revisão bibliográfica a respeito dos principais conceitos relacionados com BIM e com orçamentos de obras civis. Além disso, ao final do trabalho será feito um estudo de caso da aplicação da tecnologia BIM para o levantamento de quantitativos de uma obra, mostrando suas potencialidades, suas limitações e comparando os quantitativos obtidos por uma ferramenta BIM com os fornecidos pela planilha orçamentária da obra.

A hipótese deste trabalho é que a utilização do BIM para o levantamento de quantitativos, quando comparado aos métodos tradicionais, tende a facilitar o processo orçamentário em obras de edificações, de duas maneiras principais: gerando levantamentos quantitativos mais precisos e acelerando a atividade de quem está orçando a obra, permitindo a análise de outras alternativas construtivas em relação ao custo e, conseqüentemente, auxiliando na tomada de decisões.

1.1.JUSTIFICATIVA

Segundo MATTOS (2006):

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.

Por ser a base da fixação do preço do projeto, a orçamentação torna-se uma das principais áreas no 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 conseqüentemente seus custos de execução.

Sendo assim, o trabalho de orçar uma obra exige bastante conhecimento, 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 no mesmo. Esse retrabalho tende a tornar o orçamento tradicional impreciso.

Com o orçamento baseado em quantitativos de um modelo BIM é diferente, pois essa tecnologia permite que qualquer alteração seja atualizada de forma automática, uma vez que o modelo contém informações de todos os projetos em um único arquivo. Essa forma de trabalhar além de conferir a este tipo de orçamento uma maior precisão frente ao orçamento tradicional, também permite a exploração de mais alternativas de projeto sem sobrecarregar a atividade de orçamentação, pois as mudanças de escopo do projeto são facilmente ajustáveis em um modelo BIM.

Tendo em vista o que foi exposto acima, este trabalho se justifica como um esforço para apresentar à comunidade da construção a tecnologia BIM, que já vem sendo largamente aplicada nos EUA e em países da Europa desde o final da década de 80, tendo resultados satisfatórios dentre outras áreas, nas seguintes:

- geração de quantitativos mais precisos de materiais e serviços;
- análise de diversos cenários de um projeto do ponto de vista do custo e do planejamento;
- compatibilização de projetos;
- planejamento e controle da produção;
- identificação de conflitos entre atividades e
- estudos do canteiro de obras do ponto de vista da logística e da segurança.

Pelo que foi exposto acima, observa-se que a tecnologia BIM é capaz de agregar valor ao projeto, logo, a indústria da construção brasileira deve buscar cada vez mais se familiarizar com essa ferramenta. Assim, é necessário cada vez mais abandonar a simples representação de elementos construtivos através de linhas, formas e textos e passar a representá-los como uma associação de objetos parametrizados, onde a modificação de um deles reflete no outro. Dessa forma, esse trabalho se faz pertinente para mostrar à comunidade da construção o quanto essa ferramenta é poderosa, principalmente como auxílio na geração de orçamentos mais precisos e confiáveis através da extração automática de quantitativos, objeto de estudo deste trabalho.

1.2.OBJETIVO

O objetivo geral desse trabalho é avaliar a aplicação da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos em obras civis.

Para o alcance do objetivo geral, os objetivos específicos abaixo serão buscados:

1. Conhecer os principais conceitos relacionados ao BIM e suas aplicações na construção civil.
2. Estudar de que forma os levantamentos de quantitativos são realizados tradicionalmente e ver de que forma o BIM pode ser introduzido para melhorar o processo.
3. Aplicar a ferramenta BIM no levantamento de quantitativos de uma obra através de um estudo de caso;
4. Avaliar os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta BIM no levantamento de quantitativos.

A avaliação que será feita nesse trabalho não será do processo como um todo, mas sim da precisão dos quantitativos extraídos com o modelo BIM frente aos quantitativos originais da planilha orçamentária. Os custos levantados serão apenas os custos diretos. Além disso, o estudo da precisão dos quantitativos será feito para o projeto de uma pequena unidade residencial, padrão Minha Casa Minha Vida. Portanto, os resultados obtidos com esse estudo não são necessariamente extensíveis a projetos com características diferentes.

1.3.ESTRUTURA DO TRABALHO

No Capítulo 1 é feita uma introdução rápida à esse trabalho, justificando-o e mostrando seu objetivo geral.

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados à modelagem de informação da construção (BIM), mostrando também algumas das principais aplicações dessa tecnologia na construção civil.

Já o Capítulo 3 consiste de uma revisão bibliográfica sobre o orçamento na construção civil, mostrando os tipos e atributos dos orçamentos, bem como falando das etapas de um orçamento e das limitações do modelo tradicional de orçamento.

O Capítulo 4 apresenta a metodologia utilizada para realizar esse trabalho, falando das fontes e das ferramentas utilizadas e apresentando um quadro-resumo com os objetivos específicos, as ferramentas utilizadas e os resultados esperados para cada fase do trabalho.

O Capítulo 5 apresenta o estudo de caso objeto deste trabalho, onde a ferramenta BIM é aplicada para a extração de quantitativos de uma determinada obra. Esses quantitativos são apresentados e comparados com os quantitativos originais da planilha orçamentária da obra. É feita também uma análise sobre a confiabilidade desses quantitativos.

No Capítulo 6 são feitas as considerações finais do trabalho, comparando os objetivos com os resultados alcançados.

2. MODELAGEM DE INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO

BIM (*Building Information Model* ou *Building Information Modeling*) é um termo que pode ser traduzido tanto como *Modelo de Informação da Construção* quanto *Modelagem de Informação da Construção*.

Existem várias interpretações a respeito do termo, variando a depender do foco que se queira dar.

Pode ser descrito como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção. O BIM é um meio de compartilhamento do conhecimento usado para obter informações sobre uma construção, formando uma base confiável utilizada para a tomada de decisões durante todo o ciclo de vida do projeto, desde a concepção até a demolição. (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2012)

O BIM também pode ser definido como uma tecnologia baseada em um modelo que por sua vez está associado a um banco de dados de informações do projeto. (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS² *apud* WIKIPEDIA, 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.

Para um melhor entendimento do que vem a ser BIM, é necessário também saber, na visão de Eastman *et al* (2011), do que essa tecnologia não se trata:

Modelos que contêm apenas desenhos em 3D e pouco ou nenhum atributo para os objetos. Estes modelos podem ser usados apenas para visualizações gráficas e seus objetos não são inteligentes. Eles são bons para visualização mas fornecem pouco ou nenhum suporte para a integração de dados da construção e análises de projeto. Um exemplo é o aplicativo Google SketchUp, uma ferramenta excelente para o desenvolvimento de desenhos de forma rápida, mas que tem seu uso limitado para outras aplicações uma vez que seus objetos não são inteligentes, contendo apenas a geometria basicamente.

Modelos sem suporte à atualização automática. Nesses modelos os objetos não possuem inteligência paramétrica, isso significa que no modelo eles não interagem entre si. Nesse caso se for feita uma mudança de tamanho de uma esquadria, por exemplo, essa mudança

² AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, C. C., **A working Definition: Integrated Project Delivery**. 2007, McGraw Hill Construction

não refletirá automaticamente na abertura da alvenaria. Grandes alterações nesse tipo de modelo exigem muito esforço dos projetistas, além do mais esses modelos não oferecem nenhuma proteção à criação de dados inconsistentes.

Modelos que são compostos de vários desenhos 2D que são combinados para definir o edifício. Nesses modelos é impossível assegurar que o modelo 3D resultante será fiel, consistente, contável e que seus objetos serão inteligentes.

Modelos que permitem mudanças nas dimensões de uma vista que não são automaticamente refletidas nas demais. Esses modelos dão margem a erros que são muito difíceis de detectar.

O referido autor, que é um dos precursores da tecnologia, ainda deixa a sua contribuição para a formação do conceito, explicando que BIM é uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção. É importante destacar deste último conceito a preocupação do autor em mostrar o BIM não apenas como uma tecnologia, mas também como os processos associados a ela, dando a entender que a adoção dessa tecnologia requer uma reestruturação dos diversos agentes da cadeia construtiva: fornecedores, construtores, projetistas, administradores, incorporadores, etc.

A Figura 1 a seguir é bastante ilustrativa do que vem a ser essa tecnologia e do suporte que ela pode dar aos estudos relativos a um empreendimento durante todo o seu ciclo de vida, desde a concepção até a demolição:

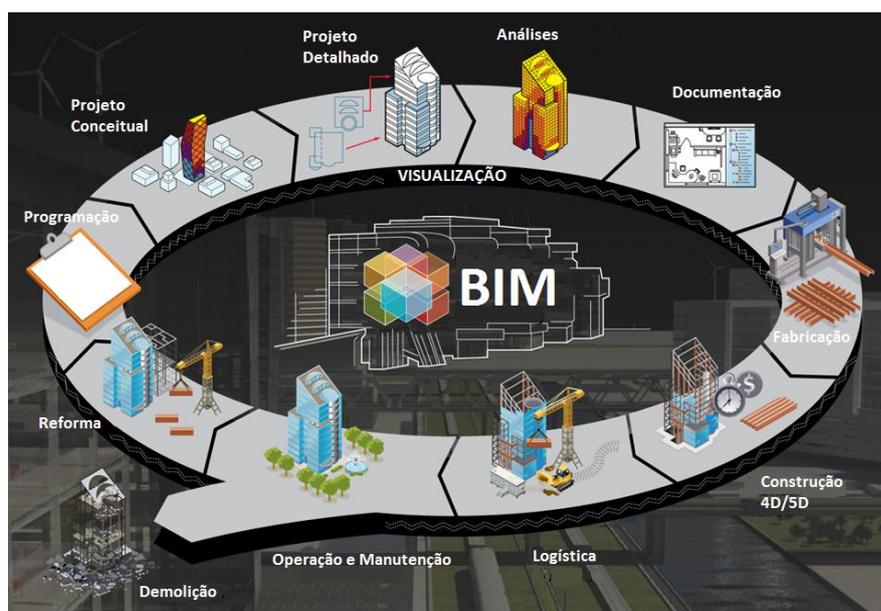


Figura 1: BIM ao longo do ciclo de vida do projeto (Adaptado de NEURAL ENERGY, 2012)

2.1. PRINCIPAIS CONCEITOS DA TECNOLOGIA BIM

Para uma melhor compreensão do conceito de BIM, faz-se necessário a abordagem de seus principais conceitos: interoperabilidade e modelagem paramétrica de objetos. Esses dois conceitos são os mais característicos de um modelo BIM.

2.1.1. Interoperabilidade

A concepção e a construção de uma edificação é uma atividade que envolve um time, esse time é formado por equipes de trabalho tais como: projeto de estruturas, projeto arquitetônico, projeto elétrico, planejamento, custos, etc. Cada uma dessas equipes trabalha com softwares e formatos de arquivo próprios da área, tornando quase impossível a tarefa de consolidar todos os dados da construção em um só arquivo de CAD 2D por 2 motivos. O primeiro deles é porque é impossível representar todos os símbolos de um projeto no plano, uma vez que os símbolos se sobrepõem e o projeto não se torna representativo da construção. O segundo e principal motivo é porque os softwares de uma área geralmente não interagem com a outra, um exemplo disso é a falta de intercâmbio de dados entre um arquivo CAD e um arquivo de um programa de orçamento. Para consolidar todos os dados da construção em um só modelo, é necessário que esse modelo possua a propriedade de integrar os arquivos gerados por cada equipe nas suas respectivas disciplinas, permitindo o intercâmbio de informações entre eles, o nome dessa propriedade é interoperabilidade.

A interoperabilidade pode ser descrita como a habilidade de dois ou mais sistemas (computadores, meios de comunicação, redes, softwares e outros componentes de tecnologia da informação) de interagir e de intercambiar dados de acordo com um método definidos, de forma a obter os resultados esperados. (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2011)

Brunnermeier e Martin (1999)³ *apud* Jacoski (2004) defendem que a interoperabilidade é a capacidade para comunicar dados através de diferentes atividades produtivas. Os autores preconizam que tal propriedade é essencial para a produtividade e a competitividade de muitas indústrias devido à eficiência requerida pelos projetos e a produção, onde o processo conta com uma representação digital do produto e com a participação de diferentes agentes.

³ BRUNNERMEIER, S. B. e MARTIN, S. A. Interoperability Cost Analysis of the US. Automotive Supply Chain. Final Report. **Research Triangle Institute/National Institute for Standards and Technology – NIST**, Mar. 1999.

A interoperabilidade representa uma preocupação das corporações que buscam solucionar a falta de interação entre os registros, ou softwares, que executam diferentes funções. A falta de interoperabilidade no ramo da construção constitui-se um entrave para a consistência das informações em um projeto, porque na migração de um software CAD para um de orçamento, por exemplo, podem ocorrer perdas significativas de informações. (JACOSKI, 2004)

Como foi mostrado anteriormente neste trabalho, a falta de interoperabilidade causa prejuízos financeiros para o ramo da construção, constatação feita a partir do estudo realizado pelo NIST. O problema da falta de interoperabilidade atinge outras cadeias produtivas, como a automobilística. Estudos realizados nos Estados Unidos constataram a perda de 1 bilhão de dólares ao ano devido a este problema. (BRUNNERMEIER e MARTIN, 2002 *apud* JACOSKI, 2004)

Em recente estudo com equipes de projeto, Jacoski (2004) concluiu que as perdas por falta de interoperabilidade podem corresponder a 22,55% do tempo total apropriado para a execução de um projeto, conforme a Tabela 2 sintetiza:

Tabela 2: Síntese das perdas de interoperabilidade em projetos (Adaptado de JACOSKI, 2004).

Tipo de Projeto	Tipo de custos com Interoperabilidade	Tempo despendido (horas)	Tempo de execução do projeto (horas)	Percentual de perda (%)
Arquitetônico	Transferência	10	200	5,00
	Mitigação	15		7,50
	Interrupção	18		9,00
	Outros	20		10,00
Projeto Elétrico	Transferência	4	128	3,13
	Mitigação	8		6,25
	Interrupção	8		6,25
	Outros	4		3,13
Projeto Estrutural	Transferência	4	160	2,50
	Mitigação	9		5,63
	Interrupção	9		5,63
	Outros	4		2,50
Projeto Hidro-Sanitário	Transferência	8	160	5,00
	Mitigação	8		5,00
	Interrupção	12		7,50
	Outros	10		6,25
TOTAL GERAL DAS PERDAS MÉDIAS DOS PROJETOS				22,55 %

Pensando nas vantagens trazidas pela interoperabilidade, empresas da indústria da construção dos Estados Unidos começaram a discutir maneiras de como incorporar

efetivamente esse conceito no setor. Essas discussões culminaram na criação da IAI (*International Alliance for Interoperability*) em 1993.

Hoje existem 9 sedes da IAI espalhadas pelo mundo: Reino Unido, Estados Unidos, Países Nórdicos, Japão, Coréia, Austrália, Cingapura, Alemanha e França.

A missão da IAI é definir, publicar e promover especificações para classes de objetos da indústria da construção. Seu objetivo é disponibilizar e promover uma especificação para distribuição de dados, compatível em todos os processos e produtos. Em outras palavras, o que a IAI buscou criar foi um novo modelo de distribuição de dados para os aspectos construtivos, sejam eles reais (portas, paredes, etc.) ou abstratos (espaço, organização, processos, etc.). O desenvolvimento dessas especificações pela IAI resultou na criação de um formato, o IFC (*Industry Foundation Classes*). (JACOSKI, 2004)

O IFC é um formato de arquivo de dados voltado para o objeto, ele se baseia na definição de várias classes que podem representar elementos, processos, aparências, entre outros aspectos utilizados por cada aplicativo no desenvolvimento de um modelo. É também um formato de código aberto, não proprietário, que serve como uma linguagem comum para a troca de informações entre modelos produzidos em diversos softwares (LEITE, 2012). Uma ideia do formato IFC pode ser vista na Figura 2:

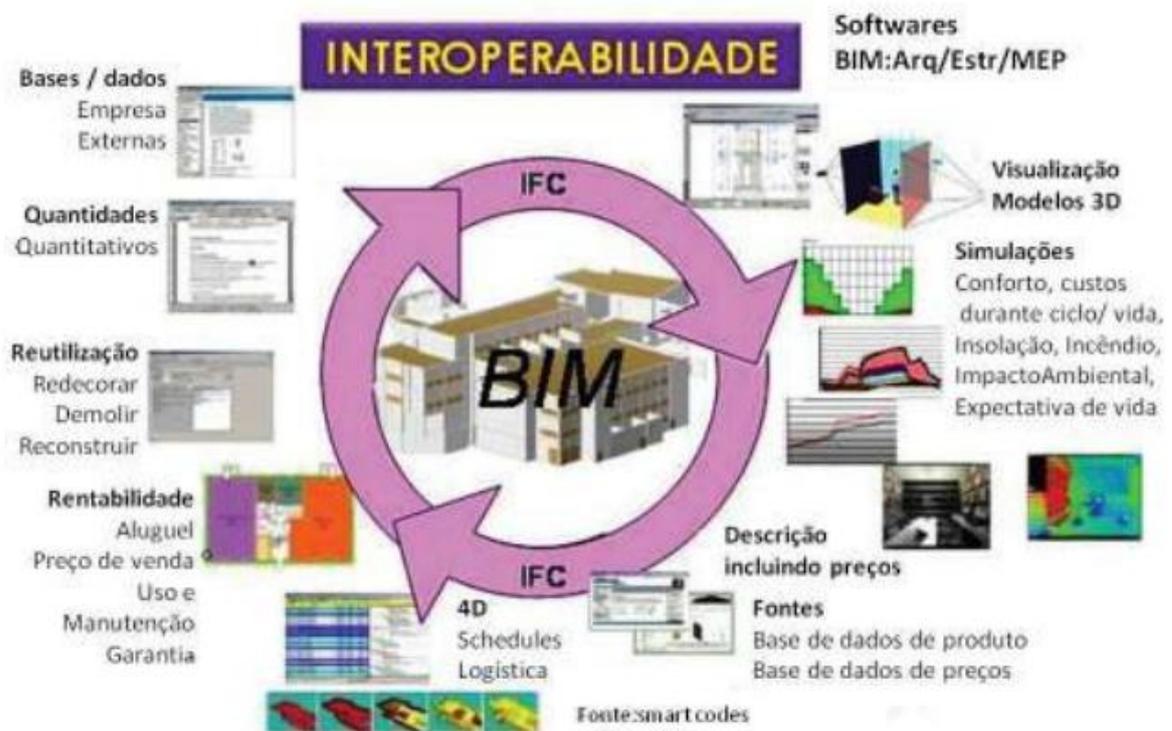


Figura 2: Esquema do fluxo de informações em um processo de trabalho considerando-se o IFC como viabilizador da interoperabilidade das informações (LEITE, 2012).

2.1.2. Modelagem paramétrica de objetos

A modelagem paramétrica de objetos é um dos principais conceitos que diferenciam uma aplicação BIM de uma aplicação CAD. Nesse tipo de modelagem os objetos não são representados por geometrias e propriedades fixas. Ao invés disso, os objetos são representados por parâmetros e regras que determinam a geometria bem como outras propriedades que não são geométricas. As regras e os parâmetros podem ser expressões que se relacionam com outros objetos, permitindo assim que os objetos sejam atualizados automaticamente de acordo com as modificações feitas nos demais. (EASTMAN *et al*, 2011)

Na modelagem paramétrica, as regras e parâmetros de cada objeto definem o seu comportamento, que é como esse objeto irá se atualizar diante das modificações do contexto em que ele se encontra. Uma janela, por exemplo, que em uma aplicação CAD seria representada por algumas linhas, em uma aplicação BIM será representada por um conjunto de parâmetros e regras além da sua geometria. Uma das regras que definem uma janela é o fato de que ela deve estar sempre associada a uma parede. Dessa forma, algumas aplicações BIM não permitem que uma janela seja inserida isoladamente em um modelo.

Enquanto que nas tradicionais aplicações CAD todos os aspectos da geometria de um objeto devem ser editados manualmente, a forma e a geometria de um objeto em um modelador paramétrico irá se ajustar automaticamente às mudanças feitas no contexto no qual ele está inserido. Nesse sentido, a edição é feita com base nas regras usadas para definir o objeto. (EASTMAN *et al*, 2011)

Um exemplo do que foi dito é mostrado na Figura 3, onde uma parede é mostrada, bem como suas relações, seus atributos e seus parâmetros. As setas representam as relações que essa parede tem com os objetos adjacentes. A Figura 3 pode definir não só uma parede, mas uma família de paredes, uma vez que várias paredes podem ser geradas em diferentes posições, variando-se apenas os parâmetros.

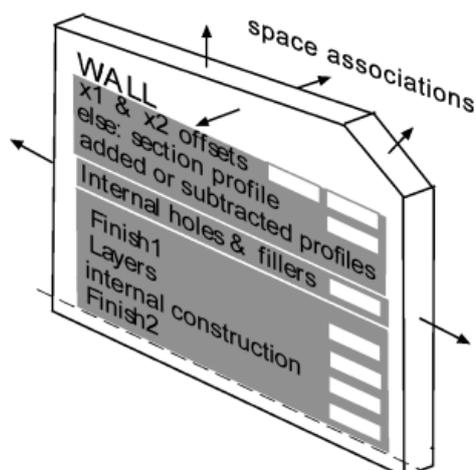


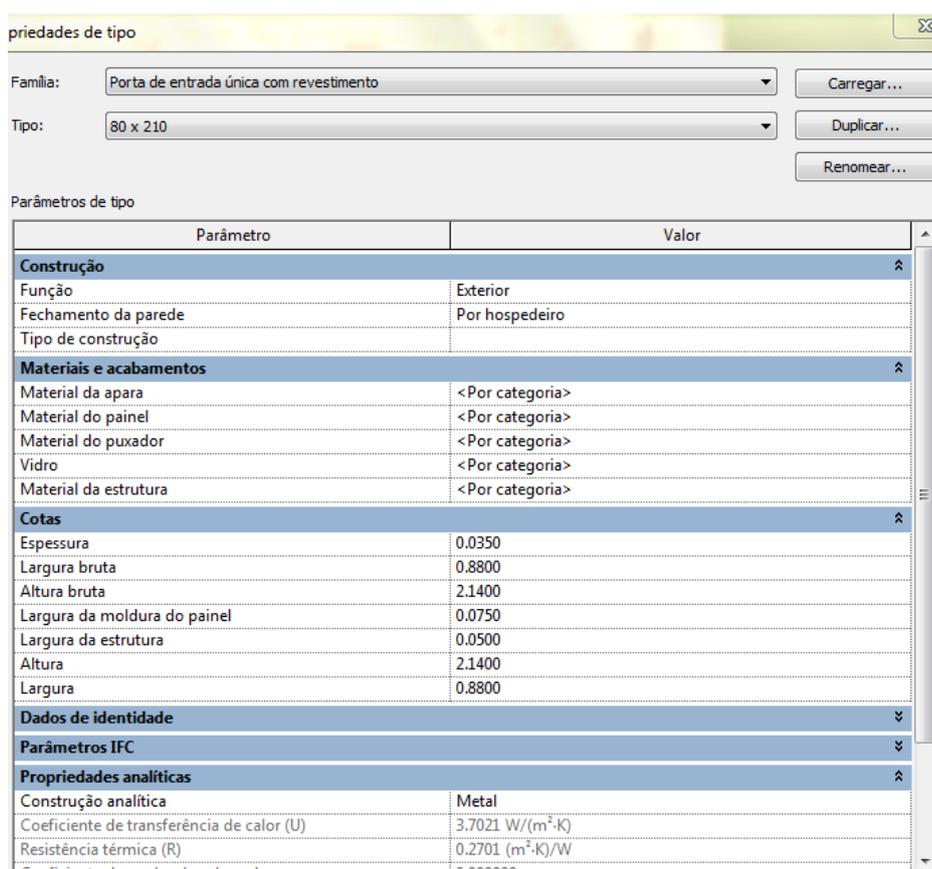
Figura 3: Estrutura conceitual de uma família de paredes, com suas dimensões associadas com as condições do meio em que ela está inserida (EASTMAN *et al*, 2011).

Seguem abaixo os principais parâmetros usados no desenvolvimento de objetos em um modelo BIM de acordo com Weygant (2011). Existem diversos outros parâmetros, mas a maioria dos objetos da construção utiliza no mínimo esses:

- **Comprimento:** os parâmetros dimensionais como comprimento permitem que um nome seja associado a uma dimensão, ao invés de somente um valor. Um outro benefício desse parâmetro é a capacidade de converter unidades de sistemas diferentes automaticamente. O software pode ser programado para converter unidades de outros sistemas para o sistema internacional (SI), por exemplo, dessa forma se um objeto que foi desenvolvido através de medidas em polegadas for carregado dentro de um modelo que está trabalhando no sistema métrico, a conversão se dará de maneira automática para o sistema métrico.
- **Área:** esse parâmetro é essencial para levantamentos de quantitativo e estimativas com o modelo. Em muitos casos esse parâmetro é automaticamente determinado, mas em outros casos o usuário deve desenvolver uma forma de calculá-lo automaticamente através das dimensões paramétricas do objeto.
- **Ângulo:** parâmetros de ângulo e inclinação permitem ao usuário criar uma dimensão que pode identificar uma inclinação ou ângulo, ou alterar a orientação de um objeto em relação ao seu entorno. Esse tipo de parâmetro é comumente utilizado para a modelagem de telhados.
- **Texto:** esse tipo de parâmetro permite a atribuição de qualquer valor para qualquer atributo do objeto. É recomendado utilizá-lo apenas para informações que não são usadas pelo software para fazer qualquer tipo de análise.

- **Hyperlinks:** parâmetros de hiperlink permitem ao usuário criar um link dinâmico entre o modelo e uma informação externa, uma planilha eletrônica por exemplo. Dessa forma, uma atualização na planilha refletirá automaticamente no modelo.

A Figura 4 mostra uma série de parâmetros que podem ser definidos para a modelagem de uma porta no software Autodesk Revit 2013:



The image shows the 'Propriedades de tipo' (Type Properties) window in Autodesk Revit 2013. It displays the family 'Porta de entrada única com revestimento' and the type '80 x 210'. Below this, a table lists various parameters and their values, organized into categories like 'Construção', 'Materiais e acabamentos', 'Cotas', and 'Propriedades analíticas'.

Parâmetro	Valor
Construção	
Função	Exterior
Fechamento da parede	Por hospedeiro
Tipo de construção	
Materiais e acabamentos	
Material da apara	<Por categoria>
Material do painel	<Por categoria>
Material do puxador	<Por categoria>
Vidro	<Por categoria>
Material da estrutura	<Por categoria>
Cotas	
Espessura	0.0350
Largura bruta	0.8800
Altura bruta	2.1400
Largura da moldura do painel	0.0750
Largura da estrutura	0.0500
Altura	2.1400
Largura	0.8800
Dados de identidade	
Parâmetros IFC	
Propriedades analíticas	
Construção analítica	Metal
Coefficiente de transferência de calor (U)	3.7021 W/(m²·K)
Resistência térmica (R)	0.2701 (m²·K)/W
Coefficiente de emissão de radiação	0.900000

Figura 4: Parâmetros associados à modelagem de uma porta no software Autodesk Revit 2013.

2.2.O ATUAL MODELO DE NEGÓCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente, os processos do modelo de negócios na construção civil se encontram fragmentados, dessa forma, por exemplo, os projetos das várias disciplinas (estrutural, instalações, arquitetônico, etc.) são feitos isoladamente. Para piorar a situação, a comunicação nesse modelo de negócios ainda se dá majoritariamente por papel, meio principal no qual os projetos se encontram documentados. Erros e omissões nesses papéis causam problemas de comunicação que se convertem em custos imprevistos e atrasos nas obras. Dentre os esforços para lidar com esses problemas se encontram: estruturas organizacionais alternativas tais como o modelo *design-build*, uso de tecnologias para o compartilhamento de informações do projeto em tempo real e a implementação de ferramentas CAD 3D. Apesar desses métodos terem melhorado a troca de informações, eles pouco fizeram no sentido de reduzir a gravidade e a

frequência dos conflitos causados por projetos documentados em papel ou em meio equivalente. (EASTMAN *et al*, 2011)

Um dos problemas mais comuns associados com a comunicação baseada em projetos 2D, durante a fase de concepção do projeto, é o tempo e o custo necessários para gerar informações importantes, tais como estimativas de custo, análise da utilização de energia, detalhes estruturais, etc. Quando essas análises ficam disponíveis, o projeto muitas vezes já se encontra parcialmente executado, sendo tarde demais para se fazer grandes mudanças. Devido a isso, o método da *engenharia de valor* muitas vezes é utilizado para resolver as inconsistências. Porém, esse método muitas vezes compromete o projeto original. (EASTMAN *et al*, 2011)

Não é fácil gerir o processo de comunicação na construção civil, uma vez que a maioria dos projetos envolvem dezenas de empresas, milhares de pessoas e inúmeros documentos. A Figura 5 ilustra os principais membros de uma equipe de projeto, suas organizações e suas interações:



Figura 5: Diagrama conceitual representando um time de projeto na área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e seus limites organizacionais (Adaptado de EASTMAN *et al*, 2011).

A literatura internacional fala de 2 modelos básicos de contratação de obras: *design-bid-build* (DBB) e *design-build* (DB). Esses modelos são facilmente identificáveis nas obras brasileiras e serão abordados a seguir.

2.2.1. Modelo *Design-Bid-Build*

Nesse modelo de contratação, a empresa cliente contrata primeiramente um projetista (*designer*) qualificado através de um contrato de serviço. Juntamente com o cliente, o projetista desenvolve o projeto básico e esboça as especificações do projeto pretendido de acordo com os critérios estabelecidos pelo cliente. O projeto básico e as especificações são então melhor desenvolvidos pelo projetista e se transformam em um conjunto de desenhos detalhados da obra, as especificações técnicas, e os documentos de contrato. Estes documentos e projetos são examinados, quantificados e precificados por empresas qualificadas (licitantes). (HASHEM, 2005)

A empresa que fornece a melhor proposta ganha o contrato para a construção do empreendimento, tornando-se a empreiteira. A responsabilidade do gerente de contratos é implementar o projeto de acordo com toda a documentação fornecida pelo cliente e também respeitar o prazo estipulado para a construção. (HASHEM, 2005)

Nesse modelo de contratação, existem 2 tipos de relação entre o cliente, o projetista e o gerente de contratos: contratual e operacional.

Na relação contratual existem 2 contratos individuais: entre o cliente e o projetista, e entre o cliente e o gerente de contratos, não havendo portanto uma relação contratual entre o projetista e o gerente de contratos. Dessa forma, a responsabilidade e os riscos associados ao projeto são fragmentados e compartilhados, de modo não necessariamente uniforme, pelo gerente de contratos, pelo projetista e pelo cliente. A Figura 6 ilustra esse tipo de relação:

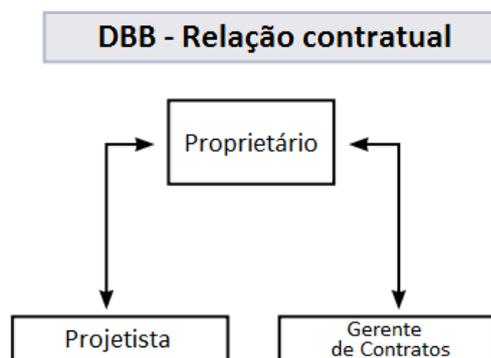


Figura 6: Relação contratual existente entre o proprietário, o projetista e o gerente de contratos da obra no modelo *Design-Bid-Build* (Adaptado de HASHEM, 2005).

Apesar de não existir nenhuma relação contratual entre projetista e gerente de contratos, há uma relação operacional direta entre eles que se desenrola por todo o período do contrato. A relação operacional entre projetista e gerente de contratos é limitada às responsabilidades

descritas pelo projetista para o gerente de contratos como administrador do contrato ou do projeto. A relação operacional simplesmente demonstra o papel do projetista durante a construção como um canal de revisão da informação presente no contrato, intérprete de questões relativas ao projeto e árbitro de possíveis disputas. (HASHEM, 2005). A Figura 7 a seguir ilustra essa relação:



Figura 7: Relação operacional existente entre o proprietário, o projetista e o gerente de contratos da obra no modelo *Design-Bid-Build* (Adaptado de HASHEM, 2005).

O modelo tradicional de contratação de obras no Brasil (*design-bid-build*), é um processo no qual muitos conflitos devem ser gerenciados. Isso acontece porque projeto e construção são feitos separadamente neste modelo, sendo assim a empresa responsável pela execução (implementação) do projeto pode usar as dificuldades construtivas do projeto como um meio para aumentar seu lucro, enquanto a equipe que elaborou o projeto pode afirmar veemente que o problema não se encontra no desenho. Esse tipo de ruído na comunicação tende a ser evitado no modelo *design-build*, já que neste as partes (construtores e projetistas) estão alinhadas, o que resulta em um contrato mais convergente do que o tradicional em relação aos objetivos tanto do cliente como do contratado. (CAPUCHINHO, 2010)

2.2.2. Modelo *Design-Build*

Nesse tipo de modelo, a empresa contratada (ou consórcio de empresas) centraliza a gestão de todo o empreendimento, se responsabilizando pela contratação tanto da equipe técnica (projetistas) quanto dos construtores, bem como pela relação entre eles na elaboração do projeto e no andamento da obra. (CAPUCHINHO, 2010)

O modelo *design-build* presta-se bem para a transferência do risco e da responsabilidade, pois nele o cliente contrata apenas um fornecedor, o projetista associado ao construtor. É dessa maneira que ele vem sendo mais utilizado no Brasil, sendo procurado por clientes que estão

pouco interessados na construção, mas sim na eficiência do edifício em operação. (CAPUCHINHO, 2010)

A integração entre o arquiteto e o engenheiro no modelo *design-build* é essencial. Eles devem conversar e negociar os melhores processos, materiais e tecnologias não apenas para satisfazer a demanda do cliente, mas também para conseguir cumprir o prazo e o custo. Em entrevista à revista *Construção&Mercado*, o professor Sílvio Melhado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo aponta que “o arquiteto tem maior comprometimento com o resultado da obra e passa a ter muito mais responsabilidade com o custo da construção, pois no mercado tradicional ele não pensa no custo da obra”. (CAPUCHINHO, 2010)

Capuchinho (2010) apresenta algumas razões para se contratar pelo modelo *design-build*:

- os custos tendem a ser reduzidos por conta da inteligência no processo;
- os prazos tendem a ser mais curtos: a contratação da construtora é feita antes da conclusão do projeto, eliminando etapas; e os problemas em canteiro são minimizados por conta das soluções de projeto realizadas em parceria entre projetistas e construtores;
- o controle fica centralizado: um único gerente de contratos concentra diversos contratos – diferencial para projetos muito grandes ou muito complexos;
- a obra ganha em inovação: como a construtora participa do projeto, as equipes conseguem conceber soluções que só o dia a dia na obra pode apontar;
- os clientes reclamam menos: um estudo de causas processuais feito pela consultoria de riscos americana Victor O. Schinnerer mostra que apenas 1,3% dos processos contra arquitetos ou engenheiros nos Estados Unidos foram iniciados por contratantes de *design-build*.

A Figura 8 apresenta uma comparação entre o *design-bid-build*, usado majoritariamente no Brasil, e o *design-build*, bastante difundido nos EUA:

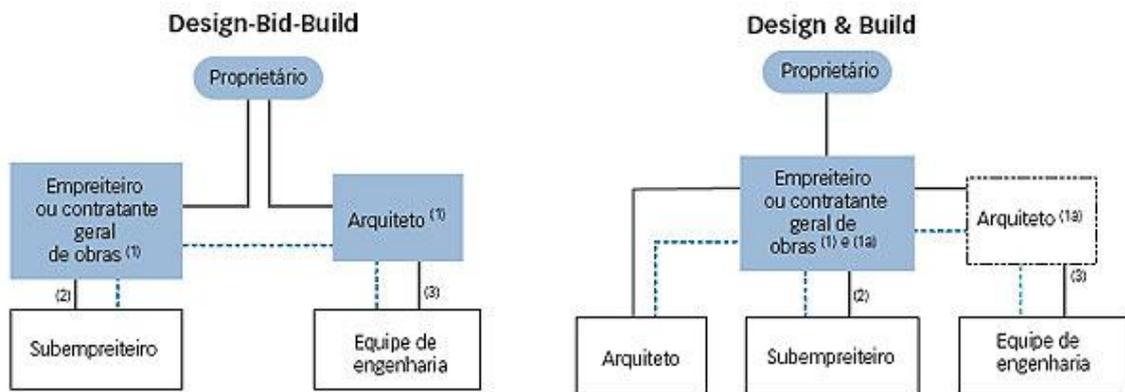


Figura 8: Comparação entre os modelos *Design-Bid-Build* e *Design-Build* (CAPUCHINHO, 2010).

Ferramentas de simulação da construção como o BIM (*Building Information Modeling*) são diferenciais para garantir agilidade no modelo *design-build*. Conforme a tecnologia vai avançando, fica mais fácil iniciar a construção sem que haja empecilhos no meio do caminho por conta de falhas de projeto. Além de simular a construção, os softwares também são capazes de simular a operação. (CAPUCHINHO, 2010)

2.3. INTEGRATED PROJECT DELIVERY

Integrated Project Delivery (IPD) é uma abordagem de entrega de projetos que integra pessoas, sistemas, estruturas empresariais e práticas num processo que, de forma colaborativa, aproveita os talentos e ideias de todos os participantes para otimizar os resultados do projeto, aumentar o lucro, reduzir gastos e maximizar a eficiência ao longo de todas as fases do projeto, da fabricação e da construção. (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007)

As abordagens tradicionais de entrega de projetos e contratação de obras contemplam o que a literatura chama de pacotes de responsabilidade. Esses pacotes fragmentam a responsabilidade, na medida que cada participante fica responsável por um subproduto da obra, fazendo com que as responsabilidades entrem em conflito eventualmente.

O IPD preconiza uma responsabilidade global de todos os participantes do projeto, abandonando a ideia dos pacotes de responsabilidade e exigindo mais cooperação e alinhamento entre as *stakeholders* para que o projeto como um todo tenha sucesso.

De acordo com o Instituto Americano de Arquitetos, os princípios norteadores do *Integrated Delivery Project* são os seguintes (AUTODESK, 2013):

- 1) Respeito mútuo e confiança
- 2) Benefícios e recompensas mútuas

- 3) Inovação colaborativa e Tomada de decisão
- 4) Envolvimento dos participantes-chave nas fases iniciais do Projeto
- 5) Definição da meta global o mais cedo possível
- 6) Planejamento intensificado
- 7) Comunicação aberta
- 8) Tecnologia apropriada
- 9) Organização e liderança

O BIM é uma das mais poderosas ferramentas que auxilia o IPD, uma vez que pode combinar, dentre outras coisas, as informações do projeto, da fabricação e da construção em um banco de dados, fornecendo uma plataforma para a colaboração ao longo do projeto e da construção da edificação. (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007)

O modelo de contratação *Design-Bid-Build* não fornece muitas oportunidades para a aplicação do IPD, pois a sua estrutura não permite um cedo envolvimento do construtor na elaboração dos projetos. (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007)

2.4. APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA BIM

A tecnologia BIM pode ser aplicada para otimizar os processos ao longo de toda cadeia produtiva da construção, permeando todo o seu ciclo de vida. A seguir são mostradas algumas das principais aplicações:

2.4.1. Compatibilização de projetos

Atualmente, um grande problema enfrentado pelos gerentes de contratos de obras é a coordenação de projetos. Com o uso de desenhos 2D, a detecção de conflitos é realizada de forma manual pela sobreposição dos desenhos individuais de cada sistema (elétrico, hidráulico, arquitetônico, estrutural, etc.). Esse método manual é lento, impreciso, custoso e requer projetos bem atualizados.

A compatibilização de projetos com o uso de ferramentas 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 9 mostra uma incompatibilidade identificada através de um software BIM. No caso abaixo, as tubulações estão se cruzando:

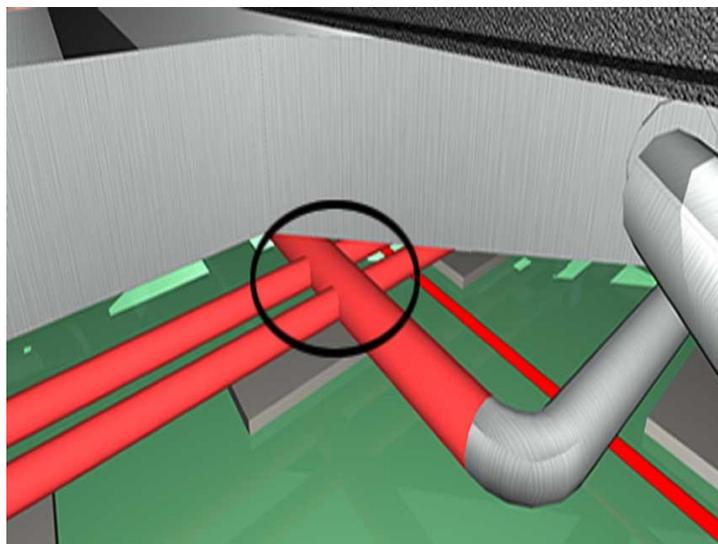


Figura 9: Incompatibilidade entre tubulações encontrada através de um software BIM (LOGISEEK, 2012).

A detecção de incompatibilidades através de um modelo BIM permite que os projetistas e construtores verifiquem e corrijam interferências entre sistemas específicos, como as interferências entre o sistema estrutural e as instalações hidráulicas, por exemplo. 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 de incêndio não está sendo respeitada, por exemplo. Mas esses tipos de análises só são possíveis em modelos bem definidos e estruturados.

Independentemente 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)

Pode acontecer que pequenos erros de modelagem gerem incompatibilidades no modelo que não se converterão em problemas durante a construção. Essas incompatibilidades podem ser facilmente identificadas e ignoradas. Por outro lado, se o nível de detalhe for insuficiente, um número significativo de problemas não será detectado antes da construção.

2.4.2. Levantamento de quantitativos e estimativas de custo

Até pouco tempo atrás, os levantamentos de quantitativos eram feitos a partir da determinação manual de medidas, contagem de objetos e cálculo de áreas e volumes. Como todas as atividades humanas, esses levantamentos manuais estão cercados de erros e demandam

tempo. Modelos BIM possuem objetos que podem ser facilmente contados e suas áreas e volumes podem ser facilmente calculados quase que de forma instantânea. (EASTMAN *et al*, 2011)

A tecnologia BIM oferece grandes possibilidades devido a sua capacidade de fornecer um modelo digital que pode ser compartilhado por todas as partes interessadas durante todo o ciclo de vida da edificação, desde a confecção de projetos preliminares 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)

As estimativas de custos da construção geralmente começam com a quantificação, que é um processo de contagem de componentes extraídos de desenhos impressos ou em CAD. Depois da quantificação, os orçamentistas utilizam métodos que variam desde planilhas eletrônicas até aplicativos específicos para a produção da estimativa de custo do projeto. Segundo Sabol (2008) esse processo é suscetível a erros humanos que geram inconsistências que se propagam por toda a estimativa. O autor ainda acrescenta que a quantificação é uma atividade que ocupa bastante o orçamentista, demandando de 50 a 80% do seu tempo em um projeto.

Com o uso da tecnologia 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, o BIM fornece suporte para todo o ciclo de vida, dessa forma é possível gerar estimativas de custo para qualquer fase: construção, operação, demolição, etc.

É importante ressaltar que uma estimativa de custo será mais ou menos precisa a depender do nível de detalhe em que se encontra o modelo BIM. O Quadro 2 relaciona o nível de precisão de uma estimativa de custo com a percentagem de definição do modelo que ela exige:

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)	+30% 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

Quadro 2: Nível de precisão de uma estimativa de custo a depender do nível de definição dos projetos (Adaptado de SABOL, 2008).

Para Eastman *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 dos diversos cômodos, número de vagas de estacionamento, custo unitário por m², etc. Na medida que o modelo vai se desenvolvendo mais, quantitativos 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 custos, é desejável que todas as partes interessadas do projeto estejam envolvidas, a fim de analisar a construtibilidade do projeto e verificar alternativas técnicas que impliquem na redução de custo.

A Figura 10 mostra um exemplo de extração automática de quantitativos a partir de um modelo BIM:

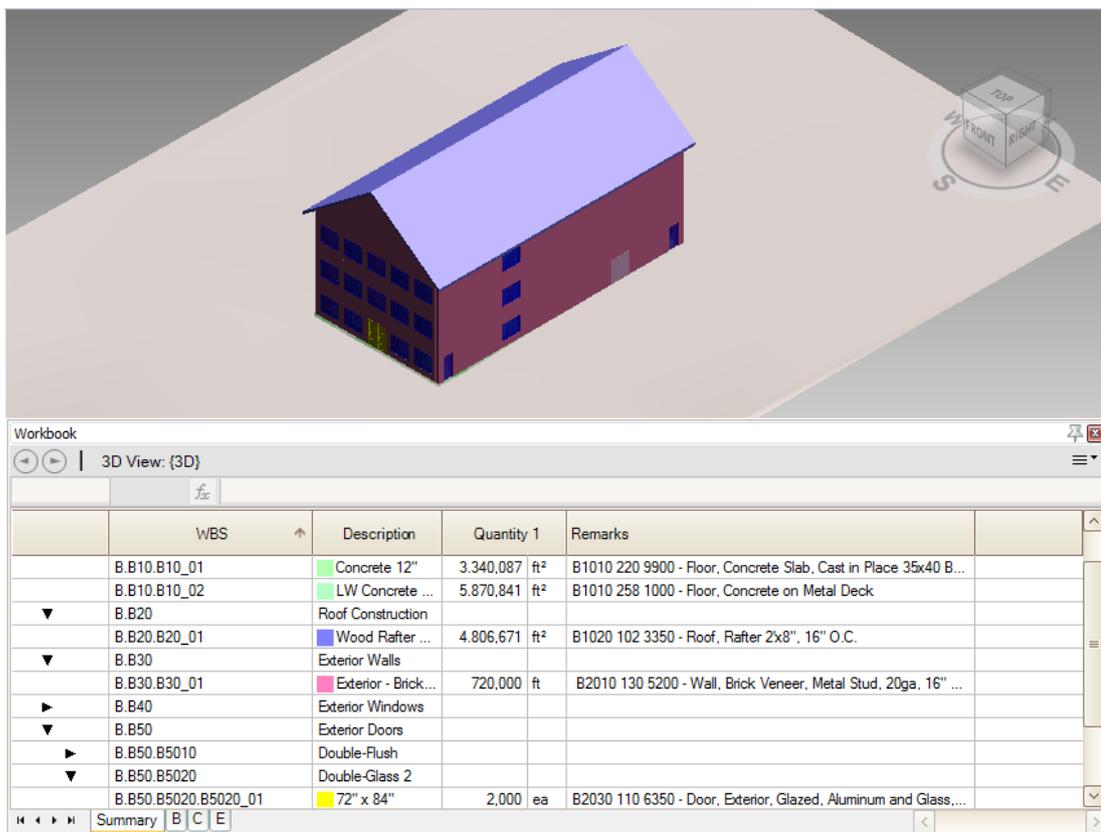


Figura 10: Extração automática de quantitativos de um modelo BIM (exemplo no *software* Autodesk Quantity Takeoff 2013).

2.4.3. Planejamento e controle da produção

O planejamento da produção envolve o sequenciamento de atividades no espaço e no tempo, levando em consideração os contratos, os recursos, as restrições espaciais e outras preocupações. Os gráficos de Gantt são usados tradicionalmente para planejar projetos, mas se mostram incapazes de mostrar como certas atividades estão configuradas espacialmente. Atualmente, os profissionais da área de planejamento costumam utilizar softwares como o Microsoft Project e o Primavera, da Oracle, que se baseiam em redes PERT e no método do caminho crítico, para criar o calendário de atividades para um determinado projeto. (EASTMAN *et al*, 2011)

Os métodos tradicionais, no entanto, não capturam adequadamente a configuração espacial dos componentes da construção relacionados com as atividades e não ligam o modelo da construção com as informações do seu planejamento. Isso faz com que o planejamento pelo método tradicional careça de importantes informações sobre a logística do canteiro de obras, por exemplo.

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

A integração do planejamento com modelos BIM vem sendo realizada para tentar superar as limitações do tradicional método de planejamento. A partir dessa integração é possível pré-visualizar a configuração espacial da construção no decorrer do tempo, o que não era possível tradicionalmente. A Figura 11 exemplifica isso.

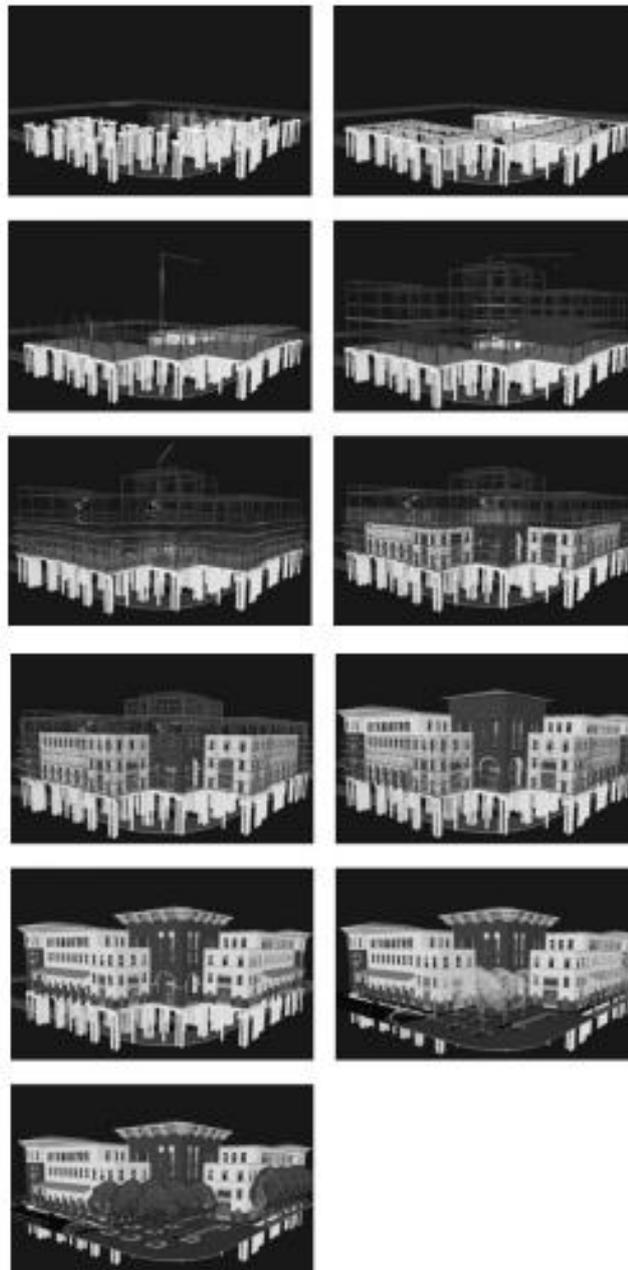


Figura 11: Sequência construtiva do prédio de serviços estudantis da Universidade do Estado da Califórnia, criada por alunos do terceiro semestre de uma turma de BIM (KYMMELL, 2008).

Essa pré-visualização da construção no tempo abre novos horizontes para a área de planejamento e controle da produção, dando ricas informações para estudos de logística do canteiro de obras, por exemplo.

2.5. NÍVEL DE DETALHE EM UM MODELO BIM

Segundo Kymmell (2008), um modelo é uma abstração da realidade, sendo que o tipo e o nível de detalhe requerido para um determinado modelo ser útil dependerá da finalidade do modelo e do nível de compreensão das pessoas que utilizarão o modelo. 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 BIM Vico Software 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, 2012):

- Quanto preciso o modelo deve ser detalhado?
- 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 E-202: *Building Information Modeling Protocol Exhibit*, que dividiu os níveis de desenvolvimento de um modelo em 5 categorias, cada categoria descreve os elementos que devem estar presentes no modelo, o correspondente estado de desenvolvimento do projeto e para quais finalidades os modelos podem ser utilizados, a depender do seu nível de desenvolvimento (*level of development* – LOD).

O instituto divide os níveis de desenvolvimento em 5 categorias:

1) **LOD 100: Projeto conceitual**

O modelo representa basicamente a geometria da construção, incluindo áreas, volumes, orientação, entre outros aspectos. Esse modelo pode ser utilizado para análises de eficiência energética e de incidência solar.

2) **LOD 200: Desenvolvimento do projeto**

Nesse nível de desenvolvimento, todos os sistemas são modelados com suas dimensões genéricas, locação, aproximação e quantidades aproximadas. Um modelo com esse nível de desenvolvimento pode ser utilizado para estudos de performance 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 os projetos.

4) **LOD 400: Informações sobre fabricação**

Em um modelo com esse nível de desenvolvimento, todos os elementos são modelados com 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 de *As-Built*. Nesses modelos, os elementos são representados com todas informações técnicas necessárias para manutenção e gerenciamento das instalações.

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 no modelo. Para isso, a criação desses níveis de desenvolvimento incluiu também a criação do Quadro 3, que define o nível de detalhamento requerido para cada elemento a depender do nível de desenvolvimento ou fase do projeto. (BIM 42, 2012)

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 <i>As-Built</i>
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 tabelas	Armadura detalhada	Modelo <i>As-Built</i>
	Estrutura de Concreto	<i>Layout</i> básico do sistema com dimensões aproximadas	Espessuras de laje, detalhes típicos de armaduras e tabelas com as armaduras típicas	<i>Layout</i> das lajes, mostrando a armadura como anotações	Armadura detalhada	Modelo <i>As-Built</i>
	Concreto Pré-moldado	<i>Layout</i> básico e detalhes típicos	Espessura e <i>layout</i> dos elementos	<i>Layout</i> dos elementos, mostrando a armadura como anotações	Elementos pré-moldados modelados com a armadura	Modelo <i>As-Built</i>
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 <i>As-Built</i>

Quadro 3: Nível de detalhe requerido para cada elemento a depender do nível de detalhe desejado para o modelo BIM (Adaptado de BIM 42, 2012).

Adotar o nível de detalhe mais adequado para cada situação requer experiência de todo 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 ao seu propósito como uma simulação. (KYMMELL, 2008)

A maneira como um determinado objeto será modelado dependerá das informações que os projetistas buscam desse objeto no modelo. Por exemplo, uma porta pode ser lançada no modelo como um conjunto de peças (folha da porta, aduela, fechadura, etc.) ou cada um dos seus componentes podem ser modelados separadamente. A escolha de uma alternativa ou outra vai depender do que se pretende com a modelagem daquele objeto, se o que se pretende é apenas quantificar as portas, o projetista deverá optar pela primeira alternativa (modelar a porta como um conjunto).

3. ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Gonzáles (2008), o orçamento, na sua visão tradicional, é uma previsão do custo ou preço de uma obra. Na visão do autor o preço da construção de uma obra é igual ao custo acrescido da margem de lucro, ou seja, $C + L = P$. Porém, em alguns segmentos da construção civil, o grande número de empresas concorrentes faz com que o preço seja dado pelo mercado, de forma que o cliente ou contratante pesquisa preços previamente e negocia a contratação com base nesta pesquisa. Neste caso a lógica do preço se torna reversa ($P - C = L$), sendo assim, a empresa deve pensar em minimizar os seus custos, a fim de obter o lucro máximo. O autor ainda diz que o orçamento deve ser executado antes do início da obra, para possibilitar o estudo ou planejamento prévios, mas também reforça a importância do orçamento para o controle da obra durante o seu decorrer.

Já Losso (1995)⁴ *apud* Soares (1996), define orçamento como a descrição pormenorizada dos materiais e operações necessários para realizar uma obra. Segundo o autor, para o orçamento ser executado, o orçamentista deve levar em consideração todos os detalhes possíveis que podem implicar custos para a obra. Esses detalhes estão desdobrados em vários documentos tais como: projetos, especificações, manuais técnicos, manuais de procedimentos, memoriais descritivos, etc. Ainda segundo o autor, o orçamento é peça central no gerenciamento da construção civil.

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. Ainda segundo o autor muito estudo deve ser feito para que não existam lacunas e nem considerações descabidas no orçamento, uma vez que o orçamento é feito antes da construção do produto.

3.1. ATRIBUTOS DO ORÇAMENTO

De acordo com Mattos (2006), são três os principais atributos do orçamento: aproximação, especificidade e temporalidade.

⁴ LOSSO, I. R. **Utilização das Características Geométricas da Edificação na Elaboração de Estimativas Preliminares de Custos:** estudo de caso em uma empresa de construção. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 1995.

A aproximação está ligada às incertezas envolvidas no processo orçamentário, essas incertezas estão relacionadas à mão-de-obra, aos materiais, aos equipamentos e aos custos indiretos. Por mais que todas as variáveis intervenientes em um projeto sejam levadas em conta, haverá sempre uma estimativa associada, logo o orçamento não será exato, porém o mesmo deve ser preciso.

A especificidade se refere ao aspecto singular de todo orçamento. Por mais que um projeto seja fisicamente igual a outro, seus orçamentos são distintos em decorrência de variáveis relacionadas com a política da empresa tais como: quantidade de cargos de supervisão, padrão do canteiro de obras, grau de terceirização de serviços, taxa de administração central cobrada da obra para cobrir parte dos custos do escritório central da empresa, necessidade de empréstimos para fazer a obra, etc. Além das variáveis relacionadas com a política da empresa, as seguintes variáveis locais reforçam o aspecto singular do projeto e do seu orçamento: clima, características do terreno, profundidade do lençol freático, tipo de solo, condições de acesso ao local da obra, qualidade da mão-de-obra e dos subcontratantes da região, impostos, dentre outros fatores.

Já a temporalidade é o atributo que faz com que o orçamento sofra variações ao longo do tempo. Essas variações podem ser decorrentes de variações no custo dos insumos, da criação ou alteração de impostos e encargos sociais e trabalhistas, da evolução dos métodos construtivos e dos diferentes cenários financeiros e gerenciais.

3.2. TIPOS DE ORÇAMENTO

A literatura não é unânime sobre a classificação dos orçamentos, a seguir serão apresentados os tipos de orçamento segundo a classificação de Mattos (2006) que leva em consideração o grau de detalhamento do orçamento.

3.2.1. Estimativa de custo ou Orçamento sumário

É uma forma de orçamento aproximada, usada quando se está realizando o planejamento preliminar do empreendimento, a fim de obter o custo da obra através do produto das áreas de construção por custos unitários por m². Para o caso específico de obras de edificações, o parâmetro mais utilizado é o Custo Unitário Básico (CUB), o que não impede que as construtoras criem outros índices baseados em custos de obras anteriores. (MATTOS, 2006)

O CUB/m² foi criado em dezembro de 1964, através da Lei Federal 4.591. Essa lei determina em seu art. 54 que:

Art. 54: Os sindicatos estaduais da indústria da construção civil ficam obrigados a divulgar mensalmente, até o dia 5 de cada mês, os custos unitários de construção a serem adotados nas respectivas regiões jurisdicionais, calculados com observância dos critérios e normas a que se refere o inciso I, do artigo anterior.

A referida Lei Federal ainda diz no seu art. 53 que cabe à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborar a Norma que estabelece a metodologia a ser adotada pelos Sinduscons de todo o país para o cálculo do CUB/m². Atualmente essa norma é a NBR 12721 (Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios). Essa norma conceitua CUB como o custo por metro quadrado de construção 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 base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2006)

O Quadro 4 mostra a evolução do CUB/m² da Bahia e do CUB/m² Médio do Brasil (média do CUB/m² de todos estados) de janeiro a maio de 2012:

ANO	CUSTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (NBR 12721:2006)							
	CUB Médio Brasil				CUB BAHIA (PADRÃO R-8N)			
	Total				Total			
	Valor R\$/m ²	Variação (%)			Valor R\$/m ²	Variação (%)		
no mês		no ano	12 meses	no mês		no ano	12 meses	
jan/12	943,91	0,76	0,76	7,37	942,54	0,34	7,99	6,92
fev/12	946,59	0,28	1,05	7,07	943,66	0,12	8,12	5,71
mar/12	954,13	0,8	1,86	7,13	973,4	3,15	11,52	4,53
abr/12	957,98	0,4	2,27	7,13	975,39	0,2	11,75	4,42
mai/12	971,04	1,36	3,66	6,35	981,79	0,66	12,48	4,89

Quadro 4: CUB por m² da Bahia e CUB médio por m² do Brasil, janeiro a maio de 2012 (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DA BAHIA, 2012).

Já o Quadro 5 mostra a evolução do CUB/m² da Região Nordeste no mesmo período:

CUB Médio Região Nordeste					
Ano	Mês	Valor em R\$/m²	Variações %		
			Mês	Acumuladas	
				Ano	12 meses
2012	Jan	863,04	0,89	0,89	8,45
2012	Fev	864,25	0,14	1,04	7,28
2012	Mar	878,18	1,61	2,66	7,26
2012	Abr	885,19	0,80	3,48	7,74
2012	Mai	894,53	1,06	4,58	7,09

Quadro 5: CUB médio por m² na Região Nordeste, janeiro a maio de 2012 (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2012).

Observa-se pela análise dos dois quadros, que o CUB/m² da Bahia é maior que a média brasileira e também maior que a média da Região Nordeste. Confrontando-se os dados dos quadros acima com a Figura 12, infere-se que na cidade de Salvador a margem de lucro na venda dos imóveis costuma ser mais baixa do que em outras capitais brasileiras:

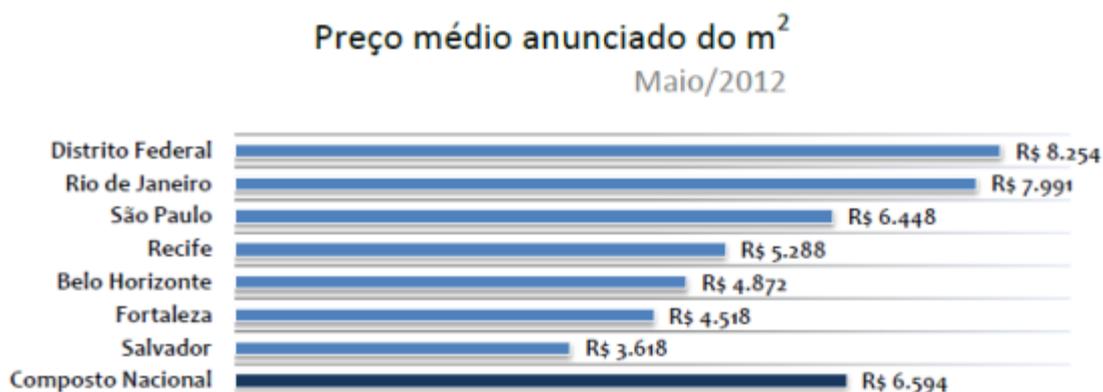


Figura 12: Preço médio anunciado do m² no site de imóveis ZAP, maio de 2012 (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS, 2012).

Logo, é notória a preocupação das empresas construtoras que atuam em Salvador com a diminuição dos custos da construção, a fim de obterem uma maior margem de lucro.

É importante ressaltar que para o cálculo do CUB/m² faz-se necessário a adoção de um projeto-padrão dentre os listados na NBR 12721:2006. No caso da Bahia e majoritariamente entre os estados brasileiros, o adotado foi o R8-N, que tem suas características mostradas na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Características do padrão R8-N da norma NBR 12721:2006 da ABNT (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS, 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, <i>hall</i> de entrada, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: <i>Hall</i> 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

No cálculo do CUB/m² não são considerados os seguintes itens: fundações, paredes-diafragma, tirantes, rebaixamento de lençol freático; elevadores, equipamentos e instalações, tais como: fogões, aquecedores, bombas de recalque, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão; instalação e regulamentação do condomínio; entre outros serviços.

Além do CUB vários outros parâmetros podem ser utilizados na elaboração de orçamentos sumários, tais como: Custo Unitário PINI de Edificações, Custo de Urbanização – Avaliação de Glebas, SINAPI (CAIXA), indicadores da Fundação Getúlio Vargas, dentre outros.

Esse tipo de orçamento geralmente é utilizado no início do ciclo de vida do projeto, mais especificamente nos estudos de viabilidade, quando o projeto arquitetônico ainda se encontra na fase de anteprojeto e os demais projetos complementares ainda estão por fazer. Devido à carência de especificações técnicas nessa fase, o orçamento por estimativa de custo é pertinente para pelo menos dar uma ideia do custo total da construção, a fim de dar prosseguimento aos estudos de viabilidade.

3.2.2. Orçamento preliminar

Esse tipo de orçamento também é baseado em índices históricos, mas, diferentemente do orçamento sumário, os índices que compõem esse orçamento não são índices oficiais ou econômicos, mas sim índices obtidos de obras anteriores pela constatação do construtor. Dentre esses índices podemos citar: espessura média de concreto, taxa de aço, taxa de fôrma, etc.

O orçamento preliminar possui um grau de incerteza menor em relação ao orçamento sumário (ou estimativa de custo), pois se trabalha com uma quantidade maior de indicadores. (MATTOS, 2006)

Geralmente utiliza-se deste tipo de orçamento para se ter uma ideia mais específica dos custos de uma obra, ou seja, para saber qual a percentagem de participação de cada etapa da obra no custo final. Com esse desdobramento dos custos, dá para se ter uma ideia do cronograma financeiro da obra.

O ideal é utilizar esse tipo de orçamento apenas quando não se tem informações mais concretas dos serviços da obra, pela carência de projetos executivos. Porém, não são raras as vezes em que as empresas se utilizam dessa ferramenta ou até mesmo arbitram preços para participar de licitações públicas, devido ao curto espaço de tempo entre a publicação do edital e a concorrência. De acordo com Mattos (2006), já ocorreu do construtor arbitrar os preços dos serviços e, depois de ter assinado o contrato da obra, perceber que o preço era inviável pela ocorrência de situações tais como: estrutura de concreto com pé-direito alto (o que exige muito mais escoramento), local da obra de difícil acesso, etc.

3.2.3. Orçamento analítico ou detalhado

Os autores não são unânimes na nomenclatura desse tipo de orçamento. Alguns afirmam que orçamento analítico e detalhado são equivalentes (MATTOS, 2006). Outros dizem que o orçamento analítico seria o orçamento detalhado conjugado com as informações sobre o planejamento da obra (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003). O orçamento analítico ou detalhado, quando organizado segundo a lógica de produção adotada no planejamento, é também chamado de orçamento operacional.

Esse tipo de orçamento é formado por uma relação extensiva dos serviços e atividades a serem executados em uma obra (GONZÁLEZ, 2008). Nessa espécie de orçamento, os preços unitários são obtidos através de composição de custos. A composição de custos traduz basicamente as proporções dos diversos insumos (materiais, horas-homem, horas de equipamentos, etc.) necessários para a execução de 1 unidade (m^2 , m^3 , unidade, etc.) de um determinado serviço ou atividade.

Além do custo dos serviços (custo direto), também são computados nesse tipo de orçamento os custos de manutenção de canteiro de obras, de equipes técnica, administrativa e de suporte da obra, taxas e emolumentos, etc. (custos indiretos).

Os custos indiretos juntamente com a taxa de administração central, com os imprevistos e contingências, com o lucro e com os impostos compõem o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas). O BDI é um índice utilizado para diluir os custos indiretos sobre os custos diretos, uma vez que não existe local para explicitar esses custos na planilha

orçamentária. Dessa maneira, o costume é multiplicar todos os custos unitários por $(1 + \text{BDI})$, essa soma compõe um fator multiplicador popularmente chamado de *kapa*.

Dentre os 3 tipos de orçamento apresentados, o analítico é o mais preciso, porém não há que se falar em exatidão, uma vez que todo orçamento será em regra aproximado. A aproximações do orçamento analítico estão embutidas nas composições de custos, visto que não se tem certeza dos rendimentos dos materiais e das produtividades dos operários e dos equipamentos. Também encontra-se aproximação nos custos indiretos, pois os mesmos não são determinados com exatidão, até porque alguns deles variam em função da duração da obra que pode não ser a duração planejada.

De acordo com Avila, Librelotto e Lopes (2003), as seguintes margens de erro são esperadas para os diversos tipos de orçamento (Quadro 6). As Avaliações correspondem ao Orçamento sumário anteriormente apresentado, as Estimativas correspondem ao Orçamento preliminar já citado. Os outros 3 tipos de orçamento apresentados no Quadro 6 se relacionam com a ideia do Orçamento analítico.

Tipo	Margem de erro	Elementos técnicos necessários
Avaliações ☺	De ± 30 a ± 20 %	Área de construção; Padrão de acabamento; Custo Unitário de obra semelhante; Ou Custos Unitários Básicos;
Estimativas ☺	De ± 20 a ± 15 %	Anteprojeto ou projeto indicativo; Preços unitários de serviços de referência; Especificações genéricas; Índices físicos e financeiros de obras semelhantes;
Orçamento expedito ☺	De ± 15 a ± 10 %	Projeto executivo; Especificações sucintas, mas definidas; Composições de preços de serviços genéricas; Preços de Insumos de referência;
Orçamento detalhado ⊗	De ± 10 a ± 5 %	Projeto executivo; Projetos complementares; Especificações precisas; Composições de preços de serviços específicas; Preços de insumos de acordo com a escala de serviço;
Orçamento analítico ⊗	De ± 5 a ± 1 %	Todos os elementos necessários ao orçamento detalhado mais o planejamento da obra;

Quadro 6: Margens de erro esperadas e elementos técnicos necessários para os diversos tipos de orçamento (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).

De acordo com os autores, quanto mais detalhado o orçamento, mais esforço ele exigirá para ser feito. Esse esforço é ilustrado no Quadro 6 pelos símbolos juntos a cada tipo de orçamento.

3.3. ETAPAS DO CÁLCULO ORÇAMENTÁRIO

Tisaka (2006) diz que o orçamento de obras na Construção Civil é composto pelas seguintes etapas de cálculo:

3.3.1. Cálculo do Custo Direto

Nessa etapa são levadas em consideração despesas com material e mão-de-obra que serão incorporados ao estado físico da obra. Além dessas, também são consideradas despesas com a administração local, com a instalação do canteiro de obras, bem como as operações de mobilização e desmobilização.

3.3.2. Cálculo das Despesas Indiretas

Já aqui estão inclusas as despesas que não são incorporadas à obra, mas são necessárias para sua execução, a exemplo dos impostos, taxas e contribuições.

3.3.3. Cálculo do Benefício

Nessa etapa é composto o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), que é uma taxa que pode ser aplicada aos preços unitários dos serviços de maneira uniforme ou não, de forma que os mesmos levem em consideração o lucro esperado pelo construtor, a taxa de despesas comerciais e a reserva de contingência.

3.4. LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Essa etapa está dentre as mais importantes no orçamento, já que nela são definidos os quantitativos de serviços para a realização da obra (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003). Uma vez que os serviços se desmembram, dentre outros fatores, em material e mão-de-obra, pode-se perceber que o levantamento de quantitativos além de dar suporte ao setor financeiro da empresa, dá também suporte na elaboração do planejamento da obra, pois fornecerá a quantidade de horas-homem necessária para a execução dos serviços e a partir disso as equipes serão dimensionadas.

Para Mattos (2006), essa é uma das fases que mais exige intelectualmente do orçamentista, demandando do mesmo leitura de projeto, cálculos de áreas e volumes, tabulação de número, consulta de tabelas de engenharia, etc. No modelo atualmente adotado pela maioria

das empresas, o profissional que orça a obra extrai dimensões de comprimentos e áreas de projetos que representam a realidade tridimensional da obra em um plano bidimensional. Essas mensurações manuais apresentam erros e são extremamente ineficientes; quanto maior for a edificação maior será o erro apresentado devido à sua propagação (CICHINELLI, 2011).

As medidas extraídas das mensurações manuais dos projetos 2D são utilizadas para alimentar planilhas de levantamento de quantitativos como a seguinte (Tabela 4):

Tabela 4: Formulário para levantamento de revestimentos (Adaptado de 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

Ainda em relação ao tradicional modelo de orçamento outra ineficiência pode ser apontada. Esta se dá pelo fato desse processo estar relacionado com uma má coordenação dos projetos das várias disciplinas (arquitetura, estrutural, instalações, etc.), nesse tipo de coordenação cada projetista (P) arquiva as informações do projeto em seu próprio repositório (R), sendo assim, nem sempre os demais projetistas são avisados em relação às alterações do projeto. Isso de certa forma contribui para a imprecisão dos levantamentos de quantitativos do modelo tradicional de orçamento, uma vez que quem está levantando muitas vezes irá mensurar itens que foram alterados em outros projetos e não foram devidamente comunicados. A Figura 13 ilustra esse tipo de coordenação de projetos:

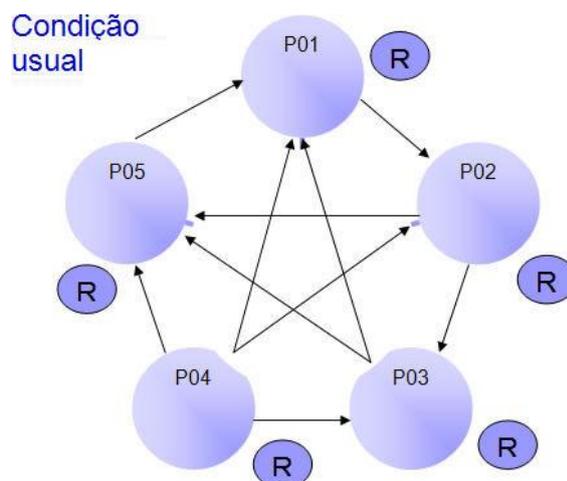


Figura 13: Condição típica de grupos de projeto que utilizam apenas recursos como e-mail para troca de informações (MOURA, 2012).

Atualmente já existem ferramentas que automatizam o processo de extração de quantitativos de projetos representados em 2D, essas ferramentas se baseiam em rotinas AutoLisp (variação da linguagem Lisp para o Autocad) e de programas em Visual Basic. As rotinas em AutoLisp auxiliam na contagem de blocos no Autocad, sendo muito útil para o levantamento de peças unitárias tais como: conexões, parafusos, conectores, dispositivos elétricos, dispositivos hidráulicos, etc. Se os blocos estiverem parametrizados no Autocad, essas rotinas também são capazes de extrair dados como área e perímetro.

As ferramentas citadas no parágrafo anterior ajudam a resolver o problema do grande tempo perdido na fase de quantificação do orçamento, liberando o orçamentista para outros estudos. Porém, são poucas as empresas que possuem essa ferramenta, que depende de uma pessoa experiente e que saiba programar para implementá-la, visto que não são ferramentas facilmente comercializadas. Outro inconveniente é que essas ferramentas não resolvem o problema da má coordenação de projetos citado anteriormente, uma vez que os projetos continuarão a ser produzidos dentro do repositório de informações de cada disciplina; se houver uma mudança em um projeto de uma disciplina que impacte em uma outra, surgirão quantitativos inconsistentes.

A tecnologia BIM surge como uma oportunidade de melhoria na fase de quantificação do orçamento, dentre tantos outros benefícios em outras áreas. Essa tecnologia permite que o processo de quantificação seja automatizado, uma vez que os objetos (porta, janela, alvenaria, etc.) dentro de um modelo BIM são parametrizados, ou seja, guardam consigo além das características geométricas, outros parâmetros relacionados à sua construção. Além disso, o fato dos objetos serem parametrizados significa que os mesmos dependerão não apenas de suas

próprias características, mas também de características de outros objetos. Por exemplo: em um modelo BIM quando o pé-direito é modificado as paredes são automaticamente ajustadas para aquele pé-direito. Isso faz com que as mudanças feitas em um determinado objeto sejam refletidas nos demais, eliminando os problemas de inconsistências entre os projetos e melhorando a coordenação da informação. Mas para que isso aconteça, é necessário que as partes interessadas trabalhem em cima de um repositório único de informações como na Figura 14, aproveitando toda a potencialidade da tecnologia:

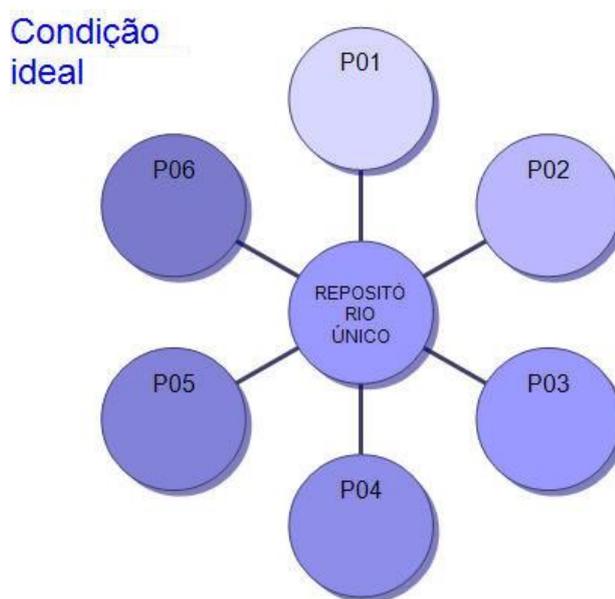


Figura 14: Situação de uma base comum de armazenamento de dados (repositório), onde todos os usuários do sistema podem acessar a mesma informação atualizada do projeto (MOURA, 2012).

3.5.UTILIDADES DO ORÇAMENTO

A determinação do preço final de venda de uma obra não constitui o objetivo principal de um orçamento, visto que este pode ser de grande valia para outras atividades, dando subsídio para diversas aplicações. (XAVIER, 2008)

Estão relacionadas a seguir algumas dessas aplicações de acordo com Mattos (2006):

- **Levantamento dos materiais e serviços** – a descrição e quantificação dos materiais e serviços ajudam o construtor a planejar as compras, identificar fornecedores, estudar formas de pagamento e analisar metodologias executivas;
- **Obtenção de índices para acompanhamento** – é com base nos índices de utilização de cada insumo (mão-de-obra, equipamento, material) que o construtor poderá realizar uma comparação entre o que orçou e o que está efetivamente

acontecendo na obra. Os índices servem também como metas de desempenho para as equipes de campo;

- **Dimensionamento de equipes** – a quantidade de homem-hora requerida para cada serviço serve para a determinação da equipe. A partir do índice, determina-se o número de trabalhadores para uma dada duração do serviço;
- **Capacidade de revisão de valores e índices** – o orçamento pode ser facilmente recalculado a partir de novos preços de insumos e índices de produção. Para isso, basta que os campos de valores sejam alterados, pois todo o restante é produto de operações aritméticas simples;
- **Realização de simulações** – cenários alternativos de orçamento com diferentes metodologias construtivas, produtividades, jornadas de trabalho, lucratividade, etc.;
- **Geração de cronogramas físico e financeiro** – o cronograma físico retrata a evolução dos serviços ao longo do tempo. O cronograma financeiro quantifica mensalmente os custos e receitas desses mesmos serviços – é a distribuição temporal dos valores;
- **Análise da viabilidade econômico-financeira** – o balanço entre os custos e as receitas mensais fornece uma previsão da situação financeira da obra ao longo dos meses.

3.6.LIMITAÇÕES DO ATUAL PROCESSO ORÇAMENTÁRIO

Segundo o Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas – IBRAOP (2012), as margens de erro de um orçamento devem-se a erros na quantificação de serviços e a imprecisões nas estimativas de preços. As imprecisões em um orçamento podem ser atribuídas a dois grupos de fatores.

O primeiro grupo diz respeito à própria natureza do orçamento, que sempre será uma estimativa do preço final do projeto, em outras palavras pode-se dizer que a incerteza é um fator intrínseco à natureza do orçamento. Para exemplificar o primeiro grupo é oportuno citar que as composições de custo em um orçamento são baseadas em uma produtividade média do operário da construção civil, sendo que no caso real essa produtividade pode variar dependendo de condições tais como: região, clima, processo construtivo, organização do canteiro, etc.

Já o segundo grupo está relacionado com a maneira como o orçamento é executado. No caso tradicional brasileiro, nota-se a elaboração de várias versões do orçamento a depender da fase em que o projeto se encontra.

As fases de detalhamento do projeto podem ser divididas em: anteprojeto (1), projeto básico (2), projeto executivo (3) e *as built* (4), tendo Cardoso (2009) relacionado o erro na estimativa de preço de um projeto, para cada uma das fases, conforme a Figura 15:

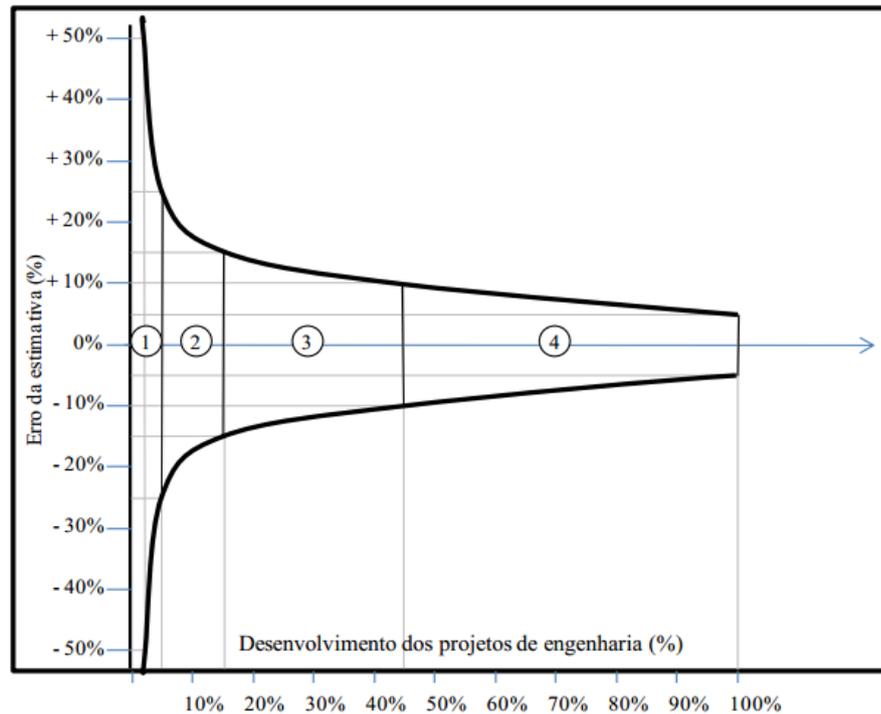


Figura 15: Erro na estimativa de preço de um projeto em relação ao desenvolvimento do projeto (CARDOSO, 2009).

Percebe-se pelo gráfico que quanto mais detalhado estiver o projeto, maior será a precisão do orçamento relacionado a ele. Logo, espera-se que os orçamentos baseados em projetos executivos sejam mais precisos em relação àqueles baseados em projetos básicos ou anteprojeto. Ainda em relação ao gráfico, conclui-se que mesmo na fase de *as built* do projeto o orçamento possui imprecisões, que podem ser relacionadas ao primeiro grupo de fatores (incertezas intrínsecas ao orçamento).

A maneira como os serviços são quantificados no orçamento também se encontra no segundo grupo de fatores que geram imprecisão no mesmo. Como dito anteriormente neste trabalho, a maioria dos orçamentos ainda é baseada em quantificações manuais de serviços.

Nesse sentido, o BIM representa uma oportunidade de melhoria para o processo orçamentário na construção civil, pois a partir de um modelo em BIM os quantitativos podem ser extraídos de maneira automática, essa quantificação será mais ou menos refinada a depender

do grau de detalhamento do modelo. Além disso, um modelo BIM dá suporte a estimativas de custos de um projeto nas diversas fases do seu ciclo de vida. Dessa forma, estimativas mais ou menos detalhadas podem ser obtidas a depender da fase em que se encontra o projeto e do detalhamento do mesmo.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização desse trabalho consistiu, inicialmente, numa revisão bibliográfica a respeito dos conceitos e aplicações da modelagem de informação da construção e do orçamento na construção civil, com foco na etapa de levantamento de quantitativos. Para essa revisão, foi utilizada uma vasta literatura que consistiu de teses, dissertações, monografias, artigos e livros. Essas fontes foram encontradas escritas em língua inglesa na sua grande maioria, portanto, alguns termos foram traduzidos para a realidade brasileira, a fim de garantir uma melhor compreensão desse trabalho.

Após a revisão bibliográfica, foi realizado um estudo de caso com o objetivo de aplicar a ferramenta BIM no levantamento de quantitativos de uma determinada obra. A planilha orçamentária da obra, juntamente com o índice de serviços do SINAPI, serviram para a construção da curva ABC de etapas da obra em questão. A partir da curva ABC foi possível verificar quais etapas da obra perfaziam, acumuladamente, 80% do custo direto total da obra, para que o modelo virtual fosse construído com um nível de detalhe tal que agregasse, no mínimo, os serviços dessas etapas.

Depois da construção da curva ABC das etapas e da determinação do nível de detalhe requerido para o modelo, o mesmo foi desenvolvido no software Autodesk Revit 2013. Com o modelo construído, foi realizada a extração dos quantitativos dos serviços desejados, através do próprio Revit 2013 e do Autodesk Quantity Takeoff 2013.

Após a extração dos quantitativos dos serviços, foi feita uma análise sobre os dados apresentados com a utilização da ferramenta BIM, comparando com os da planilha orçamentária. O Quadro 7 sintetiza a metodologia adotada nesse trabalho, seus objetivos, as atividades realizadas e os resultados esperados para cada uma delas:

OBJETIVO GERAL	Avaliar a aplicação da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos em obras civis.		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METODOLOGIA		
	ATIVIDADES	FERRAMENTAS	RESULTADOS ESPERADOS
Conhecer os principais conceitos relacionados ao BIM e suas aplicações na construção civil.	Revisão bibliográfica sobre BIM	Artigos, monografias, teses, dissertações, livros, etc.	Conhecimento dos principais conceitos relacionados com a tecnologia BIM e enxergar de que forma eles podem ser aplicados na construção civil.
Estudar de que forma os levantamentos de quantitativos são realizados tradicionalmente e ver de que forma o BIM pode ser introduzido para melhorar o processo.	Revisão bibliográfica sobre o orçamento na construção civil.	Artigos, monografias, teses, dissertações, livros, etc.	Conhecimentos sobre o orçamento na construção civil, como o levantamento de quantitativos é realizado e suas limitações.
Aplicar a ferramenta BIM no levantamento de quantitativos de uma obra através de um estudo de caso.	Construção da curva ABC de etapas da obra.	Software Microsoft Excel 2013, planilha orçamentária da obra e índice de serviços do SINAPI.	Saber quais etapas da obra perfazem aproximadamente 80% do custo direto total, para que o modelo virtual seja desenvolvido com um nível de detalhe que englobe no mínimo os serviços dessas etapas.
	Construção do modelo virtual da obra.	Softwares Microsoft Excel 2013 e Autodesk Revit 2013, projetos e planilha orçamentária da obra.	Modelo virtual da obra com um nível de detalhe adequado ao fim esperado.
	Extração dos quantitativos do modelo virtual.	Softwares Autodesk Revit 2013 e Autodesk Quantity Takeoff 2013.	Levantamento dos quantitativos dos serviços das etapas que perfazem aproximadamente 80% do custo direto total da obra, de acordo com a curva ABC.
Avaliar os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta BIM no levantamento de quantitativos.	Avaliar o processo de levantamento de quantitativos.	Tabelas extraídas dos softwares Autodesk Revit 2013 e Autodesk Quantity Takeoff 2013.	Mostrar a automação, a precisão e a confiabilidade dos quantitativos obtidos através da ferramenta BIM.

Quadro 7: Resumo da metodologia adotada no trabalho.

5. ESTUDO DE CASO: LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS ATRAVÉS DA FERRAMENTA BIM

O estudo de caso apresentado a seguir tem o objetivo fundamental de avaliar a aplicação da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos de obras civis, analisando se os quantitativos obtidos com a ferramenta BIM são confiáveis em relação aos quantitativos que constam na planilha orçamentária do projeto estudado. Além da verificação da confiabilidade dos dados obtidos, será feita também uma análise sobre as divergências encontradas para cada item, ou seja, será estudado porque o levantamento de quantitativos com o BIM não apresentou exatamente os mesmos quantitativos da planilha orçamentária, quando for o caso.

Primeiramente será feita uma caracterização da obra que será objeto desse estudo de caso.

Depois da caracterização, os custos diretos da obra serão levantados e orçados.

Após o orçamento dos custos diretos, será construída a curva ABC de etapas da obra, verificando quais etapas respondem, acumuladamente, por aproximadamente 80% do custo direto total da obra.

Com a curva ABC em mãos, o modelo BIM será desenvolvido no software Autodesk Revit 2013 com um nível de detalhe tal que englobe os serviços referentes às etapas citadas no parágrafo anterior.

Com o modelo desenvolvido, o quantitativo dos serviços escolhidos serão extraídos através do próprio software Autodesk Revit 2013 e também com o auxílio do Autodesk Quantity Takeoff 2013.

Depois de extraídos, os quantitativos obtidos com a ferramenta BIM serão colocados ao lado dos quantitativos originais da planilha orçamentária da obra. Com isso em mãos, serão feitas as devidas análises de confiabilidade dos dados apresentados e as divergências entre os dois quantitativos serão analisadas através do levantamento do quantitativo manual dos serviços, realizado pelo autor desse trabalho.

A Figura 16 resume a metodologia do estudo de caso, mostrando as etapas e as ferramentas utilizadas para cada uma delas:

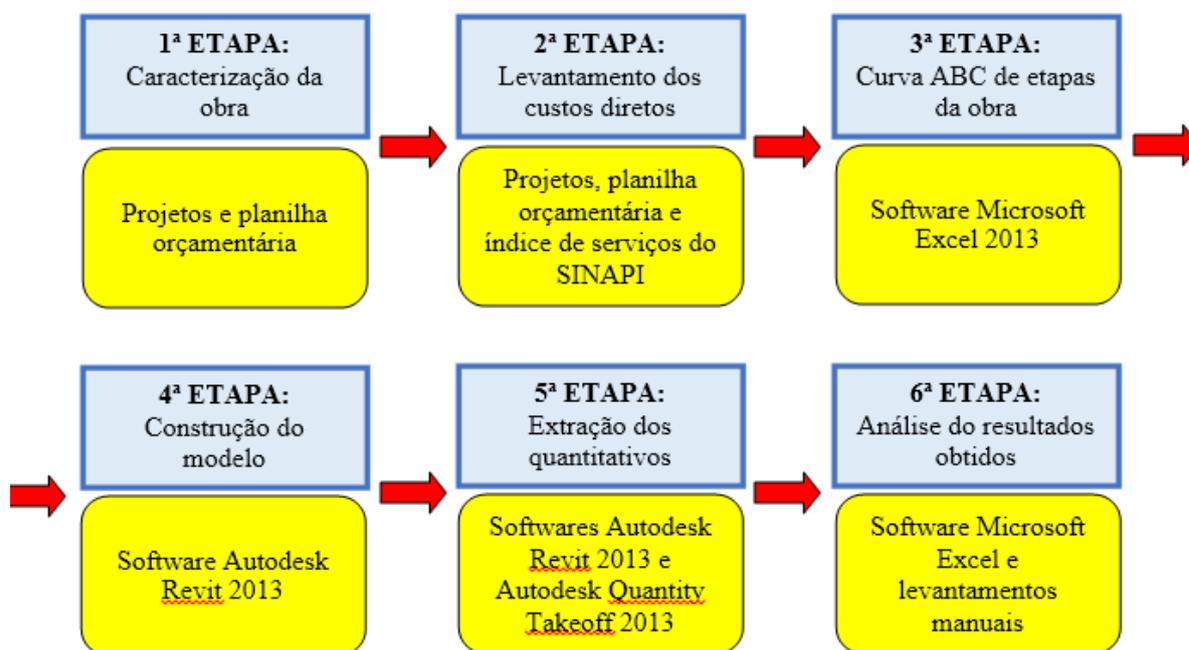


Figura 16: Metodologia do estudo de caso.

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

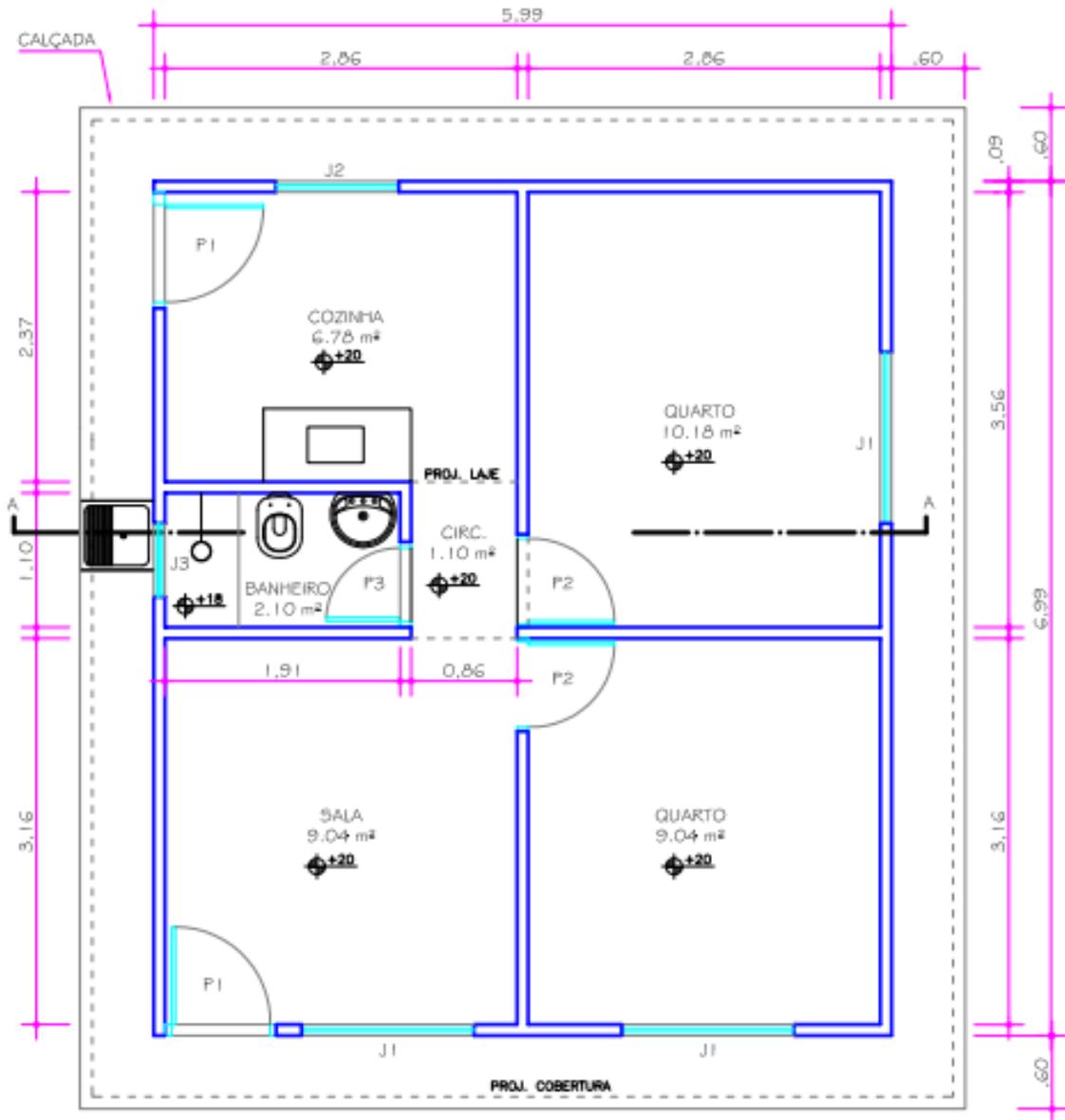
A obra consiste em um projeto-padrão de uma unidade habitacional popular. O projeto foi elaborado pela equipe da Gerência de Desenvolvimento Urbano (GIDUR) da CAIXA, localizada em Vitória do Espírito Santo.

A edificação, incluindo a calçada de proteção, ocupa uma área de 58,90 m². Possui 41,87 m² de área construída e 36,93 m² de área útil. (CAIXA, 2013)

O projeto possui 2 padrões de acabamento: mínimo e básico. Para esse estudo de caso foi adotado o padrão de acabamento básico, no qual a edificação tem piso cerâmico, pintura interna em PVA e externa em tinta acrílica.

A unidade residencial é composta de 1 área de circulação interna e de 5 cômodos: 2 quartos, sala, banheiro e cozinha. A casa é circundada por uma calçada de 60 cm de largura.

A Figura 17 apresenta a planta-baixa da casa, com as dimensões dos cômodos, limites da calçada, projeção da cobertura, quadro de esquadrias e outras informações importantes para a construção do modelo:



QUADRO ESQUADRIAS	
PORTAS	
P1	0,80 x 2,10 m
P2	0,70 x 2,10 m
P3	0,60 x 2,10 m
JANELAS	
J1	1,40 x 1,40 m - P=1,00 m
J2	1,00 x 1,20 m - P=1,20 m
J3	0,60 x 0,80 m - P=1,60 m

PLANTA BAIXA DA ARQUITETURA
ESCALA 1/50

- OBSERVAÇÕES:
 1) NÍVEL COTADO EM RELAÇÃO AO MEIO FIO.
 2) COTAS DE BLOCO A BLOCO NÃO CONSIDERAM A ESPESURA DO REBOCO.



PROJETO: CASA MODULADA EM BLOCOS DE CONCRETO

AUTOR:

PROPRIETÁRIO:

DESENHO		DENOMINAÇÃO			
APROVAÇÃO		PLANTA BAIXA DE ARQUITETURA			
DESENHO		ESCALA	FORMATO	NÚMERO DA PRANCHA	REV
ÁREA CONSTRUÍDA	41,87 m²	1/50	A4	01/19	

Figura 17: Planta baixa de arquitetura da casa (Adaptado de GIDUR, 2007).

As Figuras 18 e 19 são importantes na caracterização da obra, pois definem o seu pé-direito e a inclinação do telhado, que são 2 fatores que influenciam bastante nos quantitativos dos materiais:

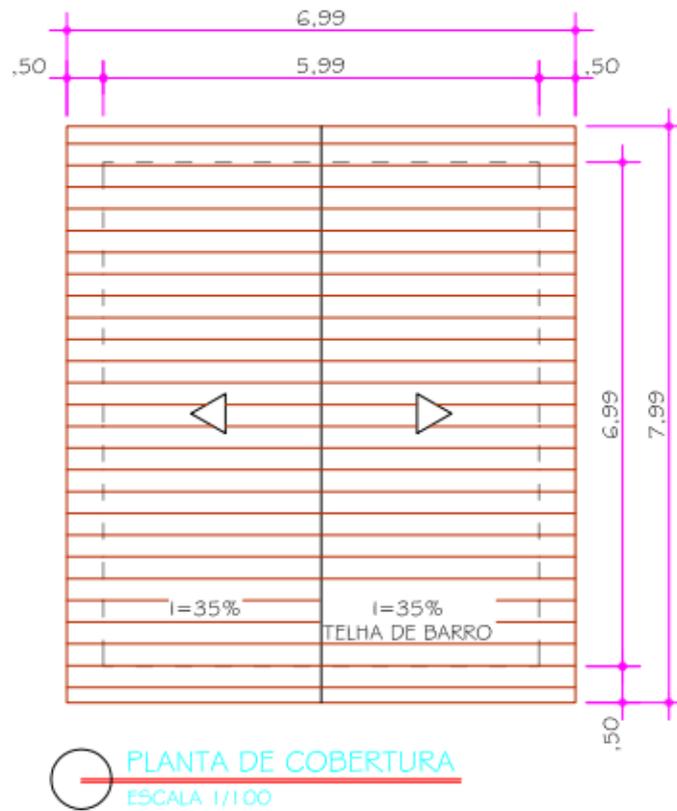


Figura 18: Planta de cobertura da casa (GIDUR, 2007).

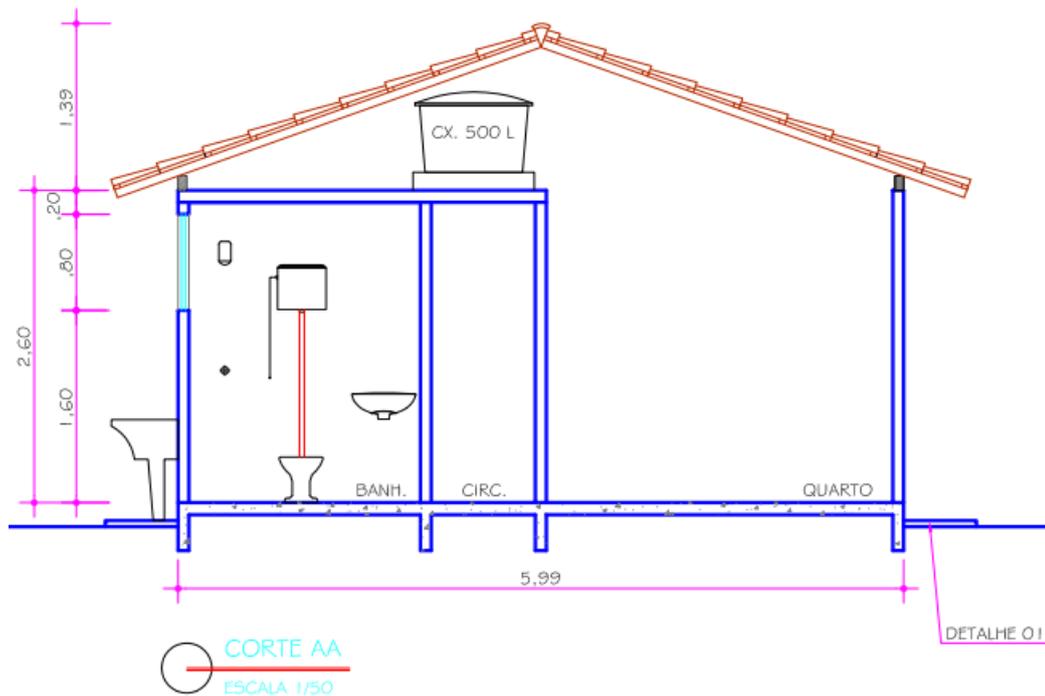


Figura 19: Corte AA (Adaptado de GIDUR, 2007).

5.2.LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DIRETOS

Os custos diretos dos serviços da obra em questão foram levantados a partir da planilha orçamentária da obra e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI.

O SINAPI 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, 2013)

Os resultados do SINAPI são divulgados mensalmente pela CAIXA através de duas publicações principais: relatórios de serviços e relatórios de insumos. Os relatórios de serviços fornecem informações sobre o conjunto de insumos, suas respectivas quantidades e os valores para a execução de uma certa atividade da obra. Já os relatórios de insumos fornecem informações a respeito dos valores medianos dos materiais de construção, mão de obra e equipamentos necessários em uma obra. Os dados dos relatórios são coletados e atualizados mensalmente pelo IBGE para todas as capitais brasileiras. (CAIXA, 2012)

A planilha orçamentária da obra, por ser muito extensa, é apresentada em anexo a esse trabalho, juntamente com os custos diretos de cada serviço. O custo direto total da obra, desconsiderando a etapa de Instalações especiais, resultou em R\$ 32.436,81.

A etapa de Instalações especiais foi suprimida do levantamento, pois constitui-se apenas de um serviço, logo sua quantificação não faria sentido.

A Tabela 5 apresenta o custo direto correspondente a cada etapa da obra e a percentagem relativa de cada etapa em relação ao total da obra:

Tabela 5: Custo direto e percentagem do custo total de cada etapa.

Etapas	Custo direto	% do custo total
Serviços preliminares	R\$ 2.674,54	8,25%
Fundações	R\$ 1.933,40	5,96%
Estrutura	R\$ 715,71	2,21%
Paredes e Painéis	R\$ 2.882,38	8,89%
Cobertura	R\$ 3.365,52	10,38%
Esquadrias	R\$ 3.692,84	11,38%
Instalações elétricas	R\$ 1.911,37	5,89%
Instalações hidráulicas	R\$ 1.407,87	4,34%
Instalações sanitárias	R\$ 2.655,17	8,19%
Revestimentos	R\$ 6.398,88	19,73%
Pisos	R\$ 1.813,94	5,59%
Pintura	R\$ 2.603,09	8,03%
Vidros	R\$ 382,11	1,18%
Total	R\$ 32.436,81	100,00%

5.3.CURVA ABC DE ETAPAS DA OBRA

Os elementos da Tabela 5 apresentada acima foram reordenados do maior para o menor custo direto e suas percentagens foram acumuladas para a construção da curva ABC de etapas da obra, conforme a Tabela 6 apresentada abaixo:

Tabela 6: Percentagem acumulada das etapas ordenadas do maior para o menor custo direto.

Etapa	Custo direto	% do custo total	% acumulada
Revestimentos	R\$ 6.398,88	19,73%	19,73%
Esquadrias	R\$ 3.692,84	11,38%	31,11%
Cobertura	R\$ 3.365,52	10,38%	41,49%
Paredes e Painéis	R\$ 2.882,38	8,89%	50,37%
Serviços preliminares	R\$ 2.674,54	8,25%	58,62%
Instalações sanitárias	R\$ 2.655,17	8,19%	66,80%
Pintura	R\$ 2.603,09	8,03%	74,83%
Fundações	R\$ 1.933,40	5,96%	80,79%
Instalações elétricas	R\$ 1.911,37	5,89%	86,68%
Pisos	R\$ 1.813,94	5,59%	92,28%
Instalações hidráulicas	R\$ 1.407,87	4,34%	96,62%
Estrutura	R\$ 715,71	2,21%	98,82%
Vidros	R\$ 382,11	1,18%	100,00%
	R\$ 32.436,81	100,00%	

Pela tabela apresentada acima percebe-se que as etapas da obra que respondem, acumuladamente, por aproximadamente 80% da obra são: Revestimentos, Esquadrias, Cobertura, Paredes e Painéis, Serviços Preliminares, Instalações Sanitárias, Pintura e Fundações. Essa situação pode ser melhor visualizada na curva ABC ilustrada na Figura 20:



Figura 20: Curva ABC de Etapas da obra.

5.4.CONSTRUÇÃO DO MODELO

A partir dos projetos e especificações apresentadas no manual do projeto-padrão da CAIXA, o modelo foi construído no software Autodesk Revit 2013.

O desenvolvimento do modelo se deu de forma a abranger, no mínimo, os itens das etapas responsáveis por aproximadamente 80% do custo direto total da obra (ramo principal da curva ABC). As etapas e os itens que foram modelados estão listados no Quadro 8.

ETAPA	ITENS
Serviços preliminares	Locação de obra
Fundações	Escavação manual de valas, apiloamento de fundo de vala, reaterro manual, aterro interno, lastro de concreto magro, viga baldrame, pintura impermeabilizante
Paredes e Painéis	Alvenaria, vergas e contravergas
Cobertura	Telhado cerâmico
Esquadrias	Portas e janelas
Revestimentos	Chapisco, reboco, azulejos e forros
Pintura	Pintura PVA, Acrílica e Esmalte

Quadro 8: Itens que foram modelados na ferramenta BIM.

Apesar de pertencer ao ramo principal da curva ABC da obra em questão, a etapa de Instalações Sanitárias não foi modelada.

A Figura 21 apresenta uma vista do modelo.

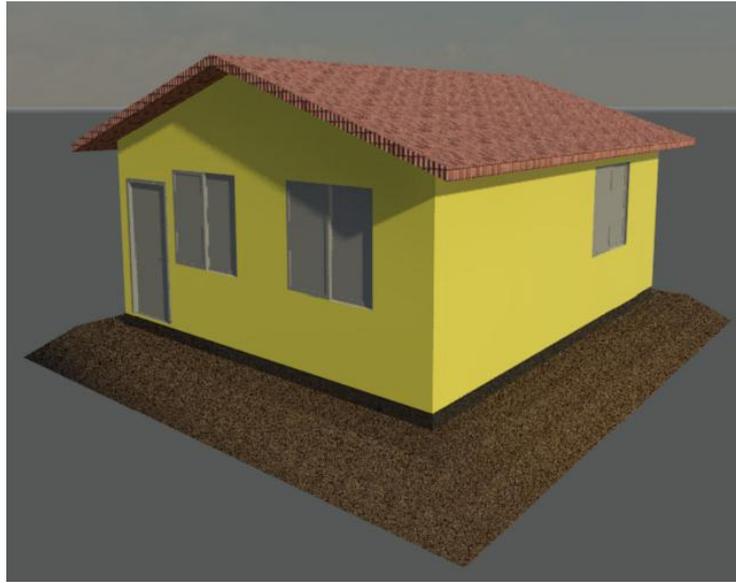


Figura 21: Vista renderizada do modelo.

Esse modelo se encaixa no nível de detalhe LOD 300 da metodologia do Instituto Americano de Arquitetos.

5.5.EXTRAÇÃO DOS QUANTITATIVOS

Com o modelo construído, os quantitativos foram obtidos seguindo as seguintes etapas:

- a) Com o arquivo do modelo aberto no software Autodesk Revit 2013, foi-se até o Navegador de projeto (Figura 22):

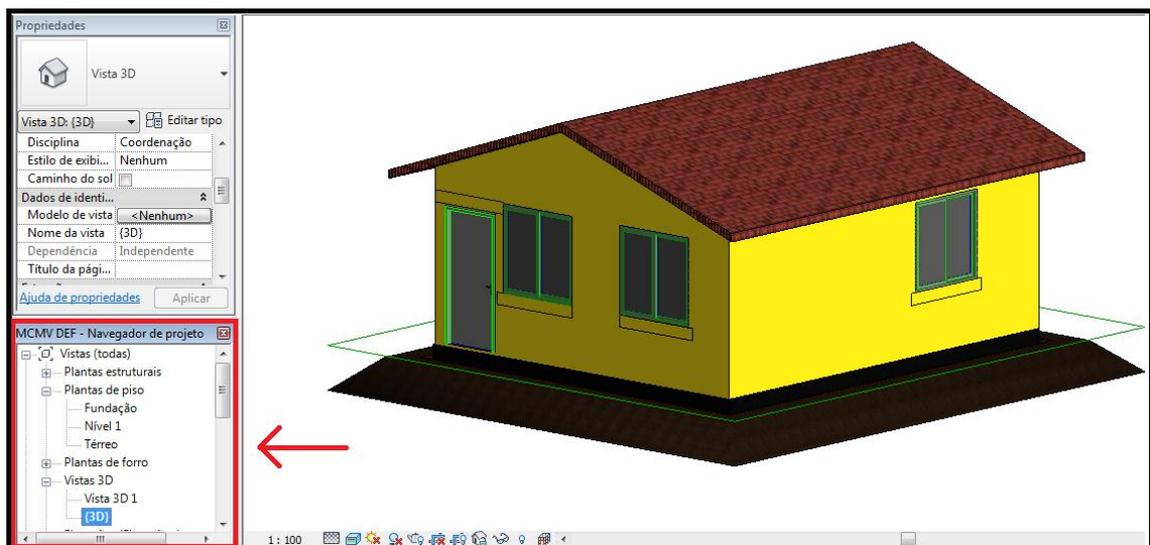


Figura 22: Etapa “a” do processo de extração de quantitativos no software Autodesk Revit 2013.

- b) Clicou-se com o botão direito em "Tabelas/Quantidades" e selecionou-se a opção “Novo levantamento de material” (Figura 23):

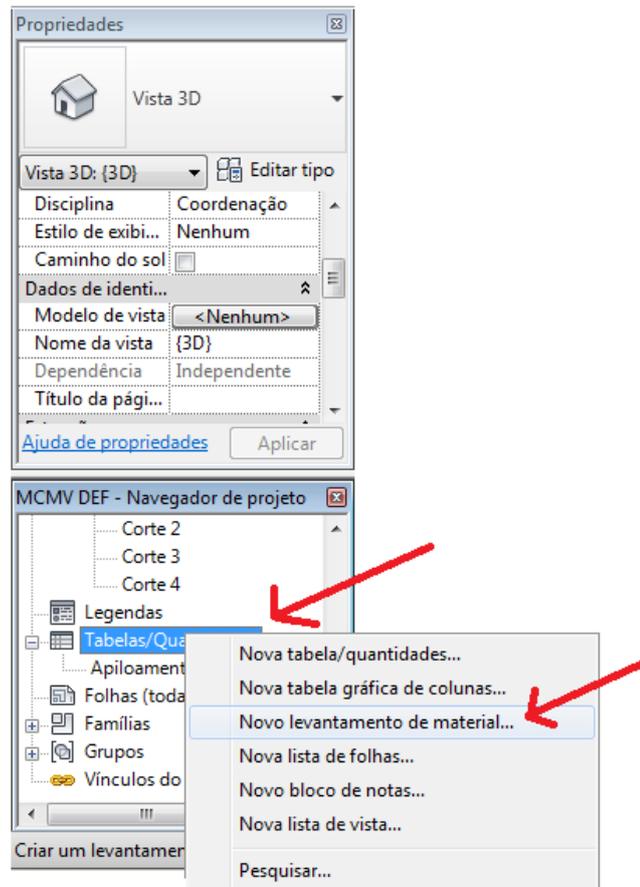


Figura 23: Etapa “b” do processo de extração de quantitativos no software Autodesk Revit 2013.

- c) Escolheu-se a categoria “<Multi-Categorias>” e clicou-se em “OK” para confirmar (Figura 24). Esse tipo de categoria permite que os materiais de qualquer serviço sejam levantados:

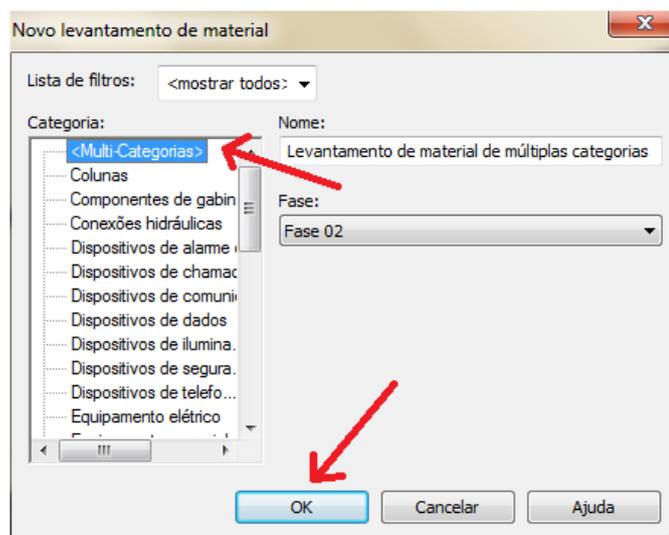


Figura 24: Etapa “c” do processo de extração de quantitativos no software Autodesk Revit 2013.

- d) Dentre os campos disponíveis, foram adicionados “Material: Nome”, “Material: Tipo” e “Material: Volume”, confirmando-se com “OK” (Figura 25):

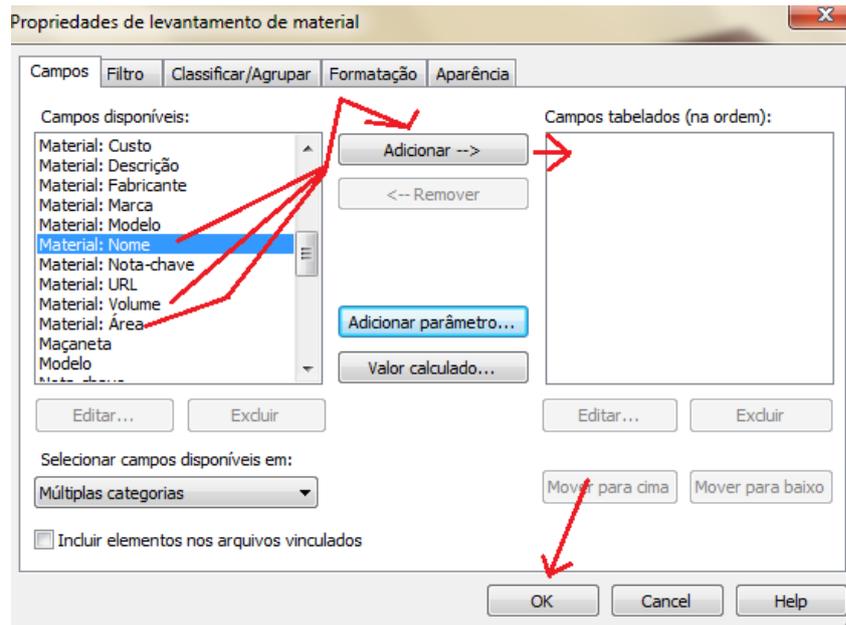


Figura 25: Etapa “d” do processo de extração de quantitativos no software Autodesk Revit 2013.

- e) Seguindo as etapas listadas acima, chegou-se a uma tabela com os quantitativos de cada item vinculado a cada objeto do modelo. Essa tabela foi filtrada para cada serviço: alvenaria, piso, revestimentos, forro, etc., com o objetivo de organizar melhor os dados. Segue abaixo o exemplo de uma das tabelas (Figura 26), nesse caso para o serviço de Pintura Interna com tinta Latex PVA:

Pintura Latex PVA	
Material: Nome	Material: Área
Pintura Latex PVA	0.23 m ²
Pintura Latex PVA	0.26 m ²
Pintura Latex PVA	0.28 m ²
Pintura Latex PVA	0.29 m ²
Pintura Latex PVA	0.30 m ²
Pintura Latex PVA	0.74 m ²
Pintura Latex PVA	0.37 m ²
Pintura Latex PVA	0.82 m ²
Pintura Latex PVA	0.93 m ²
Pintura Latex PVA	1.19 m ²
Pintura Latex PVA	2.01 m ²
Pintura Latex PVA	3.09 m ²
Pintura Latex PVA	3.80 m ²
Pintura Latex PVA	3.85 m ²
Pintura Latex PVA	3.86 m ²
Pintura Latex PVA	4.04 m ²
Pintura Latex PVA	4.23 m ²
Pintura Latex PVA	4.75 m ²
Pintura Latex PVA	9.20 m ²
Pintura Latex PVA	10.01 m ²
Pintura Latex PVA	12.59 m ²
Pintura Latex PVA	15.08 m ²
Pintura Latex PVA	15.48 m ²
Pintura Latex PVA	17.17 m ²
Total geral: 25	114.58 m²

Figura 26: Tabela de quantitativos para o serviço de pintura interna extraída do software Autodesk Revit 2013.

A Tabela 7 apresenta os quantitativos originais da planilha orçamentária, os extraídos do modelo BIM e a diferença relativa do segundo para o primeiro:

Tabela 7: Quantitativos da planilha, do modelo BIM e diferenças relativas.

SERVIÇO	unid	QTDE	QTDE (BIM)	Dif	Dif %
Escavação manual de valas rasas em qualquer terreno, exceto rocha, p/ fundações rasas - baldrame	m ³	4,40	3,94	-0,46	-10,36%
Apiloamento de fundo de vala com maço de 30 Kg	m ²	17,60	15,78	-1,82	-10,34%
Reaterro manual apiloado de valas c/ material de obra	m ³	4,40	3,94	-0,46	-10,45%
Aterro interno compactado manualmente	m ³	3,17	4,23	1,06	33,44%
Lastro de concreto magro e = 5 cm	m ²	0,88	0,79	-0,09	-10,23%
Viga baldrame composta de 2 fiadas de blocos de concreto tipo calha 14 x 19 x 39 cm	m	39,95	40,57	0,61	1,54%
Pintura impermeabilizante utilizando neutrol, 2 demãos	m ²	37,55	36,41	-1,14	-3,04%
Alvenaria 1/2 vez de blocos de concreto 9 x 19 x 39 cm, assentados com argamassa de cimento, cal e areia no traço 1:0,5:8	m ²	96,46	97,36	0,90	0,93%
Vergas e contra-vergas p/ vãos de esquadrias em blocos de concreto tipo calha 9 x 19 x 19 cm	m	14,60	13,08	-1,53	-10,45%
Cobertura com telhas cerâmicas capa e canal, tipo plan, inclusive madeiramento (apoio em paredes, sem tesoura)	m ²	55,85	59,17	3,32	5,94%
Porta de madeira almofadada 0,80 x 2,10 cm	unid	2,00	2,00	0,00	0,00%
Porta de madeira compensado liso 0,70 x 2,10 cm	unid	2,00	2,00	0,00	0,00%
Porta de madeira compensado liso 0,60 x 2,10 cm	unid	1,00	1,00	0,00	0,00%
Janela de alumínio anodizado fosco de correr 2 folhas 1,40 x 1,40 m	m ²	5,88	5,88	0,00	0,00%
Janela de alumínio, tipo maxim-ar, 2 bandeiras, 1,00 X 1,20 m	m ²	1,20	1,20	0,00	0,00%
Janela de alumínio, tipo maxim-ar, 1 bandeira, 0,60 X 0,80 m	m ²	0,48	0,48	0,00	0,00%
Chapisco em paredes internas e tetos com argamasas de cimento e areia 1:3	m ²	147,49	134,26	-13,23	-8,97%
Chapisco em paredes externas com argamasas de cimento e areia 1:3	m ²	74,09	64,12	-9,97	-13,46%
Reboco tipo paulista em paredes internas e tetos com argamassa de cimento, cal e areia 1:2:8, e = 2 cm	m ²	147,49	134,26	-13,23	-8,97%
Reboco tipo paulista em paredes externas com argamassa de cimento, cal e areia 1:2:8, e = 2 cm	m ²	74,09	64,12	-9,97	-13,46%
Azulejo branco 20 x 20 cm, assentado com argamassa colante	m ²	25,35	22,57	-2,78	-10,97%
Ferro de PVC branco, instalado em estrutura de perfis metálicos	m ²	35,04	35,38	0,34	0,97%
Pintura latex PVA 2 demãos sobre demão de selador em par. internas e teto	m ²	122,50	114,58	-7,92	-6,47%
Pintura latex acrílica 2 demãos sobre demão de selador em par. externas	m ²	73,73	65,75	-7,98	-10,82%
Pintura esmalte 2 demãos sobre fundo nivelador (1 demão) em portas	m ²	22,68	17,97	-4,71	-20,77%

A ferramenta BIM também é capaz de extrair os quantitativos dos materiais necessários em cada serviço. A Figura 27 ilustra esse aspecto, nesse caso a ferramenta calculou o quantitativos de blocos (N) e o volume em m³ (V) de argamassa de levante para o serviço de alvenaria com blocos de concreto, considerando o bloco de 9 cm x 19 cm x 39 cm e uma junta de 1,5 cm:

Alvenaria de blocos de concreto								
Material: Nome	Material: Área	b3	b2	b1	eh	ev	N	V
Alvenaria de blocos de concreto	0.16 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	2	0.00157
Alvenaria de blocos de concreto	0.60 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	7	0.00576
Alvenaria de blocos de concreto	0.82 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	10	0.00797
Alvenaria de blocos de concreto	0.92 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	11	0.00888
Alvenaria de blocos de concreto	1.71 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	21	0.01654
Alvenaria de blocos de concreto	1.93 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	23	0.01867
Alvenaria de blocos de concreto	1.99 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	24	0.01930
Alvenaria de blocos de concreto	2.02 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	24	0.01954
Alvenaria de blocos de concreto	2.19 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	26	0.02116
Alvenaria de blocos de concreto	2.38 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	29	0.02298
Alvenaria de blocos de concreto	3.09 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	37	0.02988
Alvenaria de blocos de concreto	3.23 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	39	0.03127
Alvenaria de blocos de concreto	3.80 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	46	0.03676
Alvenaria de blocos de concreto	4.12 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	50	0.03984
Alvenaria de blocos de concreto	4.23 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	51	0.04095
Alvenaria de blocos de concreto	7.54 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	91	0.07295
Alvenaria de blocos de concreto	7.74 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	93	0.07487
Alvenaria de blocos de concreto	9.18 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	111	0.08881
Alvenaria de blocos de concreto	10.01 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	121	0.09687
Alvenaria de blocos de concreto	12.90 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	155	0.12478
Alvenaria de blocos de concreto	17.12 m ²	0.09	0.19	0.39	0.015	0.015	206	0.16561
Total geral: 21	97.67 m ²						1176	0.94497

Figura 27: Tela do *software* Autodesk Revit 2013, mostrando o quantitativo de materiais para o serviço de alvenaria com blocos de concreto.

5.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A partir de agora será feita uma análise dos resultados obtidos, avaliando a precisão e a confiabilidade dos quantitativos gerados e verificando a aplicação dos mesmos em uma estimativa de custo.

5.6.1. Precisão e confiabilidade dos quantitativos extraídos do modelo BIM

Percebe-se pela análise da Tabela 7, que a maioria dos quantitativos extraídos do modelo BIM pouco diferiram em relação aos quantitativos originais. Alguns itens apresentaram quantitativos idênticos aos da planilha orçamentária, como as janelas. Outros apresentaram pequenas diferenças, como os serviços de viga baldrame, alvenaria e forro de PVC. Poucos apresentaram grandes diferenças, dentre esses o serviço de Aterro interno compactado manualmente, que com o modelo BIM apresentou quantitativo 33,44% superior ao da planilha orçamentária.

Para tentar encontrar a origem dessas diferenças, foi realizado o levantamento de quantitativos de forma manual, para verificar se de fato existiram erros no levantamento com o modelo BIM ou se as diferenças entre os quantitativos calculados até então se deram por outros

motivos, tais como considerações construtivas reais diferentes das adotadas no modelo e índices adotados por quem levantou os quantitativos.

Na Tabela 8 estão os quantitativos extraídos do modelo BIM lado a lado com os quantitativos obtidos através do levantamento manual. A Tabela 8 também apresenta a diferença relativa do primeiro (BIM) em relação ao segundo (manual):

Tabela 8: Diferenças relativas dos quantitativos extraídos do modelo BIM em relação aos manuais.

SERVIÇO	unid	QTDE (BIM)	QTDE (M)	Dif	Dif %
Escavação manual de valas rasas em qualquer terreno, exceto rocha, p/ fundações rasas - baldrame	m ³	3,94	3,94	0,00	0,10%
Apiloamento de fundo de vala com maço de 30 Kg	m ²	15,78	15,77	0,01	0,06%
Reaterro manual apiloado de valas c/ material de obra	m ³	3,94	3,94	0,00	0,00%
Aterro interno compactado manualmente	m ³	4,23	4,23	0,00	0,00%
Lastro de concreto magro e = 5 cm	m ³	0,79	0,79	0,00	0,00%
Viga baldrame composta de 2 fiadas de blocos de concreto tipo calha 14 x 19 x 39 cm	m	40,57	40,64	-0,08	-0,18%
Pintura impermeabilizante utilizando neutrol, 2 demãos	m ²	36,41	36,41	0,00	0,00%
Alvenaria 1/2 vez de blocos de concreto 9 x 19 x 39 cm, assentados com argamassa de cimento, cal e areia no traço 1:0,5:8	m ²	97,36	99,08	-1,72	-1,74%
Vergas e contra-vergas p/ vãos de esquadrias em blocos de concreto tipo calha 9 x 19 x 19 cm	m	13,08	13,26	-0,19	-1,40%
Cobertura com telhas cerâmicas capa e canal, tipo plan, inclusive madeiramento (apoio em paredes, sem tesoura)	m ²	59,17	59,15	0,02	0,03%
Porta de madeira almofadada 0,80 x 2,10 cm	unid	2,00	2,00	0,00	0,00%
Porta de madeira compensado liso 0,70 x 2,10 cm	unid	2,00	2,00	0,00	0,00%
Porta de madeira compensado liso 0,60 x 2,10 cm	unid	1,00	1,00	0,00	0,00%
Janela de alumínio anodizado fosco de correr 2 folhas 1,40 x 1,40 m	m ²	5,88	5,88	0,00	0,00%
Janela de alumínio, tipo maxim-ar, 2 bandeiras, 1,00 X 1,20 m	m ²	1,20	1,20	0,00	0,00%
Janela de alumínio, tipo maxim-ar, 1 bandeira, 0,60 X 0,80 m	m ²	0,48	0,48	0,00	0,00%
Chapisco em paredes internas e tetos com argamasas de cimento e areia 1:3	m ²	134,26	137,32	-3,06	-2,23%
Chapisco em paredes externas com argamasas de cimento e areia 1:3	m ²	64,12	67,75	-3,63	-5,36%
Reboco tipo paulista em paredes internas e tetos com argamassa de cimento, cal e areia 1:2:8, e = 2 cm	m ²	134,26	137,32	-3,06	-2,23%
Reboco tipo paulista em paredes externas com argamassa de cimento, cal e areia 1:2:8, e = 2 cm	m ²	64,12	65,82	-1,70	-2,58%
Azulejo branco 20 x 20 cm, assentado com argamassa colante	m ²	22,57	23,67	-1,10	-4,65%
Forro de PVC branco, instalado em estrutura de perfis metálicos	m ²	35,38	35,38	0,00	0,00%
Pintura latex PVA 2 demãos sobre demão de selador em par. internas e teto	m ²	114,58	113,65	0,93	0,82%
Pintura latex acrílica 2 demãos sobre demão de selador em par. externas	m ²	65,75	67,75	-2,00	-2,95%
Pintura esmalte 2 demãos sobre fundo nivelador (1 demão) em portas	m ²	17,97	17,98	-0,01	-0,06%

Da tabela acima, nota-se que os quantitativos extraídos do modelo BIM diferiram muito pouco dos quantitativos levantados manualmente. A semelhança dos quantitativos extraídos do modelo BIM com os quantitativos levantados manualmente leva a crer que as diferenças encontradas entre os quantitativos da planilha orçamentária e os obtidos do modelo BIM não se devem a uma falha inerente ao processo de quantificação utilizando a ferramenta BIM. Em outras palavras isso quer dizer que nesse trabalho a ferramenta BIM não apresentou grandes falhas que acarretariam erros de quantificação.

Porém, o item “Escavação manual” necessitou de um cuidado a mais quando levantado com a ferramenta BIM aplicada nesse trabalho. A caracterização desse item no modelo foi feita através da ferramenta de modelagem de Plataformas de terreno (*pad*) no Autodesk Revit 2013.

A ferramenta *pad* permite a modelagem de níveis de corte no terreno, através do desenho do perímetro que se deseja cortar e da definição de uma cota de corte. A Figura 27 ilustra o terreno do modelo do trabalho antes e depois da aplicação da ferramenta *pad*:

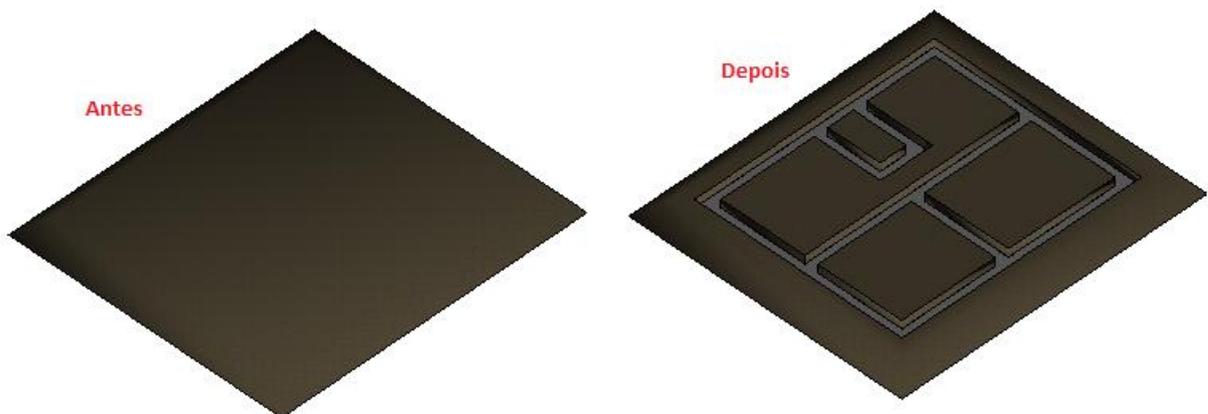


Figura 28: Terreno antes e depois da aplicação da ferramenta *pad*.

Para que essa ferramenta seja aplicada, foi necessária a definição de uma espessura da plataforma de corte (espessura do *pad*), ou seja, para cortar o terreno através da ferramenta não basta fornecer a área a ser cortada e a cota de implantação da plataforma.

O cuidado a mais no levantamento da “Escavação manual” com a ferramenta BIM se deu pelo fato da espessura-padrão do *pad* não ter fornecido exatamente o volume de solo a ser cortado, que é de 3,94 m³ conforme cálculo manual. Inicialmente o programa havia fornecido um volume de 4,12 m³, maior do que o real, até que, ajustando-se a espessura do *pad*, chegou-se no volume real com a espessura de 0,0237 m, conforme a Figura 28:

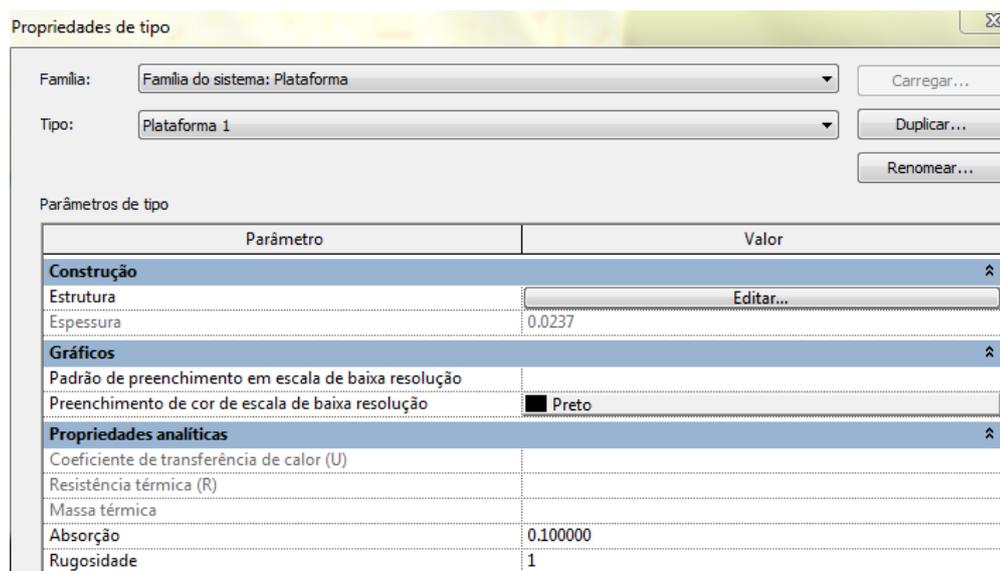


Figura 29: Definição da espessura do *pad*.

O valor da espessura ideal do *pad* foi determinado por regressão linear, determinando valores de volume para várias espessuras de *pad* e obtendo, através desses pontos (espessura; volume), uma reta através da qual foi determinada a espessura para o volume real de corte. O autor desse trabalho tentou entrar em contato com a fabricante do software, mas não conseguiu informações oficiais de como essa ferramenta de corte de terrenos funciona, de qual é o real significado da espessura do *pad* e de como defini-la para o cálculo exato do volume de corte. De acordo com testes realizados pelo autor, o valor correto da espessura varia em função da profundidade do corte a ser realizado.

5.6.2. Estimativa de custos com o BIM

Com o modelo BIM e com a base de preços do SINAPI em mãos, utilizou-se do software Autodesk Quantity Takeoff 2013 (QTO) para realizar uma estimativa de custos dos serviços que foram abordados nesse trabalho. Essa ferramenta extrai os quantitativos de maneira similar ao Revit, ou seja, através dos parâmetros. O diferencial do QTO é que ele é capaz de lançar os itens quantificados dentro de uma estrutura analítica de projeto, que é uma divisão das etapas ou partes de um projeto, tais como: serviços preliminares, paredes e painéis, fundação, revestimentos, esquadrias, etc. A Figura 29 ilustra esse aspecto do programa:

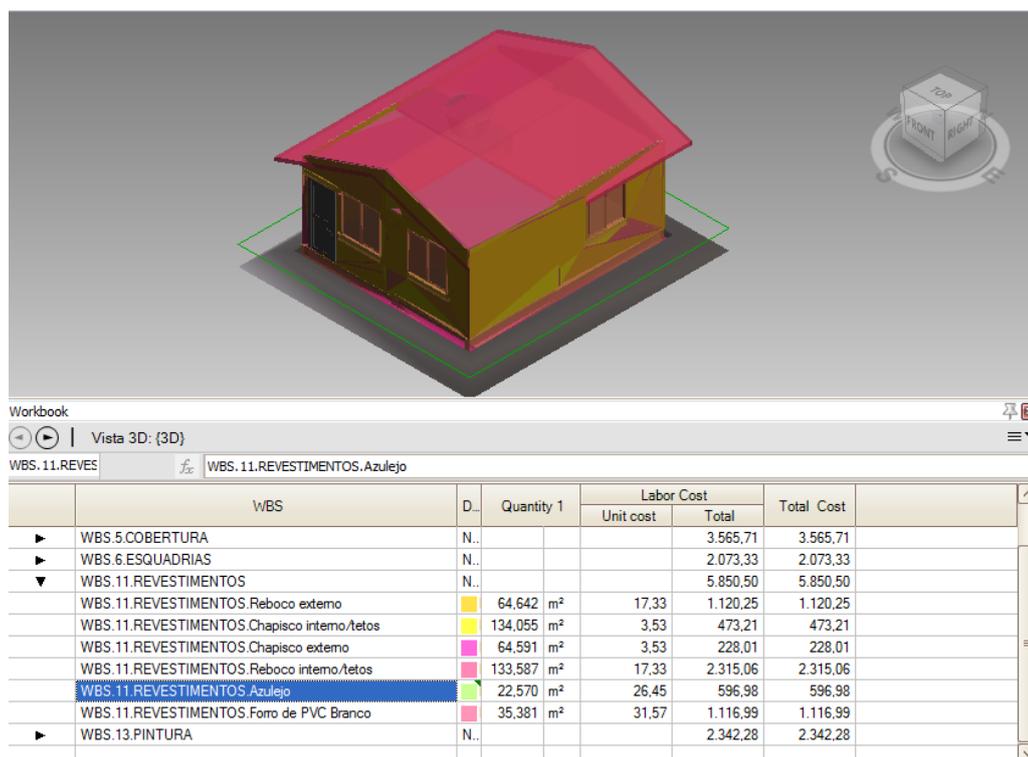


Figura 30: Aspecto geral do Autodesk Quantity Takeoff 2013.

O software ainda é capaz de gerar relatórios de custos por etapa ou de preço global da obra, tendo ainda a opção de exportar esses relatórios para outros programas tais como o Microsoft Excel. No caso em questão, foi gerado um relatório para verificar a diferença entre os custos do que foi levantado através do modelo BIM e aqueles relacionados ao quantitativo original da planilha orçamentária. As seguintes etapas foram seguidas para a extração do relatório:

- a) Primeiramente foi necessário utilizar a opção “Criar peças” da aba “Modificar” do Autodesk Revit 2013. Isso foi feito porque o QTO não reconheceu as camadas de objetos como as de Alvenaria por exemplo (Chapisco e Reboco). Essa opção retirou do modelo as camadas que haviam sido lançadas no Revit com a ferramenta de pintura (Azulejos e Pintura), portanto esses serviços não foram reconhecidos pelo QTO, tendo que ser colocados manualmente.
- b) Depois foi feita a exportação do modelo do Autodesk Revit 2013 para um arquivo com extensão .dwf (Figuras 31, 32 e 33), uma vez que o Autodesk Quantity Takeoff não reconhece a extensão .rvt.

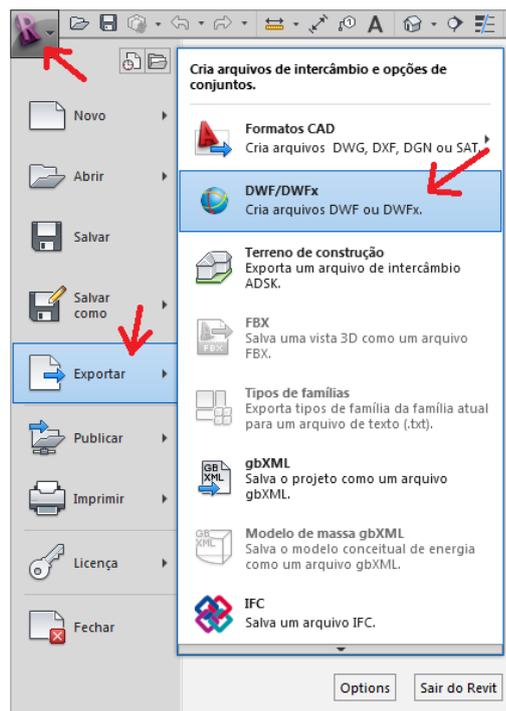


Figura 31: Exportação do modelo para o formato .dwf. (1)

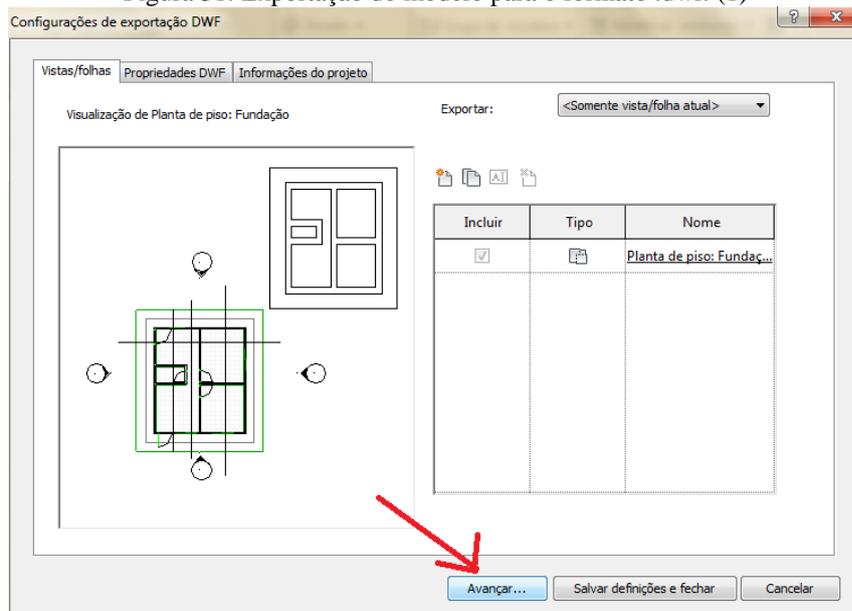


Figura 32: Exportação do modelo para o formato .dwf. (2)

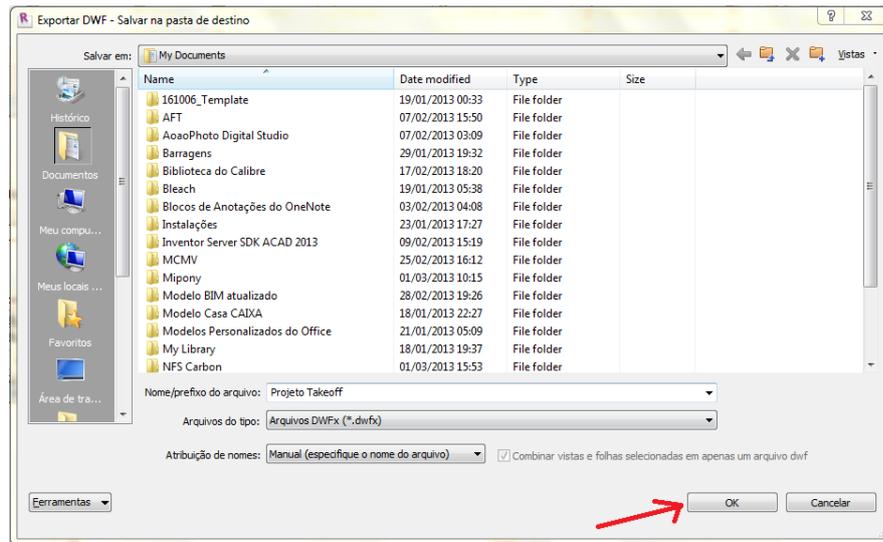


Figura 33: Exportação do modelo para o formato .dwt. (3)

- c) Abriu-se o software Autodesk Quantity Takeoff 2013 e escolheu-se a opção “New Project” (Figura 34):

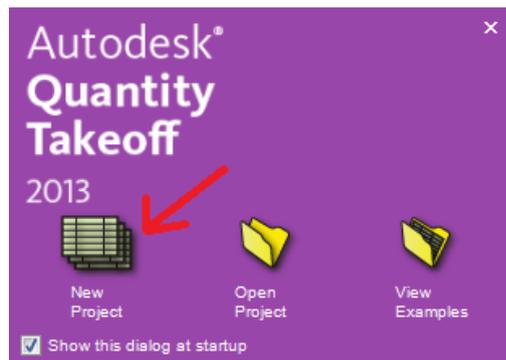


Figura 34: Abertura de novo projeto no Autodesk Quantity Takeoff 2013.

- d) Escolheu-se um nome e foi especificado um caminho para a pasta do projeto (Figura 35):

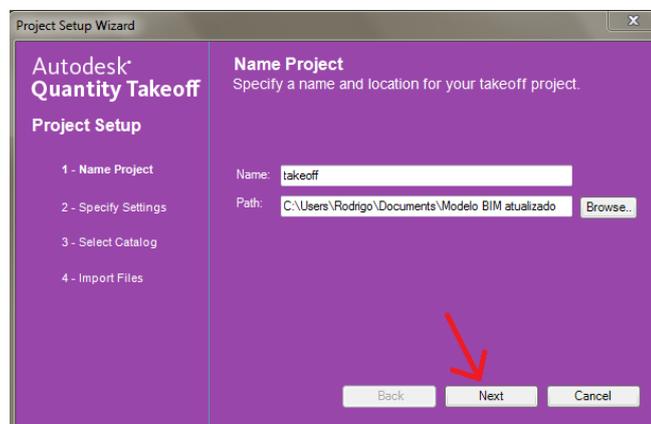


Figura 35: Especificação do nome e do caminho da pasta do projeto.

- e) Foram especificadas as unidades do sistema métrico como unidades de medida e o real como unidade monetária (Figura 36):

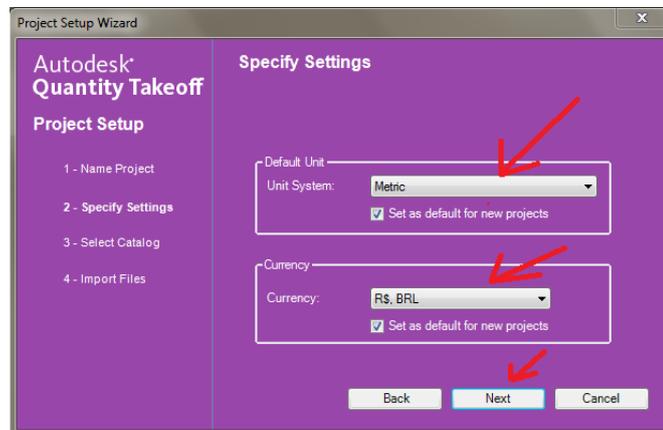


Figura 36: Especificação do sistema de unidades e da moeda.

- f) Utilizou-se o botão “Add” para adicionar o arquivo .dwf e clicou-se em “Finish” para criar o projeto (Figura 37):

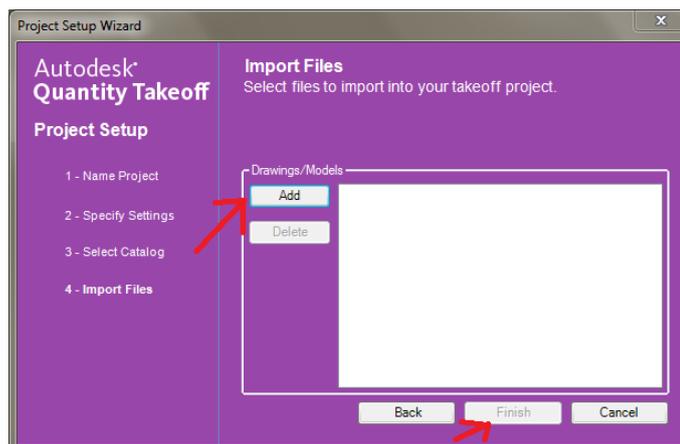


Figura 37: Especificação do arquivo .dwf.

- g) Com o projeto criado no QTO, foi-se até o menu “Takeoff” e escolheu-se a opção “Model” para quantificar todos os objetos do modelo (Figura 38):

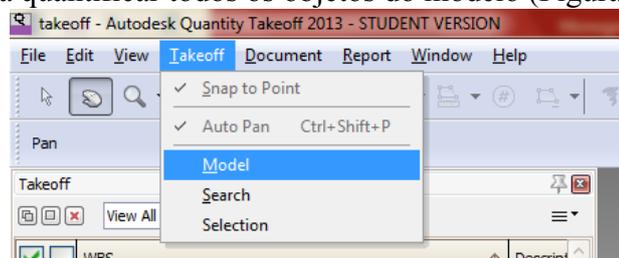


Figura 38: Quantificação do modelo.

- h) Os objetos foram ordenados de acordo com uma estrutura analítica de projeto (Figura 39):

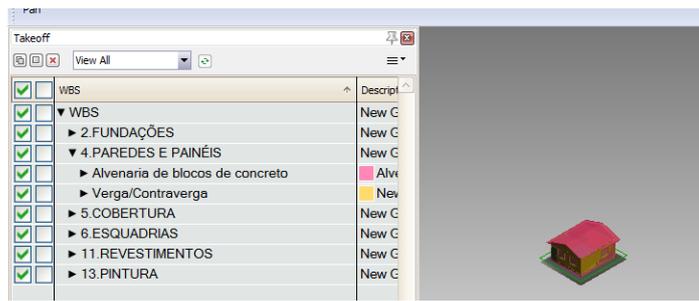


Figura 39: Objetos dentro de uma estrutura analítica de projeto.

- i) Na coluna “Type” foram atribuídas as maneiras pelas quais cada objeto seria medido: comprimento, área, volume ou contagem, de acordo com a Figura 40:

WBS	Description	Type
▼ WBS	New Group D...	
▶ 2.FUNDAÇÕES	New Group D...	
▼ 4.PAREDES E PAINÉIS	New Group D...	
▶ Alvenaria de blocos de concreto	Alvenaria ...	Area
▶ Verga/Contraverga	New Item ...	Linear

Figura 40: Formas de medição dos objetos.

- j) Finalmente, foi-se até o menu “Report” e escolheu-se a opção “Custom Report” para criar um relatório personalizado dos objetos quantificados (Figura 41):

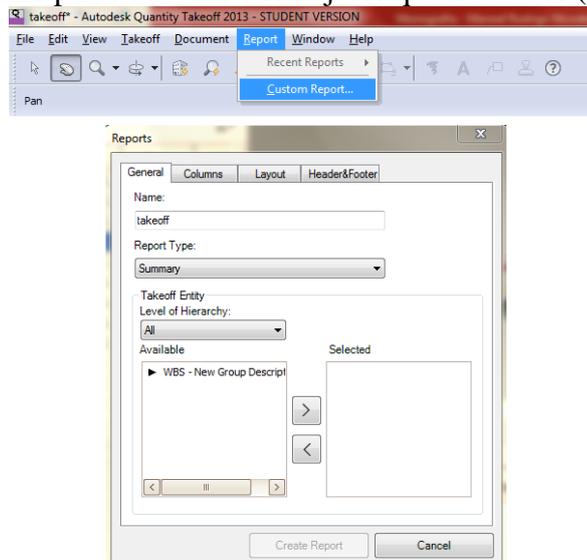


Figura 41: Criação do relatório no QTO.

- k) O relatório criado foi exportado para o Microsoft Excel, o que resultou na Tabela 9:

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo fundamental desse trabalho foi avaliar a aplicação da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos em obras civis. Diante dessa avaliação, notou-se que a tecnologia BIM, como preconizada na revisão bibliográfica, de fato possui grandes potencialidades que podem ser aplicadas no levantamento de quantitativos em obras civis.

Buscando o atendimento do primeiro objetivo específico, que foi conhecer os principais conceitos relacionados ao BIM e suas aplicações na construção civil, foi feita uma revisão que mostrou as potencialidades dessa tecnologia e os impactos positivos que seu uso vem causando na construção civil.

Em relação ao segundo objetivo específico, que foi estudar de que forma os levantamentos de quantitativos são realizados tradicionalmente e ver de que forma o BIM pode ser introduzido para melhorar o processo, percebeu-se através da revisão bibliográfica, que os levantamentos quantitativos no processo orçamentário tradicional são feitos de uma forma pouco automatizada. Foi visto que essa maneira quase manual de se levantar os quantitativos depende muito da experiência de quem está orçando a obra, para que as devidas considerações sobre aspectos construtivos sejam feitas e o quantitativo não fuja da realidade. Foi visto que a introdução da tecnologia BIM pode acelerar o processo orçamentário e permitir a análise de diversos cenários, na medida que apresenta quantitativos parametrizados de acordo com o projeto.

Em relação aos terceiro e quarto objetivos específicos, que eram respectivamente aplicar a ferramenta BIM no levantamento de quantitativos de uma obra e avaliar os resultados obtidos com essa aplicação, foi visto que os quantitativos extraídos a partir do modelo BIM não apresentaram grandes erros. Houve diferenças entre esses quantitativos e os da planilha orçamentária, porém, como indicou o levantamento manual, essas diferenças não se deram por uma possível falha de quantificação da ferramenta BIM, mas sim por causa de possíveis especificações adotadas no quantitativo original da planilha que não foram adotadas na construção do modelo virtual, uma vez que não estavam explícitas.

A partir do estudo de caso algumas dessas potencialidades foram notadas, quais sejam:

- Aumento da velocidade da orçamentação, na medida que com o uso da ferramenta BIM os quantitativos se mostraram automáticos;

- Análise de diversos cenários e seus impactos nos quantitativos: esse aspecto foi notado no desenvolvimento do modelo virtual, quando algumas especificações foram modificadas e seus impactos foram automaticamente quantificados;
- Redução da variabilidade na orçamentação, uma vez que a ferramenta BIM forneceu quantitativos precisos e vinculados com o projeto.

Além dessas potencialidades, é importante ressaltar que a ferramenta BIM é capaz de fornecer também os quantitativos dos materiais dos serviços. Isso foi verificado com a quantificação dos materiais necessários para o serviço de alvenaria com blocos de concreto.

A hipótese do trabalho foi confirmada, pois foi verificado no estudo de caso que de fato a tecnologia BIM tende a facilitar o processo orçamentário. Porém, é importante ressaltar que o uso dessa tecnologia para levantamentos de quantitativos deve ser acompanhado de modelos que possuam um nível de detalhe adequado para tal fim. Além disso, ressalta-se também que talvez as pequenas diferenças obtidas nesse trabalho têm relação com a complexidade do modelo que foi construído. Talvez um modelo mais robusto gere maiores imprecisões de quantitativos, pois está sujeito a maiores erros de interpretação.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode ser estudada a modelagem 5D, que seria o modelo 3D da obra vinculado ao planejamento e ao custo. Nesse estudo poderia ser visto como o fluxo de caixa da obra se comporta em cada fase de sua construção. Como outra sugestão para trabalhos futuros, pode ser estudado como a tecnologia BIM pode ser integrada com a Gestão da Cadeia de Suprimentos, fornecendo dados para compras de materiais na quantidade certa e no tempo certo.

Finalmente, é importante frisar que essa tecnologia é capaz de potencializar diversas atividades na construção civil: planejamento, orçamento, estudos de logística, entre outras, impactando positivamente todo o ciclo de vida de um projeto. Mais especificamente na área de orçamento, essa tecnologia pode representar uma orçamentação mais rápida, mais precisa e menos custosa para as empresas, na medida que fornece quantitativos precisos e automatizados que se modificam de acordo com as especificações de projeto.

REFERÊNCIAS

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

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.

AUTODESK. **Unit 5**: Using BIM in Integrated Project Delivery. Disponível em: <<http://bimcurriculum.autodesk.com/unit/unit-5-%E2%80%93-using-bim-integrated-project-delivery/>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

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

BIM 42. **Level of Development**. Disponível em: <<http://bim42.com/2012/11/21/level-of-development/>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

CAIXA. **Cadernos Caixa**: Projeto padrão – casas populares | 42 m², 2007. Disponível em: <downloads.caixa.gov.br/_arquivos/banco_projetos/projetos_his/casa_42m2.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2013.

CAIXA. **SINAPI – Índices 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: 23 nov. 2012.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **CUB/m² Médio Brasil e Regiões**. Disponível em: <http://www.cub.org.br/p_reports_br.php?id=23>. Acesso em: 14 ago. 2012.

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.

CARDOSO, Roberto S. **Orçamento de Obras em Foco – Um Novo Olhar sobre a Engenharia de Custos**. São Paulo: PINI, 2009.

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.

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 : 4 jan. 2013.

Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE. **Índice FipeZap de Preços de Imóveis anunciados**: Preço do m² tem a menor variação mensal da série histórica em maio; Em 3 das 7

regiões alta foi menor do que a inflação. Disponível em: < <http://fipe.org.br/web/index.asp> >. Acesso em: 16 ago. 2012.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras.** Disponível em: <<http://www.engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Planejamento/Nocoesdaorcamentoeplanejamentodeobras.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2012.

HASHEM, Sherif Fouad. O Poder do Design-Build. **MundoPM – Project Management.** Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.mundopm.com.br/download/DESIGN_BUILD.pdf>. Acesso em: 25 set. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS. **OT - IBR 004/2012: Precisão do Orçamento de Obras Públicas.** Disponível em: <http://eventos.fecam.org.br/arquivosbd/paginas/1/0.716361001343652883_ot_ibr_04_2012.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13066-1: Interoperability with assistive technology (AT) – Part 1: Requirements and recommendations for interoperability.** Genebra: ISO, 2011.

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.

LEITE, Regina Maria Cunha. **Uso de ferramentas BIM (Building Information Modeling) na Construção Civil.** 2012. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gerenciamento de Obras, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

LOGISEEK. **BIM Clash Detection.** Disponível em: <http://www.logiseek.com/BIM_clash_detection.php>. Acesso em: 21 nov. 2012.

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

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: 13 out. 2012.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States™.** Disponível em: <<http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/faq/>>. Acesso em: 10 set. 2012.

NEURAL ENERGY. **Building Information Modeling (BIM):** BIM allows for greater collaboration between disciplines and trades involved in the process in order to produce better buildings that are safer, healthier, environmentally more sustainable and economically more efficient with fewer errors, omissions and less waste.. Disponível em:

<<http://www.neuralenergy.info/2009/06/building-information-modeling.html>>. Acesso em: 17 out. 2012.

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

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DA BAHIA. **Índices Macroeconômicos**. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ba.com.br/indices-macroeconomicos/>>. Acesso em: 14 ago. 2012.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Custo Unitário Básico (CUB/m²): Principais aspectos**. Disponível em: <http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/cub/cartilha_cub.pdf>. Acesso em 16 ago. 2012.

SOARES, Júlio Cesar. **Medição e Controle Quantitativo de Serviços da Construção Civil- Um Estudo de Caso**. 1996. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996. Cap. 2.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

VICOSOFTWARE. **3D Modeling Services**. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/3D-BIM-Modeling-Services/tabid/80169/Default.aspx>>. Acesso em: 19 out. 2012.

WEYGANT, Robert S. **BIM content development: standards, strategies and best practices**. Hoboken: Wiley, 2011.

WIKIPEDIA. **Building information modeling**. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling>. Acesso em: 15 out. 2012.

XAVIER, Ivan. **Orçamento, Planejamento e custos de obras**. São Paulo: FUPAM, 2008.

ANEXO

Planilha orçamentária da obra

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
1	SERVIÇOS PRELIMINARES				8,25%
1,1	Limpeza manual do terreno com raspagem superficial	m ²	150,00	12,63	1.894,50
1,2	Locação de obra com gabarito de tábua contínua 15 cm e pontaletes 3X3" a c/ 1,50 m	m ²	41,87	18,63	780,04
	SUB - TOTAL				2.674,54
2	FUNDAÇÕES				5,96%
2,1	Escavação manual de valas rasas em qualquer terreno, exceto rocha, p/ fundações rasas - baldrame	m ³	4,40	121,63	535,17
2,2	Apiloamento de fundo de vala com maço de 30 Kg	m ²	17,60	9,76	171,78
2,3	Reaterro manual apiloado de valas c/ material de obra	m ³	4,40	26,65	117,26
2,4	Aterro interno compactado manualmente	m ³	3,17	22,76	72,15
2,5	Lastro de concreto magro e = 5 cm	m ³	0,88	371,20	326,66
2,6	Viga baldrame composta de 2 fiadas de blocos de concreto tipo calha 14 x 19 x 39 cm, cheios de concreto 20 Mpa, incl. armação c/ 2 barras de ferro corridos, diam. 5.0 mm nas 2 fiadas, conforme projeto	m	39,95	12,96	517,75
2,7	Pintura impermeabilizante utilizando neutrol, 2 demãos	m ²	37,55	5,13	192,63
	SUB - TOTAL				1.933,40
3	ESTRUTURA				2,21%
3,1	Laje pré-moldada p/ forro, vãos até 3,50 m / e = 8 cm, com lajotas e capa de concreto FCK = 20 Mpa, 2 cm, inter-eixo 38 cm, esp. Total = 10 cm	m ²	3,89	50,09	194,85
3,2	Viga de travamento / respaldo de alvenaria composta de 1 fiada de blocos de concreto tipo calha 9 x 19 x 19 cm, cheios de concreto 20 Mpa, incl. Armação c/ 2 barras de ferro corridos diam. 5.0 mm, conforme projeto	m	40,19	12,96	520,86
	SUB - TOTAL				715,71
4	PAREDES E PAINÉIS				8,89%
4,1	Alvenaria 1/2 vez de blocos de concreto 9 x 19 x 39 cm, assentados com argamassa de cimento, cal e areia no traço 1:0,5:8	m ²	96,46	27,92	2.693,16

4,2	Vergas e contra-vergas p/ vãos de esquadrias em blocos de concreto tipo calha 9 x 19 x 19 cm, cheios de concreto 20 MPa, incl. armação com 2 barras de ferro corridos diam. 5.0 mm, conforme projeto	m	14,60	12,96	189,22
SUB - TOTAL					2.882,38
5	COBERTURA				10,38%
5,1	Cobertura com telhas cerâmicas capa e canal, tipo plan, inclusive madeiramento (apoio em paredes, sem tesoura) tratado c/ cupimicida, cumieira, cordão de arremate dos beirais e última fiada argamassada com cimento, cal e areia 1:2:8	m ²	55,85	60,26	3.365,52
SUB - TOTAL					3.365,52
6	ESQUADRIAS				11,38%
6,1	Porta de madeira almofadada 0,80 x 2,10 cm, e=3,5 cm p/ pintura, incl. Marco tipo aduela e alizar 4 x 1,5 cm	unid	2,00	480,51	961,02
6,2	Porta de madeira compensado liso 0,70 x 2,10 cm, e=3,5 cm p/ pintura, incl. Marco tipo aduela e alizar 4 x 1,5 cm	unid	2,00	220,32	440,64
6,3	Porta de madeira compensado liso 0,60 x 2,10 cm, e=3,5 cm p/ pintura, incl. Marco tipo aduela e alizar 4 x 1,5 cm	unid	1,00	217,85	217,85
6,4	Fechadura tipo cilindro completa + 3 dobradiças em metal cromado p/ porta externa	CJ	2,00	0,00	0,00
6,5	Conjunto de ferragens c/ 1 tarjeta e 3 dobradiças de ferro niquelado simples para as portas dos quartos e banheiro	CJ	3,00	0,00	0,00
6,6	Janela de alumínio anodizado fosco de correr 2 folhas 1,40 x 1,40 m	m ²	5,88	271,21	1.594,71
6,7	Janela de alumínio anodizado fosco, tipo maxim-ar, 2 bandeiras, 1,00 X 1,20 m	m ²	1,20	284,89	341,87
6,8	Janela de alumínio anodizado fosco, tipo maxim-ar, 1 bandeira, 0,60 X 0,80 m	m ²	0,48	284,89	136,75
SUB - TOTAL					3.692,84
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				5,89%
7,1	Eletroduto PVC flexível tipo corrugado diam. = 20 mm	m	19,00	3,34	63,46
7,2	Eletroduto PVC flexível tipo corrugado diam. = 25 mm	m	6,00	4,24	25,44
7,3	Eletroduto PVC flexível tipo corrugado diam. = 32 mm	m	30,00	5,88	176,40
7,4	Caixa eletroduto PVC 4 X 2"	unid	15,00	2,21	33,15
7,5	Caixa eletroduto PVC 3 X 3"	unid	1,00	1,74	1,74
7,6	Quadro de distribuição p/ 6 circuitos	unid	1,00	87,04	87,04
7,8	Plafonier em ABS linha popular p/ lâmpada incandescente	unid	7,00	7,23	50,61
7,9	Interruptor 1 tecla simples	unid	2,00	7,20	14,40
7,10	Interruptor 2 teclas simples	unid	2,00	9,68	19,36

7,11	Interruptor 1 tecla simples conjugado com 1 tomada universal 2P+T	unid	1,00	9,68	9,68
7,12	Tomada universal 2P+T	unid	6,00	7,20	43,20
7,13	Conjunto de 2 tomadas 2P+T conjugadas	unid	1,00	9,68	9,68
7,14	Placa de acabamento em baquelite com furo central p/ ponto de chuveiro elétrico	unid	1,00	3,28	3,28
7,15	Disjuntor termomagnético monofásico 10 A	unid	2,00	9,06	18,12
7,16	Disjuntor termomagnético monofásico 20 A	unid	1,00	9,06	9,06
7,17	Disjuntor termomagnético monofásico 35 A	unid	1,00	11,60	11,60
7,18	Fio de cobre condutor isol. 750 V # 1,5 mm ²	m	104,00	2,41	250,64
7,19	Fio de cobre condutor isol. 750 V # 2,5 mm ²	m	49,00	2,89	141,61
7,20	Fio de cobre condutor isol. 750 V # 6,0 mm ²	m	27,00	4,41	119,07
7,21	Fio de cobre condutor isol. 1kV # 10 mm ²	m	30,00	6,10	183,00
7,22	Padrão de entrada de energia monofásico em poste de concreto 5 m, completo, incl. aterramento e caixa p/ medidor c/ disjuntor monofásico de 50 A	unid	1,00	640,83	640,83
	SUB - TOTAL				1.911,37
8	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				4,34%
8,1	Tubo PVC soldável diam. = 20 mm	m	20,00	7,32	146,40
8,2	Tubo PVC soldável diam. = 25 mm	m	7,00	10,67	74,69
8,3	Tê PVC soldável diam. = 25 mm	unid	4,00	0,00	0,00
8,4	Joelho PVC soldável 90° diam.= 20 mm	unid	8,00	0,00	0,00
8,5	Joelho PVC soldável 90° diam.= 25 mm	unid	3,00	0,00	0,00
8,6	Joelho PVC soldável LR c/ bucha de latão diam. = 20 mm X 1/2"	unid	5,00	0,00	0,00
8,7	Bucha de redução PVC soldável 25 mm X 20 mm	unid	5,00	0,00	0,00
8,8	Adaptador PVC soldável curto c/ bolsa e rosca p/ registro diam.= 20 mm X 1/2"	unid	2,00	0,00	0,00
8,9	Adaptador PVC soldável curto c/ bolsa e rosca p/ registro diam.= 25 mm X 3/4"	unid	4,00	0,00	0,00
8,1	Flange PVC para reservatório diam.= 20 mm	unid	1,00	8,14	8,14
8,11	Flange PVC para reservatório diam.= 25 mm	unid	3,00	9,68	29,04
8,12	Reservatório de fibra de vidro capacidade 500 l, incl. Tampa	unid	1,00	383,02	383,02
8,13	Registro gaveta bruto diam.= 3/4" (25 mm)	unid	1,00	29,15	29,15
8,14	Registro gaveta metal c/ acabamento cromado diam. 3/4"	unid	1,00	55,82	55,82
8,15	Registro pressão metal acabamento cromado diam.= 1/2"	unid	1,00	54,98	54,98
8,16	Torneira de bóia p/ reservatório diam.= 1/2"	unid	1,00	28,40	28,40
8,17	Vaso sanitário de louça branca linha popular c/ caixa de descarga plástica externa, incl.engate PVC, tubo de descarga e acessórios de fixação	unid	1,00	175,97	175,97
8,18	Lavatório pequeno de louça branca sem coluna, incl. Válvula de PVC, sifão PVC sanfonado, engate PVC 1/2" e acessórios de fixação	unid	1,00	117,27	117,27

8,19	Pia de mármore sintético 1,20 X 0,54 m, incl. Válvula de PVC, sifão PVC tipo sanfonado e acessórios de fixação	unid	1,00	86,02	86,02
8,20	Tanque de mármore sintético pequeno (22 l), 1 cuba, incl. válvula de PVC, sifão de PVC tipo sanfonado e acessórios de fixação	unid	1,00	86,02	86,02
8,21	Torneira de parede PVC branca linha popular p/ pia de cozinha	unid	1,00	5,27	5,27
8,22	Torneira de parede PVC branca linha popular p/ tanque	unid	1,00	3,34	3,34
8,23	Torneira de bancada PVC branca linha popular p/ lavatório	unid	1,00	3,34	3,34
8,24	Kit de acessórios p/ banheiro composto de papeleira, saboneteira, cabide e porta em ABS cromado, linha popular	unid	1,00	42,23	42,23
8,25	Kit cavalete de PVC roscável diam. 3/4" conforme padrão da concessionária, incl. Base de proteção em concreto simples 20 x 40 x 5 cm	unid	1,00	68,54	68,54
8,26	Chuveiro plástico branco, incl. Braço PVC branco diam. = 1/2" e canopla	unid	1,00	10,23	10,23
	SUB - TOTAL				1.407,87
9 INSTALAÇÕES SANITÁRIAS					
9					8,19%
9,1	Tubo PVC simples ponta e bolsa p/ esgoto diam. = 100 mm	m	10,00	28,87	288,70
9,2	Tubo PVC simples ponta e bolsa p/ esgoto diam. = 50 mm	m	2,00	19,70	39,40
9,3	Tubo PVC simples ponta e bolsa p/ esgoto diam. = 40 mm	m	12,00	14,67	176,04
9,4	Curva curta PVC simples 90º p/ esgoto diam.= 100 mm	unid	3,00	0,00	0,00
9,5	Curva curta PVC simples 90º p/ esgoto diam.= 40 mm	unid	3,00	0,00	0,00
9,6	Joelho PVC simples 45 º p/ esgoto diam. = 40 mm	unid	2,00	0,00	0,00
9,7	Joelho PVC PVC 90º p/ esgoto, incl. Anel de borracha diam.= 40 mm	unid	3,00	0,00	0,00
9,8	Tê PVC simples p/ esgoto diam.= 100 X 100 mm	unid	2,00	0,00	0,00
9,9	Junção de redução PVC simples p/ esgoto diam.= 100 X 50 mm	unid	1,00	0,00	0,00
9,10	Bucha de redução PVC simples p/ esgoto diam. = 50 X 40 mm	unid	1,00	0,00	0,00
9,11	Luva PVC simples p/ esgoto diam. 40 mm	unid	3,00	0,00	0,00
9,12	Luva PVC simples p/ esgoto diam. 100 mm	unid	1,00	0,00	0,00
9,13	Caixa sifonada de PVC 100 X 100 X 40 mm completa, incl. grelha e porta grelha de PVC branco	unid	1,00	26,91	26,91
9,14	Caixa de inspeção 60 X 60 X 50 cm em concreto pré-moldado e = 5 cm, incl. fundo, tampa 70 X 70 X 5 cm de concreto armado e regularização de fundo c/ argamassa de cimento e areia 1:4	unid	1,00	95,93	95,93
9,15	Caixa de gordura simples 60 X 60 X 50 cm em concreto pré-moldado e = 5 cm, incl. fundo, placa interna e tampa 70 X 70 X 5 cm de concreto armado	unid	1,00	56,28	56,28
9,16	Caixa de passagem sifonada 60 X 60 X 50 cm em concreto pré-moldado e = 5 cm, incl. Fundo e tampa 70 X 70 X 5 cm de concreto armado	unid	1,00	95,93	95,93

9,17	Fossa séptica diam.= 1,2 m e altura útil = 1,75 m em anéis pré - moldados conforme projeto	unid	1,00	937,99	937,99
9,18	Sumidouro diam. = 1,2 m e altura útil = 1,75 m em anéis pré - moldados com furação, incl. Lastro de brita no fundo, conforme projeto	unid	1,00	937,99	937,99
	SUB - TOTAL				2.655,17
10	INSTALAÇÕES ESPECIAIS				0,00%
10,1	Fornecimento e instalação de sistema completo de aquecimento solar para chuveiro de residência popular, composto de 2 placas coletoras, 1 reservatório de 200 l com suporte, 1 misturador e apoio eletrônico para instalação em tubo de PVC, inclusive registros e tubulação em CPVC para interligação do sistema à alimentação do reservatório e ao ponto do chuveiro	cj	1,00		0,00
	SUB - TOTAL				0,00
11	REVESTIMENTOS				19,73%
11,1	Chapisco em paredes internas e tetos com argamasas de cimento e areia 1:3, e = 0,5 cm	m ²	147,49	3,53	520,64
11,2	Chapisco em paredes externas com argamasas de cimento e areia 1:3, e = 0,5 cm	m ²	74,09	3,53	261,54
11,3	Reboco tipo paulista em paredes internas e tetos com argamassa de cimento, cal e areia 1:2:8, e = 2 cm	m ²	147,49	17,33	2.556,00
11,4	Reboco tipo paulista em paredes externas com argamassa de cimento, cal e areia 1:2:8, e = 2 cm	m ²	74,09	17,33	1.283,98
11,5	Azulejo branco 20 x 20 cm, assentado com argamassa colante, juntas a prumo, incl. rejuntamento com argamassa industrializada, a ser assentado nas paredes do banheiro e da cozinha até altura de 1,60 m e barra de 0,60 x 0,60 m acima do tanque	m ²	25,35	26,45	670,51
11,6	Forro de PVC branco, instalado em estrutura de perfis metálicos, incl. estrutura e roda forro	m ²	35,04	31,57	1.106,21
	SUB - TOTAL				6.398,88
12	PISOS				5,59%
12,1	Lastro de concreto FCK 10 Mpa sarrafeado para contrapiso, e = 6 cm	m ³	2,30	248,80	572,24
12,2	Piso cerâmico esmaltado 33 x 33 cm PEI 3 ou superior, linha popular, assentado com argamassa colante, incl. rejuntamento com argamassa industrializada e regularização de base e = 2,5 cm	m ²	38,56	24,57	947,42
12,3	Calçada de proteção em concreto magro, e = 5 cm e largura de 60 cm	m ²	17,02	17,29	294,28

	SUB - TOTAL				1.813,94
13	PINTURA				8,03%
13,1	Pintura latex PVA 2 demãos sobre 1 demão de selador em paredes internas e teto	m ²	122,50	9,78	1.198,05
13,2	Pintura latex acrílica 2 demãos sobre 1 demão de selador em paredes externas	m ²	73,73	14,79	1.090,47
13,3	Pintura esmalte 2 demãos sobre fundo nivelador (1 demão) em esquadrias de madeira - portas	m ²	22,68	13,87	314,57
	SUB - TOTAL				2.603,09
14	VIDROS				1,18%
14,1	Vidro fantasia incolor canelado esp. = 4 mm	m ²	6,95	54,98	382,11
	SUB - TOTAL				382,11
	TOTAL				32.436,81