

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DAS CONSTRUÇÕES E ESTRUTURAS**

**MARCO ANDRÉ MELO RIBEIRO**

**ANÁLISE DOS LEVANTAMENTOS DE QUANTITATIVOS**  
**ORÇAMENTÁRIOS PELO MÉTODO CONVENCIONAL E PELA**  
**TECNOLOGIA BIM**

**São Luís – MA**

**2017**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DAS CONSTRUÇÕES E ESTRUTURAS

MARCO ANDRÉ MELO RIBEIRO

ANÁLISE DOS LEVANTAMENTOS DE QUANTITATIVOS ORÇAMENTÁRIOS  
PELO MÉTODO CONVENCIONAL E PELA TECNOLOGIA BIM

São Luís – MA

2017

MARCO ANDRÉ MELO RIBEIRO

ANÁLISE DOS LEVANTAMENTOS DE QUANTITATIVOS ORÇAMENTÁRIOS  
PELO MÉTODO CONVENCIONAL E PELA TECNOLOGIA BIM

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como parte das exigências do exame de qualificação para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio

São Luís – MA

2017

Ribeiro, Marco André Melo

Análise dos levantamentos de quantitativos orçamentários pelo método convencional e pela tecnologia BIM / Marco André Melo Ribeiro – São Luís, 2017.

89 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio

1.Orçamento. 2.BIM. 3.Quantitativos. 4.Custo. I. Título

CDU: 624:657.4

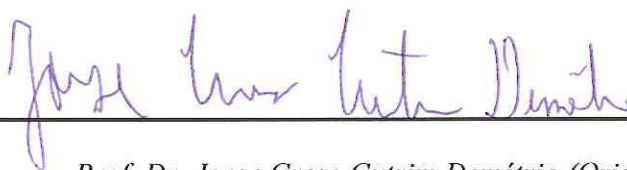
MARCO ANDRÉ MELO RIBEIRO

ANÁLISE DOS LEVANTAMENTOS DE QUANTITATIVOS ORÇAMENTÁRIOS PELO  
MÉTODO CONVENCIONAL E PELA TECNOLOGIA BIM

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como parte das exigências do exame de qualificação para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

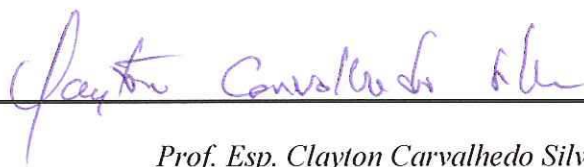
APROVADA EM 28 / 06 / 2017

BANCA EXAMINADORA



---

*Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio (Orientador)*  
*Universidade Estadual do Maranhão*



---

*Prof. Esp. Clayton Carvalho da Silva*  
*Universidade Estadual do Maranhão*



---

*Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho*  
*Universidade Estadual do Maranhão*

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo incentivo e dedicação à minha educação.

**AGRADECIMENTOS:**

Em primeiro lugar, Deus, meu pai e criador. Por todas as conquistas e sonhos realizados durante a vida que Ele me proporcionou. Por esse amor incondicional, sempre me livrando dos males e perigos do mundo. Este trabalho é fruto dos dons do Espírito Santo de Deus em mim.

Aos meus pais, Jorge Luís Pereira Ribeiro e Francisca Maria Melo Ribeiro, que me deram a vida e com muito esforço me criaram e educaram. Me mostraram o amor, o caminho do bem, a honestidade, a humildade e tantas outras virtudes e me fazem o homem que sou hoje.

Aos meus irmãos, Jorge e Lucas, que são meus melhores amigos e sempre me apoiaram e me ajudaram em todos momentos da minha vida.

Aos amigos que fiz ao longo da vida e levarei comigo até o fim dela: Gabriel Araújo, Thiago Ramada, Hugo Gama, Júlio Moreira, Otílio Lima, Marcos Caldas, Dalmo Rocha, Márcio Sena, Hugo Barros, Hugo Morais, Gerôncio Verde, Tayla Trindade, Geovanne Araújo, Tainam Ferreira, Wendel Cavalcante, Adriano Brandão, Adriano Borges, André Aquino, Erick Carvalho, Igor Vinícius, Vitor Sena, Elisandra Lobato e todos que tive a oportunidade de conhecer na UEMA durante minha graduação.

A toda equipe da SEFAZ Maranhão, onde tive a oportunidade de estagiar e trabalhar durante cinco anos e fiz muitos amigos. Em especial, à Edileusa Reis, Damázio Nazaré e Elizabeth Davina; aos engenheiros Israel Branco, Alan Pires, Eduardo Elói, Joaquim Oliveira, Jéssica Melo e Tássio Mendes; às arquitetas Franczy Veiga e Elzi Senna; e às amigas Maria de Lourdes e Sarah Miranda.

Ao meu orientador neste trabalho, Prof. Dr. Jorge Creso, que além de amigo e grande professor, foi fundamental à minha carreira sendo a primeira pessoa a abrir as portas do mercado de trabalho para mim.

Aos professores, mestres e doutores que compõe o corpo docente do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão, em especial à Ivar Hortegal, Eduardo Aguiar, Célio Sardinha, João Aureliano e Airton Petinelli.

## RESUMO

O processo de orçamentação de um projeto é uma etapa de fundamental importância para a execução de uma obra. Esse processo é composto por várias etapas, como análise técnica dos projetos, visita técnica, identificação dos serviços, levantamentos de quantitativos, elaboração das composições de preços unitários, cotação dos insumos, estudo dos encargos sociais, confecção do benefício das despesas indiretas (BDI) e determinação do preço de venda. Cada etapa possui sua importância e também certas dificuldades específicas. Focando no levantamento de quantitativos, através de teoria e um estudo de caso, este trabalho apresenta uma tecnologia nova, o BIM (*Building Information Modeling*), que ascende no mercado mundial e otimiza o processo de elaboração, planejamento e execução de projetos. Com o estudo de caso realizado se pôde observar as vantagens do uso do BIM para extração de quantitativos orçamentários como maior precisão e rapidez do processo.

Palavras-Chave: Orçamento, BIM, quantitativos, custo



## **ABSTRACT**

The process of budgeting a project is a stage of fundamental importance for the execution of a civil work. This process is composed of several stages, such as technical analysis of projects, technical visit, identification of services, quantitative surveys, preparation of unit price compositions, input prices, study of social responsibilities, creation of budget difference income (BDI) and determination of the selling price. Each step has its importance and also certain specific difficulties. Focusing on the quantitative surveys, through theory and a case study, this academic work presents a new technology, BIM (Building Information Modeling), which ascends in the world market and optimizes the process of designing, planning and executing projects. With the case study completed, it was possible to observe the advantages of using BIM to extract budget quantitative data with higher precision and quickness in the process.

Keywords: Budget, BIM, quantitative, cost

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do Trabalho .....	4
Figura 2 - Interoperabilidade BIM.....	6
Figura 3 - Porcentagem de informação para estimativa de custos .....	27
Figura 4 - Diferença entre CAD e BIM .....	34
Figura 5 - BIM e o ciclo de vida de uma edificação.....	35
Figura 6 - Fluxo BIM.....	37
Figura 7 - Esquema de integração dos envolvidos no projeto.....	37
Figura 8 - Imagem 3D renderizada, gerada por softwares BIM, representando parte das instalações de ar-condicionado de uma edificação.....	39
Figura 9 - Exemplos de extração de quantidades realizadas por soluções BIM. Podem ser extraídas e fornecidas tanto detalhes dos componentes (exemplo dos pilares), quantidade de componentes ou de conjunto de componentes .....	40
Figura 10 - Através de um código de cores, os esforços estruturais suportados pelas lajes de uma edificação são representados em imagem gerada por um software BIM .....	41
Figura 11 - Localização e classificação, automática, de interferências geométricas, realizadas por um software BIM .....	42
Figura 12 - Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de um levantamento de quantidades e orçamentação .....	45
Figura 13 - Questões importantes ao planejar com BIM.....	49
Figura 14 - Vista 3D da fachada do projeto.....	52
Figura 15 - Pavimento Tipo.....	53
Figura 16 - Verificação de interferências no projeto.....	54
Figura 17 - Diagnóstico de interferências.....	54
Figura 18 - Novo levantamento de material .....	57
Figura 19 - Etapa do levantamento de materiais .....	58
Figura 20 - Propriedades do levantamento de material .....	59
Figura 21 - Nova tabela/quantidades .....	61
Figura 22 - Caracterização de nova tabela para pilares .....	61
Figura 23 - Propriedades do levantamento de pilares.....	62

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Matriz genérica de classificação para estimativa de custos.....	20
Tabela 2 - Faixas de precisão de uma estimativa de custos.....	24
Tabela 3 - Faixas de precisão de um orçamento preliminar .....	25
Tabela 4 - Faixas de precisão de um orçamento detalhado .....	27
Tabela 5 - Precisão de estimativas.....	28
Tabela 6 - Planilha com as quantidades de concreto extraídas.....	60
Tabela 7 - Planilha do levantamento de pilares .....	63
Tabela 8 - Total de volume de concreto nos pilares .....	64
Tabela 9 - Total de volume de concreto em vigas .....	65
Tabela 10 - Comparação dos resultados .....	65
Tabela 11 - Comparação utilizando outros critérios.....	66
Tabela 12 - Orçamento exemplificativo .....	68

## LISTA DE SIGLAS

Este trabalho possui uma grande variedade de termos e, por isso, esta lista tem a finalidade de apresentar claramente seus significados.

BIM: Building Information Modeling

CAD: Computer Aided Design

2D: Duas dimensões

3D: Três dimensões

IBEC: Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos

BID: Banco Interamericano de Desenvolvimento

BIRD: Banco Internacional para Recuperação e Desenvolvimento

DNER: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

BDI: Benefícios e Despesas Indiretas

CUB: Custo Unitário Básico

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

SICRO: Sistema de Custos Rodoviários

AACEI: Association for the Advancement of Cost Engineering

SINDUSCON: Sindicato das Indústrias da Construção Civil

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

INSS: Instituto Nacional do Seguro Social

CBIC: Câmara Brasileira da Indústria da Construção

ICEC: *International Cost Engineering Council*

NBIMS: *National Building Information Modeling Standard*

PMKB: Project Management Knowledge Base

VCD: Virtual Design & Construction

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	IV
<b>ABSTRACT</b> .....	V
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	VI
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	VII
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	VIII
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	3
<b>3. ENGENHARIA DE CUSTOS</b> .....	7
3.1. Engenharia de Custos no Brasil.....	9
3.2. Dificuldades encontradas pelas empresas para implantação da engenharia de custos.....	11
3.3. Métodos disponíveis no mercado.....	12
<b>4. ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	14
4.1. Conceitos e Definições.....	14
4.2. Propriedades do orçamento de obras.....	16
4.3. Precisão do orçamento de obras.....	18
4.4. Estimativa de Custo.....	21
4.5. CUB – custo unitário básico.....	22
4.6. Orçamento preliminar.....	24
4.7. Orçamento detalhado ou analítico.....	25
4.8. Levantamento de Quantitativos.....	29
<b>5. TECNOLOGIA BIM</b> .....	32
5.1. Principais funcionalidades do BIM.....	38
5.2. Orçamentação com BIM.....	42
5.3. Vantagens e desvantagens do uso do BIM em projetos.....	46
5.4. Uso do BIM no planejamento de obras.....	48
5.5. Construção enxuta e BIM.....	50
<b>6. MÉTODO EMPREGADO</b> .....	52
6.1 Modelo BIM do Projeto.....	53
6.2. Verificando interferências no projeto estrutural.....	53

6.3. Levantamento dos quantitativos do modelo.....	55
6.4. Levantamento de quantidades com Autodesk REVIT.....	55
<b>7. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>57</b>
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>73</b>
<b>11. APÊNDICE A.....</b>	<b>74</b>
<b>12. APÊNDICE B.....</b>	<b>75</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das etapas mais importantes de um projeto de construção civil sem dúvida é a orçamentação, visando obter um preço final ao empreendimento para saber se este é viável ou não. Uma precisão na estimativa do custo final de um projeto até sua execução é de fundamental importância, seja para obras privadas ou para obras públicas. As quantidades de insumos, materiais e até a mão de obra devem ser rigorosamente calculadas a fim de não acontecer subestimação e nem superestimação de preços. Custos subestimados acarretam em obras inacabadas, aditivos contratuais, licitações desertas e obras com qualidade deficiente. Enquanto quando acontece superestimação de custos, o maior problema é o sobrepreço que resulta em superfaturamento.

Entre as principais causas para deficiências no processo de formação de preços, citam-se os projetos incompletos, defasados, deficientes e o uso inadequado de referências de preços ou, ainda, a própria deficiência do sistema referencial utilizado. Profissionais mal preparados em termos de conhecimentos basilares de engenharia de custos, também têm o potencial de inserir relevantes imprecisões na avaliação do custo da obra.

Os orçamentos para obras de construção civil englobam no levantamento dos serviços a serem executados, seus quantitativos, os respectivos preços unitários e o preço global do investimento (COELHO, 2001). O levantamento das quantidades é efetuado a partir da análise do projeto desenvolvido, das especificações técnicas e das plantas construtivas (DIAS, 2004).

Na maioria dos escritórios de projetos de engenharia civil no Brasil, esse processo de levantamento de quantitativos de materiais é quase totalmente manual e por isso pode ser vítima de muitos equívocos, o que leva a consequências desagradáveis. Um erro no levantamento de quantitativos pode ser perigosamente refletido na avaliação do custo final de um empreendimento, afetando as tomadas de decisões de uma empresa ou em caso de obras públicas, pode causar um enorme prejuízo ao erário. Portanto, tendo o levantamento de quantitativos como uma etapa de extrema importância no processo orçamentário, é possível compreender a necessidade da melhoria do método empregado.

Hoje, destaca-se no universo da construção uma tecnologia nova, chamada BIM (*Building Information Modeling*), em português, Modelagem da Informação da Construção. Essa tecnologia vem ganhando grande destaque na indústria da construção civil pois possui um grande potencial de otimização de diversas atividades relacionadas à engenharia. O ingresso dessa tecnologia no mercado atual pode ser comparado à época da chegada do CAD

(*Computer Aided Design*) nos diversos setores das engenharias. O CAD chegou para otimizar os projetos e desenhos feitos à mão com uso de materiais como réguas, esquadros e transferidores.

Analogamente, a tecnologia BIM chega não para substituir o uso do CAD - pois esta é ainda é uma ferramenta de extrema importância para engenheiros e arquitetos - mas para aperfeiçoar cada vez mais o desenvolvimento, compatibilização, leitura, estudo e execução de projetos.

Contendo geometria exata e informações relevantes, a tecnologia BIM apresenta um modelo virtual de uma edificação de forma digital, podendo dar auxílio em todas as fases da construção. A busca pela industrialização da construção civil pode ser vista na saída de alguns serviços do canteiro de obra com os pré-moldados, proporcionando uma maior produtividade e menor custo. Com a tecnologia BIM essa maior produtividade e menor custo da indústria pode ser incorporada ainda na fase de projeto, anterior ao início da obra, gerando informação crítica sobre um projeto a tempo de fazer mudanças significativas sem grandes custos.

Voltado para o orçamento, esta plataforma integra o chamado BIM 5D no qual a dimensão do custo é incluída no modelo e que “Cada elemento do projeto passa a ter vinculação a dados de custo. Assim, a alvenaria mostrada no pavimento fica ligada a seu orçamento e a seus respectivos insumos de produção. Uma alteração de dimensão na planta torna possível a atualização do orçamento.” (MATTOS, 2014)

Com o objetivo de esclarecer a tecnologia BIM e aperfeiçoar o processo de orçamentação tem-se a necessidade de um estudo sobre o tema, já que essa tecnologia chegou para ficar. O BIM é, sem dúvida, um desenvolvimento irreversível no modo de pensar o projeto e que em um futuro próximo deverá ser unanimidade como padrão de projetar.

Este trabalho busca um aprofundamento a respeito da tecnologia BIM e seu uso na construção civil com ênfase em orçamentação. Num primeiro momento será feita uma exposição geral sobre engenharia de custos e orçamentos, partindo para uma apresentação sobre o BIM. Com enfoque prático, o presente trabalho buscará a extração de quantitativos de materiais de um projeto de edificação de edifício de 05 pavimentos pelo método BIM e pelo método convencional. Ao final será analisado os quantitativos extraídos pelos dois métodos e gerar uma conclusão pretendendo esclarecer aspectos relacionados à tecnologia BIM.



## **2. OBJETIVO GERAL**

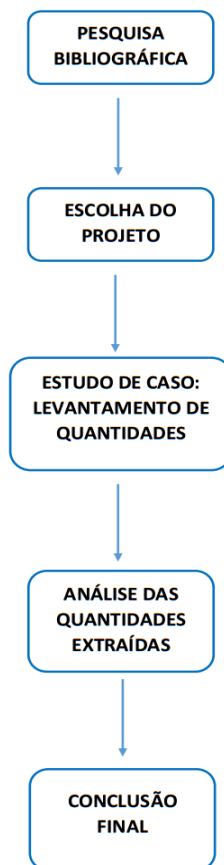
O objetivo geral do trabalho consiste na apresentação de uma análise comparativa com as diferenças nos quantitativos e no custo do concreto entre dois orçamentos para uma mesma edificação, um elaborado com a tecnologia BIM e outro utilizando o método convencional de mercado.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Compreender o processo de orçamentação de obras civis, com foco na etapa de levantamento de quantitativos.
- Conhecer os principais conceitos, usos e benefícios da tecnologia BIM no processo de levantamento de quantitativos orçamentários.
- Aplicação da tecnologia BIM para o levantamento de quantitativos de um projeto de uma edificação de edifício de 05 pavimentos através de um estudo de caso.
- Avaliar os resultados obtidos em um estudo de caso de aplicação da ferramenta BIM no processo de levantamento de quantitativos de um projeto.

Este trabalho de conclusão de curso será realizado através das etapas apresentadas a seguir:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) escolha do projeto;
- c) estudo de caso: Levantamento de quantidades;
- e) análise das quantidades extraídas;
- f) conclusões finais.

**Figura 1 - Etapas do Trabalho**

Fonte: Autor (2017)

A justificativa para a execução deste trabalho é o aprofundamento teórico em uma tecnologia eficiente capaz de quantificar de forma automática e precisa os elementos de uma planilha orçamentária.

O uso da tecnologia BIM traz essa proposta de aperfeiçoar um levantamento de materiais e serviços de um projeto de forma precisa. No Brasil, por enquanto, são poucas as empresas que estão se arriscando a desbravá-la e ainda enfrentam todas as dificuldades inerentes a qualquer mudança de paradigma.

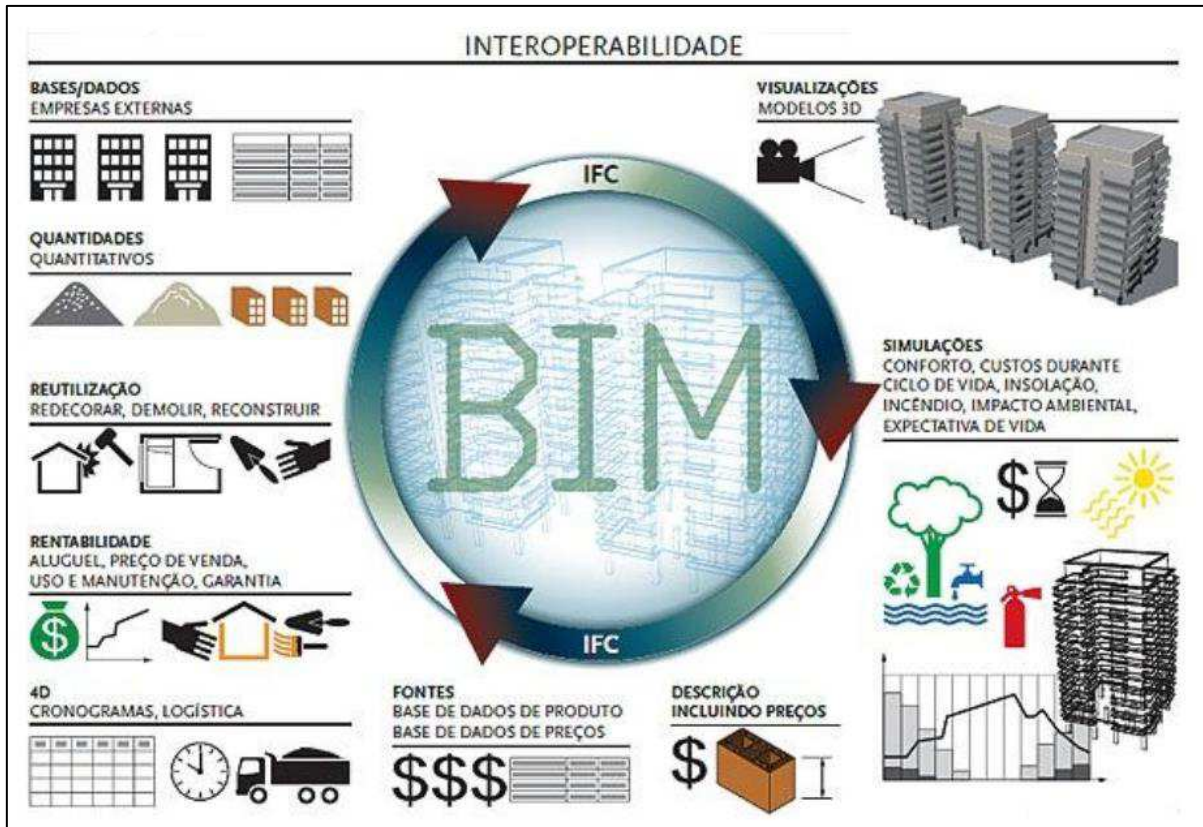
Cada projeto de engenharia tem particularidades específicas, o que gera a necessidade de ser planejado, quantificado e controlado de forma eficaz. Paralelo a esta necessidade, o crescimento do mercado e da economia tem acirrado a competitividade entre estas empresas e gerado uma maior demanda por produtos e serviços, em especial por serviços de engenharia. Por sua vez, o consumidor final está mais informado e atento à qualidade do produto oferecido, o que exige por parte das empresas um melhor planejamento e controle.

A leitura e entendimento de projetos hoje, não é algo tão simples. A grande quantidade de informação inseridas em uma prancha muitas vezes dificulta a sua interpretação, e por muitas vezes, detalhes passam despercebidos. A compatibilização dos projetos também não é eficaz, uma vez que uma visualização de uma planta em 2D não possibilita ver detalhes, como por exemplo, a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas em uma mesma parede. Uma vez que o projeto é representado em uma série de desenhos, o conteúdo desses documentos pode não ser claro para todos que os utilizam. Se não está totalmente visualizado, compreendido e comunicado, não podem ser representados corretamente no orçamento e pode conseqüentemente, criar problemas durante a construção.

Nessa perspectiva, empresas que investem em orçamento, planejamento e controle de seus projetos e obras com certeza estarão um degrau acima das demais e serão diferenciais nesse mercado tão competitivo, além de obter faixas de lucros superiores em seus empreendimentos. Esses investimentos devem ser voltados a ferramentas adequadas e tecnologias inovadoras existentes no mercado.

É nesse contexto que o BIM se encaixa, pois ele vem despontando com muita força por todo o mundo. Essa tecnologia está revolucionando as áreas de gestão e projetos, através da construção de modelos tridimensionais, paramétricos e orientados a objetos (ou seja, cada elemento faz parte de uma hierarquia de famílias e têm propriedades individuais), ele permite organizar, em um mesmo arquivo eletrônico, um banco de dados de toda a obra, com todos os projetos (arquitetônico, hidráulico, elétrico, estrutural, entre outros) acessíveis simultaneamente a todas as equipes envolvidas numa construção.

Figura 2 - Interoperabilidade BIM



Fonte: site construtora Mega Realty, 2012

Através de modelagem, cria-se o modelo 3D de todo o projeto executivo, permitindo fazer simulações, levantar quantitativos e atribuir preços ou referenciá-los através de uma fonte de dados para chegar ao custo da obra. Com BIM também é possível fazer o planejamento da execução da obra através de cronogramas. A figura 01 acima exemplifica como se integram todas essas informações e dados contidos em um modelo BIM.

### 3. ENGENHARIA DE CUSTOS

Seria incoerente abordar um tema como uso do BIM no processo de orçamentação de uma obra sem falar sobre a engenharia de custos, que é aplicada desde a elaboração de um projeto até a sua concepção. Para José Marques Ferreira Vicente, ex-presidente do IBEC – Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos, “Este é um ramo da engenharia que estuda métodos de projeção, apropriação e controle de recursos financeiros necessários à realização dos serviços que constituem uma obra ou projeto, de acordo com um planejamento de execução previamente estabelecido”.

Também pode ser definida como uma ciência voltada para a resolução de problemas de estimativa de custos, orçamentação, avaliação econômica, planejamento, gerenciamento e controle de empreendimentos (BAETA, 2012).

A engenharia de custos não se limita à previsão de custos de investimentos, continua, necessariamente na fase de execução da obra, com o mesmo rigor, através do planejamento, controle, acompanhamento de custos e definição dos custos de manutenção das mesmas. Serve ainda para a montagem de bancos de dados com as composições analíticas de custo dos serviços de interesse da empresa, com base nos resultados obtidos nos serviços e obras que vão sendo executadas, uma vez que isto virá consolidar o trabalho de estimativas de custo de empreendimentos futuros.

Essa ciência é, sem dúvida, uma atividade multidisciplinar que integra conhecimentos gerais e específicos dos diversos ramos da engenharia (civil, mecânica, elétrica, química, produção), economia e administração.

As principais atribuições da engenharia de custos são:

- Análise econômica ou avaliação da rentabilidade de determinado projeto ou empreendimento;
- Previsão do custo de obras, investimentos e projetos;
- Planejamento da fase de construção e implantação;
- Controle dos custos de execução de empreendimentos;
- Avaliação dos custos de manutenção e de operação de projetos;
- Estabelecimento de estratégias para o desenvolvimento e implantação de projetos;
- Acompanhamento dos índices de produtividade na execução e operação de empreendimentos;
- Monitoramento e avaliação do processo de gestão de mudanças no escopo do projeto e seus impactos nas metas estabelecidas;

- Análise de propostas de fornecedores de equipamentos e contratações de serviços;

A Engenharia de Custos, aplicada à Construção Civil, é a única disciplina capaz de dar suporte à **Formação do Preço e Controle de Custos** de obras. Concretamente seus alvos são os serviços de construção, focalizando a dinâmica de processos, que correspondem a fluxos de materiais (consumos) e de trabalho (produtividade e produção), fluxos financeiros, no tempo e no espaço, atendendo à demanda da tecnologia de construção. Além disso, prevê distintas metodologias, fundamentalmente estimativas de estudos, formação do preço por Tabelas de Custos Padrão e Formação do Preço por Modelagem, cada uma delas com adequações aos graus de precisão do resultado, que se pretende alcançar, e à complexidade da obra, cujo custo se deseja estimar. (PINI, 2011)

No atual cenário da economia brasileira, a utilização da engenharia de custos pelas construtoras é de fundamental importância para a análise correta da viabilidade econômica de um empreendimento. A orçamentação se mal conduzida pode trazer informações incompletas sobre todas as fases da obra tornando impossível que o empreendimento consiga estabelecer metas orçamentárias, quantificar serviço e materiais, fazendo com que em última análise o empreendimento traga prejuízo para a construtora e até prejuízo ao estado quando se tratar de obras públicas.

Com um orçamento bastante fidedigno, o construtor consegue obter inúmeras vantagens para garantir o êxito da sua construção. Assim, é possível se antecipar aos custos necessários para execução de uma obra, auxilia o engenheiro a tomar decisões com base no orçamento, permite o correto dimensionamento das equipes de trabalho que executarão os serviços, controlar o consumo de materiais de modo que qualquer desvio ou perda possa ser analisado e revertido através de planos de ação. Também podemos garantir através da correta análise da engenharia de custos de um empreendimento que o cronograma físico-financeiro da obra está seguindo o ritmo planejado pela empresa.

A previsão correta de todos os itens advindos da execução da obra, faz com que o gestor consiga otimizar todo o processo de estimar os custos do empreendimento, diminuindo muito os riscos futuros de gastos com itens não previstos inicialmente no orçamento da obra.

Segundo DIAS (2004) “É de grande responsabilidade profissional a preparação correta de um orçamento, uma vez que quanto mais competitiva se torna a área de engenharia civil, não só com a redução de mercado, como também com o surgimento de novas empresas, bem como, e principalmente, com a experiência que vem sendo obtida pelos contratantes na

apropriação de custos e elaboração de suas bases de orçamento, mais importante se torna a aplicação consciente dos princípios da engenharia de custo. Pois, não basta saber elaborar o orçamento, e sim, desenvolvê-lo em período curto, através de métodos atuais de execução, mas, prioritariamente, conseguir preço competitivo e mínimo”.

Desse modo, podemos afirmar que hoje em dia a engenharia de custos é o principal fator na decisão de uma empresa de realizar ou não um empreendimento. Todo o resultado futuro do empreendimento depende da correta escolha da orçamentação a ser utilizada e também que todo o controle dos custos seja feito de acordo com a orçamentação escolhida.

### 3.1. ENGENHARIA DE CUSTOS NO BRASIL

Não é mais possível promover uma engenharia de verdade sem operar e calcular preços e custos de forma clara e coerente; é exigência da sociedade e do mercado. Justa exigência para a qual precisamos nos preparar e apresentarmos num formato de qualidade. E para isto o controle e o gerenciamento de custos são primordiais, e deve funcionar com alta tecnologia em suas posições.

Devido aos grandes investimentos que são feitos todos os anos na construção civil brasileira, podemos considerar que o estudo dos orçamentos sempre teve grande papel na engenharia. Na segunda metade do século XIX, começou-se a dar a importância necessária para o estudo econômico das obras devido ao crescimento das ferrovias nos Estados Unidos, o que acabou criando demanda para a criação de ferramentas que analisassem os investimentos de longo prazo. (GAZZONI, 2014)

Desse modo, esses trabalhos pioneiros geraram a criação de novos estudos e metodologias que migraram para a Faculdade de Engenharia, passando a fazer parte integrante do currículo acadêmico. Contudo, em meados dos anos 40, o estudo sobre a avaliação econômica dos problemas de engenharia transferiu-se para a Engenharia de Produção, gerando um escopo de estudos financeiros mais desenvolvidos, porém voltados para a prestação de serviços e a indústria, saindo do foco inicial que eram as construções civis.

Nos dias de hoje a construção civil tem uma grande fatia no PIB brasileiro, e com o avanço da conscientização da sociedade dos seus direitos, o crescimento da competitividade, as novas tecnologias nos processos construtivos que aumentam a sua complexidade e a abertura do mercado, os erros de orçamento que antes eram considerados aceitáveis, hoje podem chegar a inviabilizar um empreendimento. Se

detectados após o início da obra, podem trazer grandes prejuízos para o incorporador e todos os sócios do negócio.

Com a atual evolução, a engenharia, mesmo só a civil, subdivide-se em várias especializações, sendo aqui importante sim, que a engenharia de custos, assuma os novos caminhos de estimar e orçar com qualidade, total qualidade de gerenciar, porque o fim dos desperdícios nas construções, começa nos escritórios de planejamento, às vezes evitando obras ou projetos inviáveis financeira ou economicamente, além de uma especialidade, o mundo empresarial exige cálculos, cálculos precisos, com margens de exatidão, que possibilitem o sucesso dos empreendimentos, sejam eles de pequeno, médio ou grande porte.

Segundo DIAS (2004) para licitações públicas e obras financiadas por organismos internacionais de financiamento, como BID, BIRD e Banco Mundial, bem como em alguns órgãos públicos (por exemplo DNER), se faz necessário a utilização de uma metodologia adequada de orçamentação e a apresentação dos seguintes formulários para basear as o orçamento apresentado: pesquisa de mercado de preços de pessoal, materiais e equipamentos, composição de custo do tipo por produção, cálculo do custo horário de utilização dos equipamentos, produção das equipes mecânicas e discriminação dos encargos sociais e do BDI.

No caso específico da Administração Pública, se os orçamentos não forem bem feitos e não representem a realidade da obra e do mercado, correm também um sério risco de trazerem consequências indesejáveis, tais como baixa qualidade dos serviços, atrasos ou paralisações de obra, aditivos contratuais, recursos e ações judiciais, entre outros, que podem levar a incalculáveis prejuízos para o erário público.

Para evitar esse tipo de problema existe uma norma geral que rege todas as contratações em qualquer nível de governo, seja administração direta ou indireta, onde a contratante é obrigada a segui-la, chamada Lei de Licitações (Lei Federal nº 8.666/93). Por essa Lei, uma vez apresentada a proposta e se for a vencedora, não poderá haver arrependimento, sob pena de pesadas multas e impedimento de participar de outras licitações por um período. Portanto, em poucas palavras, é proibido errar. A redação das punições consta nos incisos I a IV do artigo 87 da Lei 8.666/93, onde é citado advertências às executantes contratadas, multas previstas no contrato, suspensão temporária de participação em licitações, impedimento em contratar com a Administração Pública e até a declaração de inidoneidade para licitar ou contratar junto à Administração Pública.



O problema se dá quando as licitações públicas são levadas para orçamentação pelas empresas participantes do edital baseadas somente no projeto básico da obra. Segundo DIAS (2004) o projeto básico nos leva a uma possibilidade de erro de 20% a 30% em relação ao projeto executivo, que passa a ser analisado após a empresa vencedora ser anunciada.

### 3.2. DIFICULDADES ENCONTRADAS PELAS EMPRESAS PARA IMPLANTAÇÃO DA ENGENHARIA DE CUSTOS

Normalmente, a visão monetária dos custos leva as empresas a adotarem ações no sentido de controles e reduções muitas vezes de forma indiscriminada, sem uma análise mais adequada sobre quais os recursos ou benefícios atingidos na forma de produtos ou serviços, não permitindo, ainda, a prática de técnicas de otimização dos recursos. Por otimização de recursos entenda-se, aqui, o esforço para produzir mais, com mais qualidade e menor desperdício. Desse modo, o controle de custo realizado nas obras deve ser rigoroso e criterioso, evitando que os custos previstos inicialmente sejam cumpridos sem onerar a empresa além do esperado. (POMPERMAYER, 1999)

Segundo DIAS (2004) para tentar viabilizar os empreendimentos, as empresas tendem a enxugar cada vez mais os orçamentos, levando a retirada de qualquer folga para eventuais imprevistos ocorram na obra. O problema é que geralmente o lançamento da obra é feito antes de todos os projetos estarem aprovados nos órgãos competentes, causando mudanças nos projetos em questão, inclusive por questões ambientais.

Outro fator importante e que tendem a causar mudanças nos projetos é o fato de empresas que vão construir em outros estados, geralmente elaborarem o projeto com base nas leis e normas vigentes no estado de origem. Quando da execução do empreendimento e tentativa de aprovação do projeto em estado diferente do executado, algumas exigências diferentes podem ser feitas, podendo mudar a quantidade do serviço executado, o material utilizado e outros fatores que serão debatidos no estudo de caso deste trabalho.

Segundo BARBOSA (2008) a compatibilização dos projetos da obra, também é uma dificuldade que deve ser encarada como um possível risco de aumento no custo de produção. A compatibilização quando bem feita torna um conjunto de projetos, onde a sobreposição de todos se torne apenas um, o que gera uma coordenação na execução dos serviços. Um exemplo prático que podemos utilizar em obra é do projeto estrutural com o projeto de instalações prediais, visto que existindo a compatibilização dos dois projetos, no

momento da concretagem das vigas e lajes, poderemos deixar as passagens para tubulações, eletrodutos e os shafts de ventilação, que evitarão retrabalhos e custos não previstos no orçamento inicial. Além de eliminar diretamente alguns custos diretos como: tempo de mão de obra, locação ou uso de equipamentos de perfuração. Erros na fase de compatibilização podem trazer grandes prejuízos financeiros e também técnicos a obra, visto que um erro de compatibilização pode fazer com que por exemplo uma vaga da garagem seja suprimida, e sendo o número de vagas o mínimo na legislação da cidade em questão, o empreendimento passaria a estar fora da lei e, portanto, inviabilizando a tirada do habite-se.

### 3.3. MÉTODOS DISPONÍVEIS NO MERCADO

A engenharia de custos ao longo dos anos desenvolveu diversos métodos para se determinar a estimativa do custo de produção em obras civis, mas o objetivo maior de cada método é comum, ou seja, determinar uma estimativa de baixo custo de produção para o projeto ou empreendimento a ser realizado. Essa estimativa já se faz necessária na fase inicial de concepção do projeto, fase essa, onde são levantados diversos níveis de decisões a serem tomados em relação ao projeto, portanto o primeiro estudo feito para se determinar a viabilidade de um empreendimento é a estimativa de custo. (GAZZONI, 2014)

Hoje em dia o método mais utilizado para orçamentação seja em obra pública ou privada é dado através de custos unitários diretos calculados por projeto e custo indireto específico para o projeto. Para uma análise inicial e superficial, também são utilizadas as técnicas de estimativa de custo, como o cálculo da área equivalente total e o CUB/m<sup>2</sup> seguindo o método de cálculo proposto pela NBR 12.721/06.

Os custos unitários são definidos através de uma série de Tabelas de Custo Padrão que auxiliam na tomada de preços de modo que o orçamento realizado seja o mais parecido possível com o mercado. Segundo a PINI (2011) são constituídas por modelos quantitativos, genéricos e isolados, que apresentam os insumos necessários, para a execução dos serviços de construção, seus respectivos coeficientes de consumo, nas respectivas especificações e unidades. Têm sua origem em projetos padrão ou em levantamentos de experimentos técnicos e nas estatísticas de apropriações de obras correntes e repetitivas, gerando bases de dados para referências orçamentárias. As Tabelas de Custos padrão (SINAPI, SICRO e PINI, entre outras) são uma referência de formação de preços de obras convencionais. A utilização dessas tabelas necessita de balizamentos de conhecimento de Engenharia e experiência de construção, para adequação às Premissas Técnicas e representação das Contingências de Obra.

Devem ser absorvidas por processos permanentes de atualização tecnológica, inclusão de novas normas, legislação e encargos.

Temos no mercado inúmeros softwares que são disponibilizados para o auxílio na montagem de um orçamento de obra. Todos eles necessitam que o engenheiro de custos responsável pela sua utilização tenha experiência no mercado que e que se mantenha atualizado quanto as variações de custo dos insumos de acordo com as tabelas supracitadas. Alguns exemplos desses softwares são: OrçaFasio, ORSE, Arkisoft e Volare.

## **4. ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

### **4.1. CONCEITO E DEFINIÇÕES**

Orçar é quantificar insumos, mão de obra, ou equipamentos necessários à realização de uma obra ou serviço bem como os respectivos custos e o tempo de duração dos mesmos. As características do mercado atual fazem com que seja vital para qualquer empreendimento um estudo detalhado de viabilidade econômica. A avaliação da viabilidade de um projeto é realizada a partir estimativa de seus custos. A estimativa dos custos, por sua vez, é possível a partir de um orçamento. (AVILA, 2003)

“Um orçamento pode ser definido como a determinação dos gastos necessários para a realização de um projeto, de acordo com um plano de execução previamente estabelecido [...] O orçamento de um projeto baseia-se na previsão de ocorrência de atividades futuras logicamente encadeadas e que consomem recursos, ou seja, acarretam custos que são, geralmente, expressos em termos de uma unidade monetária padrão, sendo, pois, basicamente uma previsão de ocorrências monetárias ao longo do prazo de execução do projeto”(LIMMER, 1997).

Orçamento e seu processo de construção, chamado de orçamentação, são de extrema importância para a construção civil, e nesse contexto, a assertividade dos custos em uma obra é um grande passo para uma empresa ser competitiva no mercado da construção. Ideia reforçada por MATTOS (2006), quando afirma que “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”.

A definição de orçamento é algo controverso entre especialistas no assunto e tem sido alvo de diversas discussões. Em suma, orçamento é a previsão estimada do custo. Por sua vez, custo é tudo aquilo que onera o construtor; representa a soma dos insumos necessários à realização de um serviço, aí compreendidos os gastos de mão de obra, materiais e operação de equipamentos. Com essa previsão não é possível determinar com exatidão o custo, porém busca-se sempre uma probabilidade de exatidão da estimativa próxima aos 100%, ou seja, que o custo calculado no orçamento seja o máximo possível próximo do custo real.

Nota-se a importância do orçamento de um serviço de engenharia quando é compreendido sua obrigatória presença em contratações públicas. O orçamento de uma obra é

peça de fechamento do seu projeto, traduzindo-o em termos econômicos e financeiros. Trata-se de etapa preparatória indispensável em qualquer contratação pública. A Constituição Federal veda expressamente a realização de despesas ou a assunção de obrigações diretas que excedam os créditos orçamentários ou adicionais, dispondo também que nenhum investimento cuja execução ultrapasse um exercício financeiro poderá ser iniciado sem prévia inclusão no plano plurianual. Da mesma maneira, a Lei 8.666/93 dispõe que as obras e serviços de engenharia só poderão ser licitados quando houver previsão de recursos orçamentários que assegurem o pagamento das obrigações a serem executadas no exercício financeiro em curso, de acordo com o respectivo cronograma (art. 7º, §2º, III, Lei 8.666/93).

O orçamento pode ser observado sob dois pontos de vista: como processo e como produto. É visto como processo quando o objetivo é definir metas empresariais em termos de custo, faturamento e desempenho. Além disso, um processo orçamentário possibilita efetuar as projeções futuras dos balanços periódicos permitindo elaborar um fluxo de caixa projetado dos exercícios atuais e futuros. O estudo e detalhamento do orçamento como processo foge do escopo deste trabalho de conclusão de curso.

Como um produto, o orçamento tem como finalidade definir o custo e conseqüentemente o preço de algum produto da empresa, seja a construção de algum bem ou prestação de algum serviço. O orçamento como produto influencia o desempenho de uma empresa, pois toda empresa funciona como um todo orgânico e nesta concepção pode-se afirmar que o orçamento produto tem suas diretrizes definidas no processo orçamentário da empresa.

Como foi dito, o orçamento pode ser elaborado visando definir o custo e o preço de bens e serviços. Segundo AVILA (2003) podemos citar:

- Elaboração de projetos;
- Elaboração de orçamentos, cadernos de encargos, especificações técnicas;
- Elaboração de laudos técnicos;
- Serviços de fiscalização, auditoria ou assessoria técnica;
- Orçamento de serviços ou mão de obra;
- Orçamento de construção ou empreitada;
- Orçamento de canteiros de obras ou obras complementares;

A previsão dos custos e preços dependerá muito do grau de conhecimento que o orçamentista tem do projeto, ficando o sucesso de um empreendimento, entre outros fatores, dependente do acerto entre o que foi previsto (orçado) e o que irá ocorrer na

prática (custeio). O orçamento é um dos elementos para a tomada de decisões, junto com o cronograma físico-financeiro. O proprietário ou cliente deverá saber a priori se terá condições de arcar com os custos ou, no caso de uma obra própria, a construtora precisa saber como será o desembolso ao longo da obra. No caso de uma concorrência para a execução de obra pública, como já foi dito, existe a obrigatoriedade legal da previsão dos preços para que o órgão público possa escolher que empresa irá executar a obra.

#### 4.2. PROPRIEDADES DO ORÇAMENTO DE OBRAS

Em seu livro, “Como preparar orçamentos de obras”, MATTOS (2006) apresenta as seguintes características ou propriedades de um orçamento de obras, as quais serão objeto de comentários adicionais.

- Especificidade;
- Temporalidade;
- Aproximação;

##### a) ESPECIFICIDADE

Essa propriedade relaciona-se com diferentes conjuntos de condições relacionados com a obra a ser executada, como por exemplo, especificações e projetos da obra, condições da empresa que executará a obra e condições locais da obra (clima, relevo, vegetação, solo, etc.). Serviços de engenharia terão seus preços variando em função das características de cada obra. Por exemplo, o preço por metro quadrado de uma pintura externa de uma edificação térrea será diferente do preço do metro quadrado de uma edificação de dois ou mais pavimentos, pois no segundo caso, a composição do preço precisamente deverá conter aluguel de andaimes e será considerado uma produtividade menor, fazendo com que o tempo de serviço aumente e se pague mais caro pela mão de obra.

Mesmo em edificações térreas muito semelhantes, pode haver diferença de preço nos serviços em caso de especificações técnicas distintas. Uma edificação pode ser especificada para ser pintada com um tipo de tinta e outra, nos mesmos padrões estruturais, pode ser especificada no caderno de encargos com uma tinta de qualidade superior.

A localização da obra também influencia nos custos. Evidentemente uma obra realizada em São Luís terá menores custos que uma obra idêntica realizada no interior do Maranhão. A logística de entrega de insumos no canteiro, a apropriação de mão de obra,

instalações de água e energia elétrica são bem mais desfavoráveis a uma empresa em locais com infraestrutura precária ou até inexistente.

Vale ressaltar ainda que cada construtora possui estrutura e capacidade organizacional própria na administração de seus recursos humanos, técnicos e financeiros. Essas empresas podem adotar diferentes decisões estratégicas nas escolhas dos processos executivos da obra, o que reflete diretamente nos seus custos. Ou seja, dificilmente uma empresa fará sua composição de custos idêntica a composições de custos de outra empresa.

#### b) TEMPORALIDADE

A propriedade da temporalidade mostra que um orçamento realizado tempos atrás já não vale para hoje, bem como um orçamento elaborado hoje pode não corresponder aos custos que serão enfrentados pela construtora no decorrer da obra. Mesmo com a possibilidade reajustamentos, existem flutuações de preços de insumos, alterações tributárias, evolução nos métodos construtivos e diferentes cenários financeiros e gerenciais que limitam no tempo a validade e a precisão de um orçamento.

Relevante também destacar que os projetos de alguns tipos de obras, como rodovias e ferrovias, têm a tendência de ficar desatualizados em um curto período de tempo. É muito comum o aparecimento de interferências no percurso da obra com o decorrer do tempo, existindo a necessidade de alterações do traçado, as quais com certeza impactarão o orçamento da obra.

Em regra geral, quanto mais tempo transcorrer após a elaboração de um orçamento, menor será sua precisão na estimativa do custo efetivo da obra.

#### c) APROXIMAÇÃO

A aproximação de um orçamento, quer dizer que, por ser baseado em previsões, todo orçamento é aproximado. A estimativa de quantitativos de vários serviços contém incertezas intrínsecas, como por exemplo, a medida exata do volume de movimentação de terra ou a profundidade milimétrica de cravação de uma estaca.

“Ao se elaborar um orçamento, o que geralmente é feito antes ou por ocasião do início de um projeto, dispõe-se de informações, muitas ainda em estado incipiente e cujo detalhamento só será conseguido algum tempo depois, com o desenvolvimento dos projetos básico e detalhado de engenharia na fase de engenheirização, e do próprio empreendimento como um todo”. LIMMER (1997)

MATTOS (2006) ainda apresenta uma série de exemplos em que o orçamentista faz algum tipo de previsão ou aproximação dos orçamentos, as quais podem não se concretizar de fato ou variar consideravelmente:

- Estimativa da produtividade da mão de obra e dos equipamentos nas equipes;
- Estimativa de encargos trabalhistas, utilizando premissas sobre grau de incidência de acidentes de trabalho, rotatividade da mão de obra para cálculo de verbas rescisórias e o percentual histórico de faltas justificadas observadas;
- Variação no preço dos insumos e/ou alíquotas de tributos no decorrer da obra;
- Estimativas feitas sobre as perdas de materiais ou sobre a quantidade de reaproveitamentos de determinados insumos;
- Estimativa do custo horário produtivo e improdutivo dos equipamentos, que variam em função de sua vida útil, valor residual, condições de operação, custos com manutenção, etc.;
- Imprevistos (condições climáticas desfavoráveis, danos causados por terceiros ou por fenômenos naturais, refazimento de serviços por má qualidade);
- Estimativa de custos indiretos do construtor.

Certamente, os exemplos citados acima fogem do controle do orçamentista e do construtor, o que contribui para variações observadas entre o custo final e o previsto em uma obra. Portanto, o orçamento não tem que ser exato, mas o orçamento necessita ser preciso.

Não se faz um único orçamento durante todas as etapas da implantação de um empreendimento. Na verdade, são feitas várias estimativas que vão sendo aprimoradas e detalhadas conforme aumenta o grau de definição e de detalhamento do projeto. O processo de orçamentação é um processo iterativo e dinâmico, alimentando a escolha das alternativas estudadas e posteriormente, sendo alimentado pelas definições tomadas no decorrer do desenvolvimento dos projetos.

Mesmo após o início de execução da obra, surge a necessidade de alterar o orçamento que acabou de ser elaborado. Imprevistos na execução da obra, condições climáticas adversas, novas negociações com fornecedores, atrasos e antecipações de cronogramas, alterações de escopo dos projetos, enfim, várias ocorrências ensejam a revisão e a atualização dos orçamentos. Na etapa de execução, o orçamento torna-se principal ferramenta de controle gerencial dos custos.



#### 4.3. PRECISÃO DO ORÇAMENTO DE OBRAS

Orçar uma obra é realizar um exercício de previsão. É acima de tudo interpretar o projeto e computar tudo aquilo que representará custo na obra. Diversos são os momentos em que um orçamento pode ser elaborado. Em estágios preliminares, quando só se dispõe de um anteprojeto, pode-se estimar o custo da obra por ordem de grandeza, através de estimativas paramétricas (custo por m<sup>2</sup> de alvenaria assentada, custo por km de pavimentação asfáltica, custo de m<sup>3</sup> de concreto lançado, etc.). Nesse caso, a imprecisão da estimativa é muito maior do que quando se tem um projeto executivo bem elaborado, com especificações de material, quantitativos confiáveis, plantas e cortes, estudo topográfico e sondagem.

A precisão da estimativa de custo de uma obra varia conforme o grau de desenvolvimento do respectivo projeto. A AACEI realizou estudos para analisar essa variabilidade e elaborou a “*Recommended Practice n° 17R-97*” de onde extraiu-se a tabela 01.

Como uma prática recomendada pela AACE Internacional, o Sistema de Classificação para Estimativa de Custos fornece diretrizes para a aplicação de princípios gerais de classificação de estimativa para a realização de estimativas de custos dos ativos do projeto. Normalmente, estimativas de custos de ativos de projeto incluem estimativas de investimento de capital e excluem avaliações operacionais e de ciclo de vida. O Sistema de Classificação para Estimativa de Custos mapeia as fases e estágios das estimativas de custos de ativos juntamente com uma matriz genérica de maturidade e qualidade que pode ser aplicada a uma ampla variedade de setores.

Existem várias características que podem ser utilizadas para classificar os tipos de estimativas de custos. As mais importantes são: o nível de maturidade das entregas de definição do projeto, o uso final da estimativa, a metodologia empregada e o esforço e tempo necessários para preparar a estimativa. A característica “principal” utilizada nesta diretriz para definir a categoria de classificação é o nível de maturidade das entregas de definição do projeto. As outras características são consideradas “secundárias”.

Tabela 1 - Matriz genérica de classificação para estimativa de custos

	<i>Característica Principal</i>	<i>Característica Secundária</i>			
<b>CLASSE DE ESTIMATIVA</b>	<b>NÍVEL DE MATURIDADE DAS ENTREGAS DE DEFINIÇÃO DO PROJETO</b> Expresso como % da definição completa	<b>USO FINAL</b> Finalidade típica da estimativa	<b>METODOLOGIA</b> Método geralmente utilizado para estimativas	<b>FAIXA DE PRECISÃO ESPERADA</b> Faixa típica +/- em relação ao índice de 1 (ou seja, a estimativa de Classe 1) <sup>[a]</sup>	<b>ESFORÇO PARA ELABORAÇÃO</b> Grau típico de esforço em relação ao menor índice de custos de 1 <sup>[b]</sup>
<b>Classe 5</b>	0% a 2%	Análise de adequação ou viabilidade	Estocástica (fatores e/ou modelos) ou julgamento	4 a 20	1
<b>Classe 4</b>	1% a 15%	Estudo conceitual ou viabilidade	Principalmente estocástica	3 a 12	2 a 4
<b>Classe 3</b>	10% a 40%	Autorização ou controle de orçamento	Mista, mas principalmente estocástica	2 a 6	3 a 10
<b>Classe 2</b>	30% a 75%	Controle ou licitação/proposta	Principalmente determinística	1 a 3	5 a 20
<b>Classe 1</b>	65% a 100%	Verificação da estimativa ou licitação/proposta	Determinística	1	10 a 100

Observações: [a] Se o valor de índice de faixa de "1" representar de +10/-5%, o valor do índice representará de +100/-50%.

[b] Se o valor de índice de faixa de "1" representar 0,005% dos custos do projeto, o valor do índice representará 0,5%.

Fonte: Recommended Practice nº 17R-97 (2011).

A categorização das estimativas de custos por nível de maturidade da definição do projeto está em consonância com a filosofia de gestão total de custos da AACE International, sendo esse um processo fundamentado na qualidade e aplicado durante todo o ciclo de vida do projeto. Os níveis discretos de definição de projeto, que são utilizados para classificar estimativas, correspondem às fases típicas de avaliação, autorização e execução geralmente empregadas pelos grupos de interesse durante o ciclo de vida de um projeto.

Cinco classes de estimativas de custos foram estabelecidas. O nível de maturidade da definição do projeto é uma escala contínua, porém, com base em práticas industriais de aferição, foi determinado que de três a cinco categorias discretas são mais frequentemente usadas. Cinco categorias estão estabelecidas nesta diretriz porque é mais fácil simplificar fazendo combinações de categorias do que dividir uma norma de forma arbitrária.

As classes de estimativas são identificadas pelos números 1, 2, 3, 4 e 5. Uma estimativa de Classe 5 é baseada no nível mais baixo de definição de projeto, ao passo que uma estimativa de Classe 1 está mais próxima da definição e maturidade plena do projeto. Tal abordagem decrescente arbitrária leva em conta que a estimativa de custos é um processo no qual sucessivas estimativas são elaboradas até a obtenção de uma estimativa final.

Outras fontes bibliográficas apresentam conceitos diferentes sobre precisão. Para BAETA (2012), precisão em um orçamento é definido como “a faixa de variação admissível, para mais ou para menos, do orçamento inicial em relação ao orçamento real da obra, obtido com base nos custos efetivamente enfrentados pelo consultor após a conclusão da obra”.

#### 4.4. ESTIMATIVA DE CUSTO

Uma obra ou serviço de engenharia só podem ser orçados caso exista um projeto com detalhamento suficiente que possibilite um eficiente levantamento das quantidades de materiais e a definição dos métodos construtivos que serão empregados na execução. Um orçamento possui um custo de elaboração, pois consome mão de obra especializada, consulta de preços no mercado, elaboração de composições unitárias de preços, uso de softwares licenciados, entre outros. Porém, em um empreendimento ainda na fase de estudo, não se justifica o custo da execução de um projeto com orçamento detalhado tendo em vista a incerteza da viabilidade econômica deste.

Aparece nesse caso, a importância das estimativas de custos. Ele possibilita a análise de viabilidade de um empreendimento e auxilia na escolha da alternativa a ser desenvolvida na fase de detalhamento dos projetos sem causar elevado ônus à elaboração do orçamento. Para elaborar uma estimativa não são necessárias grandes informações nem um alto grau de detalhamento do projeto. Essa é a causa do seu custo ser muito inferior ao custo da elaboração de um orçamento completo. Porém é importante destacar que o profissional estimador seja experiente a ponto de ter sensibilidade e grande conhecimento na área.

A estimativa de custos está inserida dentro da engenharia de custos e por isso, faz parte do escopo dessa ciência. E por ser uma ciência, é realizado de forma sistemática, com observações, pesquisas e de forma racional. Por isso, não se deve achar que esse método é menos sério ou menos confiável que do que um orçamento completo e detalhado. Será sim, naturalmente, menos preciso que os demais métodos, porém sua importância continua sendo válida.

Portanto, elaborar uma estimativa de custos é um trabalho bem distinto da elaboração de um orçamento detalhado, pois têm-se aplicadas técnicas distintas em cada caso.

Pode-se dizer que a estimativa de custos é uma avaliação expedita feita com base em séries históricas de custos, índices, estudos de ordens de grandeza e até comparações com projetos de características semelhantes.

#### 4.5. CUB – CUSTO UNITÁRIO BÁSICO

Um dos índices específicos conhecidos no mercado é o CUB (Custo Unitário Básico). Ele é altamente usado para avaliações expeditas para o custo de construção de edificações. Segundo a Lei nº. 4.591 de 16 de dezembro de 1964, os Sindicatos da Indústria da Construção Civil de cada unidade da Federação são responsáveis pelo cálculo e publicação até o 5º dia do mês subsequente, dos valores do CUB – Custo Unitário Básico por metro quadrado da construção.

Segundo o site do SINDUSCON-MA, implantado no Maranhão em 1996, O CUB representa um custo parcial da obra, não levando em conta o valor do terreno, de elevadores, fundações especiais, instalações prediais (água, luz e esgoto, telefonia), remuneração de engenharia, publicidade, etc., sendo calculados com base em projetos-padrão representativos (1, 4, 8 ou 12 pavimentos; 2 ou 3 quartos; acabamentos baixo, normal e alto) a partir de lotes básicos de insumos (materiais, mão de obra e equipamentos) e seus respectivos pesos, definidos pela NBR-12721/93, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC calcula o CUB Médio Brasil a partir da análise dos CUB's das diferentes Unidades da Federação.

A Caixa Econômica Federal e o INSS utilizam o CUB como referência de custo das edificações financiadas e na aferição dos valores contributivos decorrentes da incidência da mão-de-obra, respectivamente.

Os salários e os preços dos materiais e equipamentos previstos na NBR-12721/93 são coletados mensalmente pelo SINDUSCON/MA através da pesquisa realizada junto às empresas associadas, respeitando o uso local, os prazos de pagamento e as quantidades de cada insumo, de modo a eliminarem-se possíveis distorções de preços de distribuidores e revendedores.

A ABNT 12721/2006 foi publicada no dia 28 de agosto/2006 e é resultado de um amplo processo de revisão da Norma anterior, a ABNT NBR 12721:1999. Esta revisão iniciou-se em maio/2000 e foi de grande importância para o setor da construção civil. Resultado de mais de seis anos de estudos técnicos e de amplas discussões no âmbito da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e suas entidades filiadas, envolveu todos os agentes do mercado imobiliário nacional. Ela mantém os conceitos teóricos básicos

anteriores, mas apresenta profundas alterações em seu conteúdo, em função da sua obrigatória adaptação ao disposto na legislação e aos novos projetos arquitetônicos atualmente praticados.

A revisão da Norma buscou a modernização do CUB/m<sup>2</sup> e a melhor adaptação à atual realidade dos novos insumos, novas técnicas e tecnologias, novos índices de produtividade, enfim, do atual processo construtivo nacional, uma vez que a antiga norma se baseava nos processos construtivos de 1964. E, sem dúvida alguma, de lá para cá, muita coisa mudou. Entre as principais alterações introduzidas estão os novos projetos-padrão. Novos projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações. Além disso, ocorreu a adaptação às novas legislações urbanas; subsolos; terrenos definidos; projetos diferentes para cada padrão de acabamento; inexistência de diferenciação pelo número de quartos; novo lote básico de insumos e introdução de metodologia de orientação para a coleta de preços do CUB/m<sup>2</sup>.

Os projetos-padrão foram totalmente refeitos, sem qualquer ponto de equivalência ou semelhança com os projetos anteriores. Foram considerados os aspectos do mercado atual de edificações na definição dos projetos arquitetônicos, levando-se em conta que a Norma, por ter abrangência nacional, deve procurar consolidar um projeto que atenda as inúmeras legislações municipais. Em 01/02/2007 entrou em vigor a Norma Brasileira ABNT NBR 12721:2006, estabelecendo uma completa alteração na Norma anterior (ABNT NBR 12721:1999). O processo de revisão, que resultou na Norma hoje em vigor, atendeu antiga aspiração do setor e da sociedade. Para a sua realização ocorreu a interação de toda a cadeia produtiva da construção e agentes afins.

A metodologia de cálculo do CUB/m<sup>2</sup> é baseada nos diversos projetos-padrão estabelecidos pela ABNT NBR 12721/2006, levando-se em consideração os lotes básicos de insumos e os respectivos pesos constantes na referida norma. Esse método é simples e permite chegar a indicadores próximos ao real. Os salários, os preços dos materiais de construção, as despesas administrativas e os custos com aluguel de equipamentos são pesquisados mensalmente pelos sindicatos da indústria da construção de todo o país.

Diversas entidades e associações normativas internacionais apresentam faixas de precisão de uma estimativa de custos:

**Tabela 2 - Faixas de precisão de uma estimativa de custos**

Entidade	Faixa de precisão da Estimativa de Custos
AACE (American Association of Cost Engineers)	Faixa Superior: -20% a -50% Faixa Inferior: +30% a +100%
ANSI	-30% a +50%
AcostE (Association of Cost Engineers - UK)	-30% a +30%

Fonte: Orçamento e controle de preços de obras públicas. PINI, 2012.

#### 4.6. ORÇAMENTO PRELIMINAR

O orçamento preliminar está um degrau acima da estimativa de custos, sendo um pouco mais detalhado. Ele pressupõe o levantamento expedito de algumas quantidades e a atribuição do custo de alguns serviços. Seu grau de incerteza é mais baixo do que o da estimativa de custos. No orçamento preliminar, trabalha-se com uma quantidade maior de indicadores, que representam um aprimoramento da estimativa inicial. Esses indicadores servem para gerar pacotes de trabalho menores, de maior facilidade de orçamentação e análise de sensibilidade de preços. Em obras similares, a construtora pode ir gerando seus próprios indicadores. Embora os prédios tenham projetos arquitetônicos distintos e acabamentos diferentes, nota-se que os indicadores não flutuam muito.

“No orçamento preliminar, trabalha-se com uma quantidade maior de indicadores, que representam um aprimoramento da estimativa inicial. Os indicadores servem para gerar pacotes de trabalho menores, de maior facilidade de orçamentação e análise de sensibilidade de preços”. (MATTOS, 2006)

Após a estimativa de custos e com um estudo de viabilidade técnica e econômica pronto e que este tenha indicado positivamente para a conveniência de ser iniciar um empreendimento, deve-se iniciar um orçamento preliminar de investimento. Após a conclusão de estudos preliminares, elabora-se o anteprojeto de engenharia para o desenvolvimento da melhor solução técnica a ser aprovada e também para a definição dos principais componentes arquitetônicos e estruturais da obra.

Na fase de desenvolvimento do projeto em que esse orçamento é realizado, as informações ainda não são definitivas, mas o engenheiro orçamentista certamente disporá de muito mais dados para serem utilizados sem seu trabalho.

Assim, o orçamento preliminar é mais detalhado do que a estimativa de custos. Pressupõe o levantamento de quantidades e requer pesquisa de preços dos principais insumos e serviços. Se a estimativa de custos é geralmente utilizada no estudo de viabilidade, o orçamento preliminar costuma ser utilizado na fase de anteprojeto.

O grau de incerteza é menor, mas pode-se fazer uso do levantamento expedito de algumas quantidades e atribuição de custo de alguns serviços. Exemplos de levantamentos expeditos que podem ser utilizados neste tipo de orçamento:

- Área de fôrmas (m<sup>2</sup>) = Volume de concreto (m<sup>3</sup>) x 12
- Peso do aço (Kg) = Volume do concreto (m<sup>3</sup>) x 100
- Volume total de concreto (m<sup>3</sup>) = Área construída x 0,16
- Volume de remoção de entulho = Volume de demolição x 2
- Área do reboco = Área de alvenaria assentada x 2

Geralmente, os orçamentos preliminares são elaborados quando a execução do projeto de engenharia de detalhamento já foi contratada, o que propiciará a geração de muitas informações, embora não definitivos, para servirem de base para o orçamento.

Para um orçamento preliminar, o grau de precisão esperado é significativamente superior ao de uma estimativa de custos. Na tabela abaixo são apresentadas algumas faixas de precisão divulgadas por entidades especializadas em engenharia de custos.

**Tabela 3 - Faixas de precisão de um orçamento preliminar**

Entidade	Faixa de precisão do Orçamento Preliminar
AACE (American Association of Cost Engineers)	Faixa Superior: -10% a -20% Faixa Inferior: +10% a +30%
ANSI	-15% a +30%
AcostE (Association of Cost Engineers - UK)	-10% a +10%

Fonte: Orçamento e controle de preços de obras públicas. PINI, 2012.

#### 4.7. ORÇAMENTO DETALHADO OU ANALÍTICO

O orçamento analítico é aquele que apresenta as composições de custos unitários de todos os serviços. Assim, cada item do orçamento sintético é desmembrado em uma composição de custo unitário. (BAETA, 2012)

A elaboração do orçamento requer que os projetos básicos estejam prontos, pois os quantitativos adotados na planilha devem ser obtidos a partir desses projetos com a maior precisão possível. Os preços unitários de cada serviço podem ser retirados de tabelas de referência ou por meio de pesquisa de mercado. Nesse último caso, recomenda-se que a pesquisa seja feita com pelo menos três cotações, adotando-se como custo do insumo, o valor mediano obtido na pesquisa.

Só há sentido em elaborar um orçamento detalhado de uma obra se o projeto tiver um grau de desenvolvimento suficiente. As composições de custo unitário só podem ser

elaboradas com base em especificações técnicas detalhadas. Utilizando em conjunto com os custos apropriados e com o avanço físico da obra, o orçamento analítico torna possível definir tendências de custos, mostrando onde devem ser implementadas ações corretivas. Ele poderá servir também para negociar contratos de fornecimento de equipamentos e materiais e de prestação de serviços.

“O orçamento analítico vale-se de uma composição de custos unitários para cada serviço da obra, levando em consideração quanto de mão de obra, material e equipamento é gasto em sua execução. Além do custo dos serviços (custo direto), são computados também os custos de manutenção do canteiro de obras, equipes técnicas, administração e de suporte da obra, taxas e emolumentos, etc. (custo indireto), chegando a um valor orçado preciso e coerente”. (MATTOS, 2006)

Uma das funções principais de um orçamento detalhado é servir como parâmetro para a licitação da obra, bem como servir de ferramenta para o controle de custos de implantação de um empreendimento.

O orçamento analítico de uma obra é a relação dos serviços a serem executados, com as respectivas quantidades e com seus preços. A discriminação orçamentária auxilia na montagem da lista dos itens a serem considerados. As quantidades a serem executadas são medidas seguindo um determinado conjunto de critérios de medição. Os preços unitários são obtidos em bancos de dados referenciais. Nas composições de custos já estão considerados todos os materiais e equipamentos necessários, bem como a mão-de-obra, com preços que levam em conta transporte, aluguel, leis sociais e outros acréscimos. A soma dos produtos de cada quantidade por seu preço unitário correspondente fornece o custo total direto da obra, basicamente composto pelos custos de canteiro.

Também devem ser consideradas outras despesas, relacionadas direta ou indiretamente com a obra (tais como custos administrativos ou financeiros). A taxa de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), busca acrescentar o lucro desejado e considerar todas as despesas não relacionadas explicitamente no orçamento.

Segundo DIAS (2004) a composição analítica compreende tão somente os itens de custo, isto é, mão de obra, materiais, equipamentos, subempreiteiros, transportes e BDI (despesas indiretas e lucro previsto), sem nenhuma inclusão de preços destes insumos, que posteriormente serão para cálculo do custo unitário de serviço.



Tabela 4 - Faixas de precisão de um orçamento detalhado

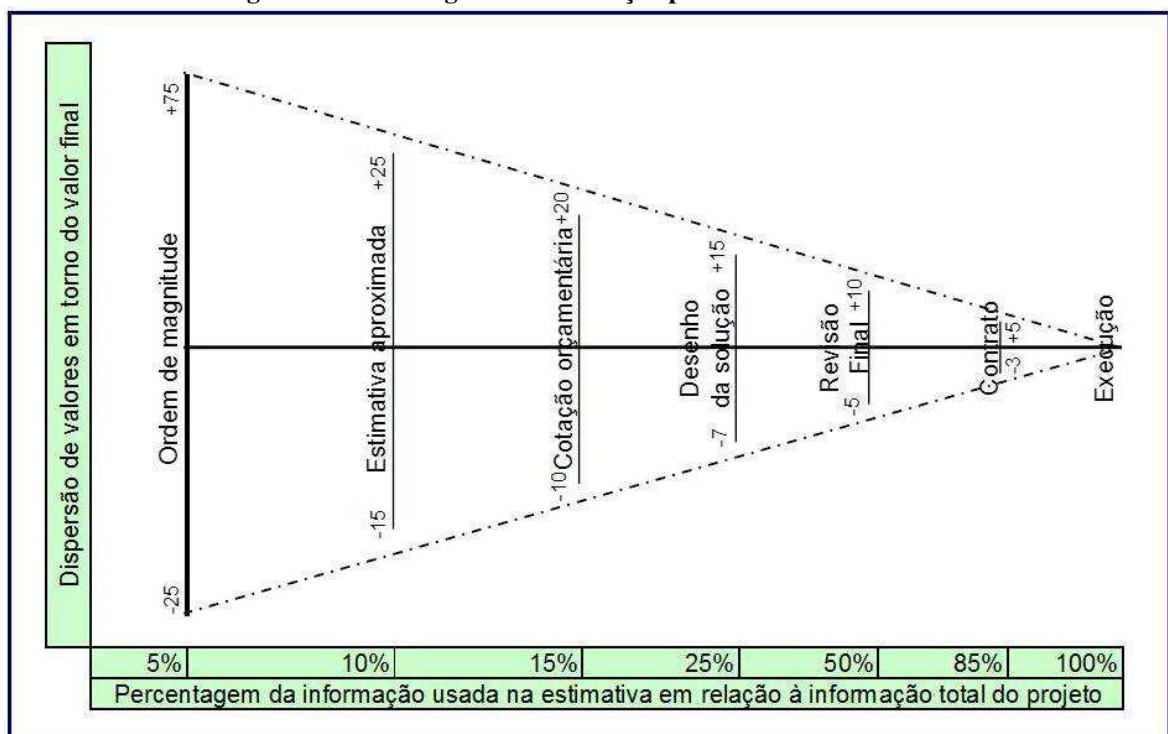
Entidade	Faixa de precisão do Orçamento Detalhado
AACE (American Association of Cost Engineers)	Faixa Superior: -3% a -10% Faixa Inferior: +3% a +15%
ANSI	-5% a +15%
AcostE (Association of Cost Engineers - UK)	-5% a +5%

Fonte: Orçamento e controle de preços de obras públicas. PINI, 2012.

Cada projeto, por sua complexidade e magnitude, tem a sua melhor forma de estimativa de custos. Mas existe um fator que é fundamental para qualquer técnica que se queira utilizar na estimativa de custos: informações. As documentações, dados históricos, o planejamento detalhado do projeto, o escopo bem definido, tudo isso faz parte do leque de informações necessárias para se ter uma boa estimativa de custos. Normalmente, em fases iniciais, sabe-se muito bem o produto ou serviço final que se deseja, mas faltam informações e conhecimentos de todas as etapas que serão precisas para se atingir o objetivo.

A figura 04 abaixo mostra a quantidade de informações existentes para a estimativa de custos em função das informações a respeito do projeto.

Figura 3 - Porcentagem de informação para estimativa de custos



Fonte: International Cost Engineering Council (ICEC), 2011.

Pode-se notar que as variações de porcentagem não são simétricas. Normalmente o ser humano tem naturalmente a tendência em ser otimista e, dessa forma, ocorre a

superestimação de receitas (economias) e subestimação dos custos. Esse fator comportamental é incluso na análise que a ICEC (*International Cost Engineering Council*) demonstra no gráfico da figura 04 que é mostrada a seguir, a qual relaciona a disponibilidade de dados com o grau de precisão da estimativa de custos. Cabe ressaltar ainda que nunca a estimativa é 100% precisa.

**Tabela 5 - Precisão de estimativas**

CLASSE	DESCRIÇÃO	% DE ERRO
I	PROJETO EXECUTIVO	± 5
II	PROJETO BÁSICO	± 10 a 15
III	ANTEPROJETO	± 15 a 20
IV	PROJETO ESQUEMÁTICO	± 20 a 25
V	VIABILIDADE	± 25 a 30
VI	ORDEM DE GRANDEZA	± 35

Fonte: International Cost Engineering Council (ICEC), 2011.

Um outro estudo da mesma ICEC sobre a precisão das estimativas mostra os percentuais de erros nas estimativas sem considerar o fator comportamental. Conforme a tabela abaixo, podem ser distinguidas seis classes. A Associação Americana de Engenharia de Custos, outra entidade, adota somente três classes, baseada em estudos e históricos em milhares de projetos internacionais, de diversas naturezas e produtos ou serviços:

- a. Projeto Executivo: -5% a +15%;
- b. Projeto Básico: -15% a +30%;
- c. Ordem de Grandeza: -30% a +50%.

Após essa ampla análise das estimativas de custos e orçamentos em projetos, mostrando os tipos e métodos de custeio, podemos chegar à conclusão que uma estimativa somente será bem elaborada se dispormos do máximo de informações possíveis. Se não soubermos os detalhes dos processos do projeto que queremos, nunca saberemos quanto este custará. E provavelmente teremos problemas com o orçamento do empreendimento. O objetivo deste trabalho é analisar uma ferramenta (BIM) disponível e diminuir esses erros orçamentários fazendo com que os detalhes de projeto sejam os claros possíveis e que a precisão de um orçamento chegue próximo a 100%.

Porém, Antes do aprofundamento teórico sobre o BIM, é de suma importância fazer uma breve contextualização a respeito do levantamento de quantitativos orçamentários, que é o foco principal deste trabalho.

#### 4.8. LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Segundo AVILA (2003) a etapa de levantamento das quantidades de cada serviço é de crucial importância já que, é nela que se definirão praticamente as quantidades a serem adquiridas para a realização do empreendimento, obra ou serviço, bem como o dimensionamento das equipes de produção em função dos prazos preestabelecidos.

A realização desse procedimento também permite identificar irregularidades, muitas vezes vistas em orçamentos de obras de serviços públicos. Além do superfaturamento de quantitativos, pode-se observar a partir desse levantamento o adiantamento de pagamentos, realização de serviços sem cobertura contratual, deficiência do projeto básico. Todas essas irregularidades aparecem quando as quantidades de serviços contratuais são efetivamente conferidas.

A estimativa de custos para projetos de construção tradicionalmente começa com a quantificação, processo intensivo de registro dos componentes de conjuntos de desenhos impressos, desenhos CAD e o BIM, tecnologia emergente no mercado e que é o objetivo de estudo deste trabalho. A partir destas quantidades, orçamentistas utilizam métodos de planilhas de custos para produzir aplicações do projeto estimado. Este processo está sujeito a erro humano e tende a propagar imprecisões. A quantificação também é demorada e pode exigir 50% a 80% de uma estimativa de custo de tempo em um projeto.

O levantamento de quantitativos no setor da construção civil representa uma etapa fundamental no desenvolvimento do orçamento, já que nele são quantificados os serviços e materiais para a realização da obra. Com isso, cabe ao orçamentista compreender e ter o domínio sobre o processo dos serviços a serem realizados na obra, ou seja, saber de que forma é feito e quais os materiais que serão necessários durante a sua execução.

Dado que esses serviços são constituídos por material e mão-de-obra, pode-se concluir que o levantamento de quantitativos oferece suporte não somente ao setor financeiro da empresa, bem como serve como base para elaboração do planejamento da obra, uma vez que fornecerá a quantidade de horas-homem

necessárias para a execução dos serviços, e a partir desses dados as equipes serão dimensionadas.

“O levantamento das quantidades dos serviços de uma obra é extraído dos projetos (básicos ou executivos), através de método manual ou a partir de programas de computação. O trabalho pode ser feito através do uso de planilhas ou formulários auxiliares de forma organizada, documentada em memórias de cálculo, de modo que em qualquer momento possa permitir a sua conferência”. (MATTOS, 2006)

MATTOS (2006,) segue na mesma linha, dizendo que:

“A quantificação dos diversos materiais (ou levantamento de quantidades) de um determinado serviço deve ser feita com base em desenhos fornecidos pelo projetista, considerando-se as dimensões especificadas e suas características técnicas. O processo de levantamento de quantidades de cada material deve sempre deixar uma memória de cálculo fácil de ser manipulada, a fim de que as contas possam ser conferidas por outra pessoa e que uma mudança de característica ou dimensões do projeto não acarrete um segundo levantamento completo. Em vista disso, são normalmente usados formulários padronizados por cada empresa”.

Para BAETA (2012) a etapa de levantamento de quantidades de cada item de serviço é umas das mais trabalhosas do processo de orçamentação e é de crucial importância, pois define a quantidade de insumos a serem adquiridos e o dimensionamento das equipes da obra.

Cabe ao engenheiro de custos de posse de todos os projetos executivos da obra em questão, efetuar o levantamento dos serviços a serem executados e de suas quantidades.

Segundo DIAS (2004) o conhecimento dos serviços necessários à realização da obra dá ao engenheiro de custos condições de estabelecer a lista dos custos unitários que deverão ser compostos para a formação do orçamento. O levantamento das quantidades é efetuado a partir da análise do projeto, especificações técnicas e suas plantas construtivas.

Portanto podemos afirmar que quanto mais detalhados e completos forem as informações extraídas dos projetos e dos respectivos memoriais descritivos, podemos

afirmar que maior será a precisão e confiabilidade dessa fase de levantamento de serviços.

Recomenda-se que o orçamentista faça o arquivamento de uma detalhada memória de cálculo dos quantitativos de projetos, seja ele público ou privado, a fim de possa se ter uma série histórica dos serviços já executados. Além disso, esse documento poderá ser demandado no futuro, seja por algum órgão de controle, auditorias e a própria fiscalização do contratante/cliente.

Vale ressaltar que erros de cálculo de quantitativos orçamentários pelo orçamentista pode ter consequências graves e, inclusive, ser enquadrado como ato de improbidade administrativa em caso de obras públicas. Nesse sentido, a lei 8.429/1992 diz que:

*Art. 9º Constitui ato de improbidade administrativa importando enriquecimento ilícito auferir qualquer tipo de vantagem patrimonial indevida em razão do exercício de cargo, mandato, função, emprego ou atividade nas entidades mencionadas no art. 1º desta lei, e notadamente:*

(...)

*VI - receber vantagem econômica de qualquer natureza, direta ou indireta, para fazer declaração falsa sobre medição ou avaliação em obras públicas ou qualquer outro serviço, ou sobre quantidade, peso, medida, qualidade ou característica de mercadorias ou bens fornecidos a qualquer das entidades mencionadas no art. 1º desta lei;*

A análise do quantitativo de alguns serviços pode ser comprometida em função do estágio da obra ou do não detalhamento dos projetos. Deve-se observar também que alguns serviços são permanentes, ficando incorporados à obra (como pintura de paredes, alvenaria, etc.), e outros são provisórios, utilizados apenas durante a fase de construção e removidos em seguida (como fôrmas, escoras, andaimes, etc.).

Tendo em vista a complexidade desse procedimento de extração de quantitativos de projetos para uma orçamentação devidamente eficiente, é notório que ocorram erros nesses levantamentos, pois muitas vezes é um serviço de contagem e observação manual. Com o intuito de se aperfeiçoar esse processo, este trabalho tem como objetivo principal procurar analisar uma ferramenta nova disponível para esse serviço. Essa ferramenta é o BIM, que vem

ocupando seu espaço no mercado da construção civil e já é instrumento importante e presente em vários escritórios de projetos.

## 5. TECNOLOGIA BIM

Nos últimos anos, o conceito da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*), ou Modelagem da informação para a Construção, vem despontando como uma das inovações mais promissoras dentro do mercado construção civil. Essa tecnologia se traduz num meio de representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação, sendo um dos recursos utilizados para obter informações sobre o projeto a fim de formar uma base confiável para a tomada de decisões durante o seu ciclo de concepção, execução da obra e manutenção da edificação, sendo assim utilizada desde a sua elaboração até a demolição. (BRAGA, 2015)

Para WONG (2005), o BIM mais do que um modelo para visualização do espaço projetado, é um o modelo digital composto por um banco de dados que permite agregar informações para diversas finalidades, além de aumento de produtividade e racionalização do processo. Agora comumente conhecido como Modelagem da Informação da Construção ou Modelo Paramétrico da Construção Virtual

Segundo MASOTI (2014), o BIM apresenta-se em várias dimensões integradas entre si. “BIM possui diversas camadas de informação, conhecidas como dimensões. Um modelo pode ser 4D, 5D, 6D, 7D, até nD, conforme o contexto da utilização, podemos classificar as 7 principais dimensões”.

- 2D Gráfico – são as dimensões do plano, onde estão representadas graficamente as plantas do empreendimento.

- 3D Modelo – adiciona a dimensão espacial ao plano, onde é possível visualizar os objetos dinamicamente. Um modelo 3D pode ser utilizado na visualização em perspectiva de um empreendimento, na pré-fabricação de peças, em simulações de iluminação. No caso do BIM, cada componente em 3D possui atributos e parametrização que os caracterizam como parte de uma construção virtual de fato, não apenas visualmente representativa.

- 4D Planejamento – adiciona a dimensão tempo ao modelo, definindo quando cada elemento será comprado, armazenado, preparado, instalado, utilizado. Organiza também a disposição

do canteiro de obras, a manutenção e movimentação das equipes, os equipamentos utilizados e outros aspectos que estão cronologicamente relacionados.

- 5D Orçamento – adiciona a dimensão custo ao modelo, determinando quanto cada parte da obra vai custar, a alocação de recursos a cada fase do projeto e seu impacto no orçamento, o controle de metas da obra de acordo com os custos.

- 6D Sustentabilidade – adiciona a dimensão energia ao modelo, quantificando e qualificando a energia utilizada na construção, a energia a ser consumida no seu ciclo de vida e seu custo, em paralelo a 5ª dimensão. A energia, neste caso, pode estar diretamente relacionada ao impacto físico do projeto no meio em que este está inserido.

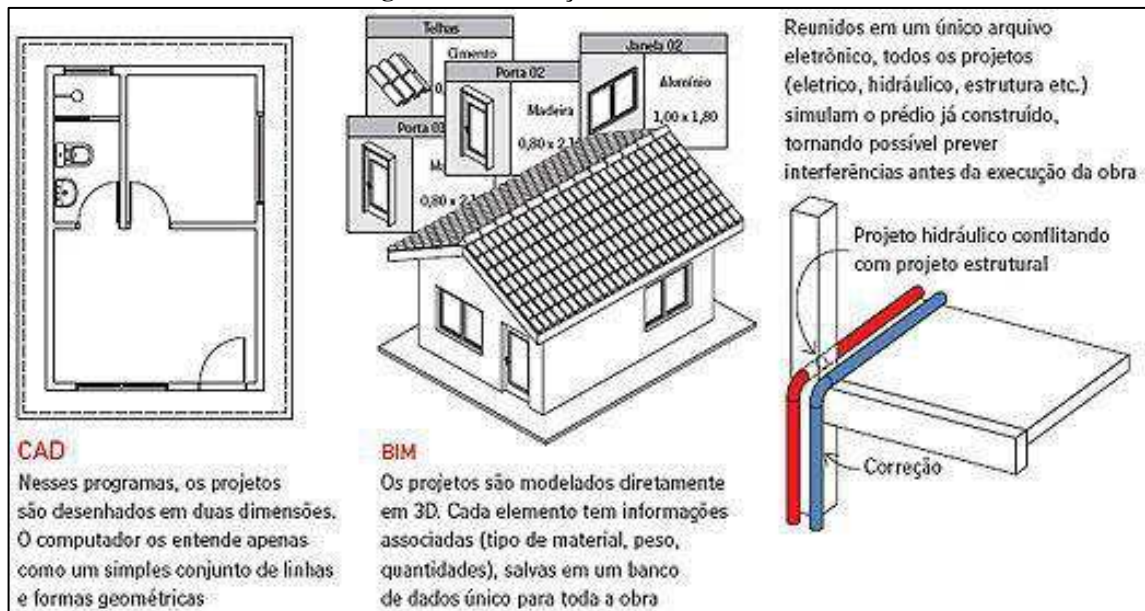
- 7D Gestão de Instalações – adiciona a dimensão de operação ao modelo, onde o usuário final pode extrair informações de como o empreendimento como um todo funciona, suas particularidades, quais os procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos.

Outras dimensões podem ser consideradas, dependendo do contexto.

- 8D Segurança - a oitava dimensão (8D) no modelo BIM diz respeito a segurança e prevenção de acidentes. Segundo KAMARDEEN (2010), “Segurança e Prevenção de Acidentes em BIM consiste em três tarefas: determinar os riscos no modelo, promover sugestões de segurança para perfis de risco alto e propor controle de riscos e de segurança do trabalho na obra para os perfis de riscos incontroláveis através do modelo”. Ou seja, o 8D adiciona a dimensão segurança ao modelo, prevendo possíveis riscos no processo construtivo e operacional, adicionando componentes de segurança e indicativos de riscos.

Dessa forma, os elementos passam a ser definidos individualmente, sendo-lhes atribuídos significados, características e propriedades associadas como, por exemplo, numa parede, na qual é possível especificar não apenas parâmetros geométricos, como comprimento, altura e largura, mas também parâmetros de informação, como o material que a compõe, a textura da superfície, suas propriedades térmicas e acústicas, os custos do material e da construção, entre outros, possibilitando inclusive a introdução de parâmetros a critério do utilizador. (BRAGA, 2015)

**Figura 4 - Diferença entre CAD e BIM**



Fonte: PINI, 2013

Atualmente o sistema de modelagem da informação da construção, é pouco conhecido no Brasil, pois seu desenvolvimento é recente e totalmente estrangeiro, e globalmente ainda não é predominante nos escritórios e engenharia e arquitetura, mas em contrapartida, ganha cada vez mais adeptos em migrar para esse novo conceito de projetar. (OLIVEIRA, 2014)

OLIVEIRA (2014), diz ainda que essa migração tem como principal motivador o mercado, que cada vez mais busca a perfeição nas atividades de construções, valorizando critérios de industrialização na construção, a fim de se reduzir custos operacionais, fazer produtos com melhor qualidade em prazos cada vez menores.

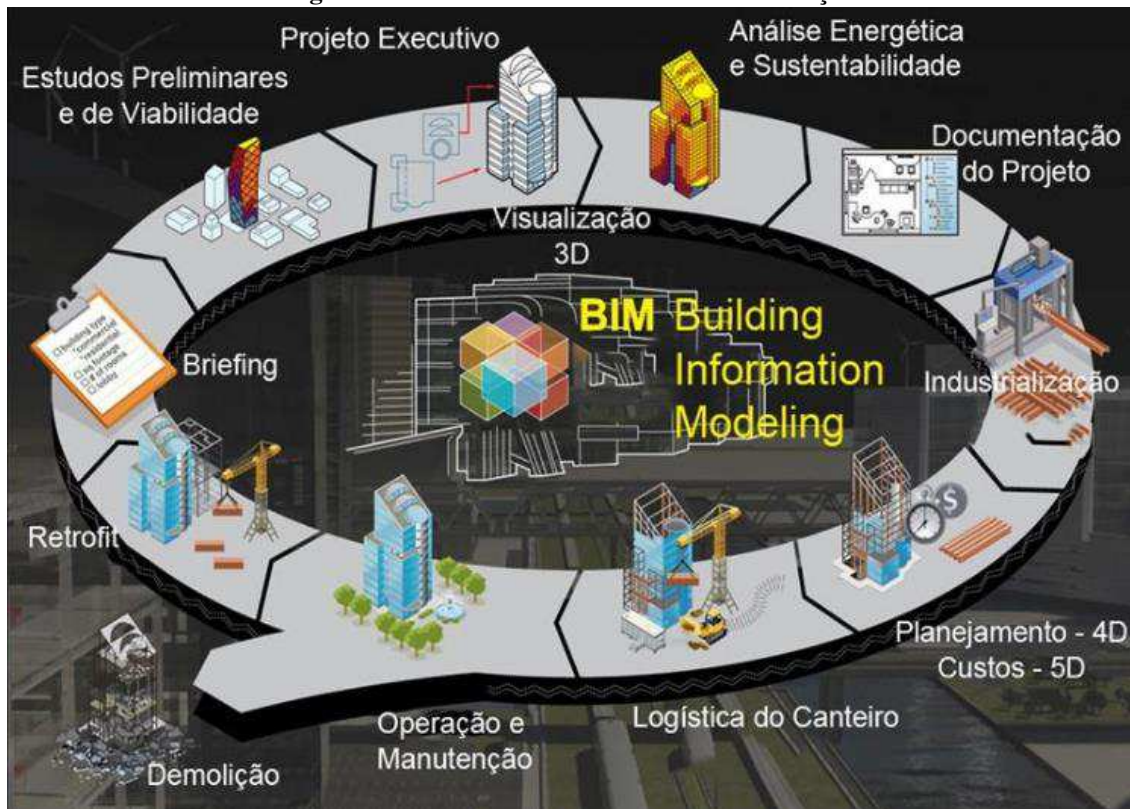
O Caderno de projetos BIM do Governo de Santa Catarina (2013) afirma que “o conceito dessa tecnologia para a área da arquitetura, engenharia e construção civil é de base para as ferramentas que permitem simular o desenvolvimento de um bairro, de uma cidade; o comportamento de uma edificação frente a questões climáticas, de segurança, energética e de consumo de materiais; ou seja, permite simular ciclo de vida da benfeitoria, seus impactos, interferências e ganhos sociais. Com o BIM as fases de projeto destacam-se por sua importância, pois possibilitam realizar análises mais acuradas da viabilidade econômica, urbanística, ambiental e social, no curto, médio e longo prazo, ou seja, da sustentabilidade da benfeitoria”.

Ainda segundo esse caderno, além das possibilidades de simulação e dos reflexos na execução (por permitir a minimização de conflitos e problemas), BIM também permite a



gestão de operação e manutenção de forma mais eficiente e ágil. Uma vez que as informações do “As Built” tenham sido lançadas e estejam corretas; a troca de uma válvula, a compra de lâmpadas, a pintura de uma parede, a localização de bens (computador, mesa, entre outros), a gestão e a manutenção da benfeitoria tornam-se mais eficientes, pois o simples cruzamento de uma curva ABC com o tempo de vida útil de materiais e equipamentos permitirá compor um fluxo financeiro mais realista para o gestor dessa benfeitoria.

**Figura 5 - BIM e o ciclo de vida de uma edificação**



Fonte: Autodesk, adaptado, Manzione (2013).

A evolução pela qual tem passado o processo de desenvolvimento de projetos traz consigo, além das necessidades de mudanças culturais e gerenciais, a necessidade de tecnologias condizentes com as características das novas formas de se projetar, planejar e entregar.

Quando se passou da prancheta de desenhos manuais para o CAD os ganhos foram imediatos, principalmente em relação ao tempo e custos que envolviam o processo de desenho manual. No entanto, não tivemos melhorias significativas em outros aspectos, visto que o processo em si não teve muitas mudanças, apenas passando do desenho manuscrito para o digital. Mediante a reformulação do processo de projeto, surgiu a ideia de modelar os

objetos, ao invés de apenas desenhá-los em 2D. Esse foi o ponto de partida para a criação do BIM, que representa, na verdade, muito mais do que simplesmente softwares de modelagem, sendo uma nova filosofia de desenvolvimento de projeto. (BRAGA, 2015)

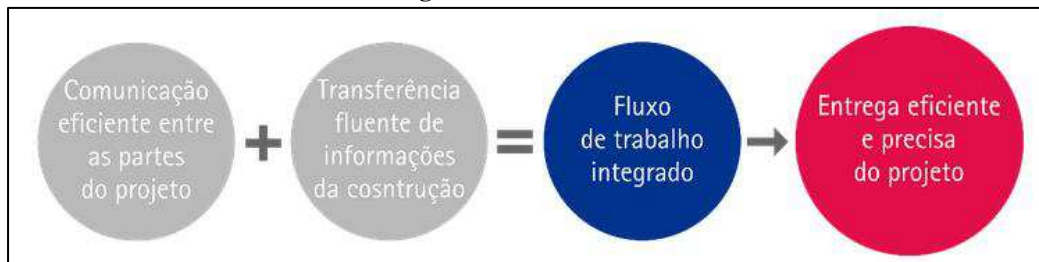
BRAGA (2015) diz ainda que “o BIM é um mecanismo de elaboração de projetos que pretende integrar os profissionais de arquitetura e engenharia civil do início ao fim dessa fase, para a criação de um modelo virtual que represente todas as características do produto final, incluindo informações técnicas, de orçamento, de execução, de manutenção, entre outras, apresentando também a relação delas em função do tempo. Espera-se alcançar isso através da utilização de dados paramétricos (dados baseados em parâmetros) em todos os elementos inseridos nas ferramentas de software. Através da parametricidade, os objetos podem incluir todo tipo de propriedade que o programador desejar”.

Segundo a *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS, 2007), organização não governamental norte americana, BIM é “uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação e um recurso de compartilhamento de conhecimento para obter informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida; definido desde a sua concepção até a primeira demolição”.

Segundo EASTMAN (2008), BIM é uma tecnologia de modelagem e um conjunto de processos associados para produzir, comunicar e analisar modelos de edifícios.

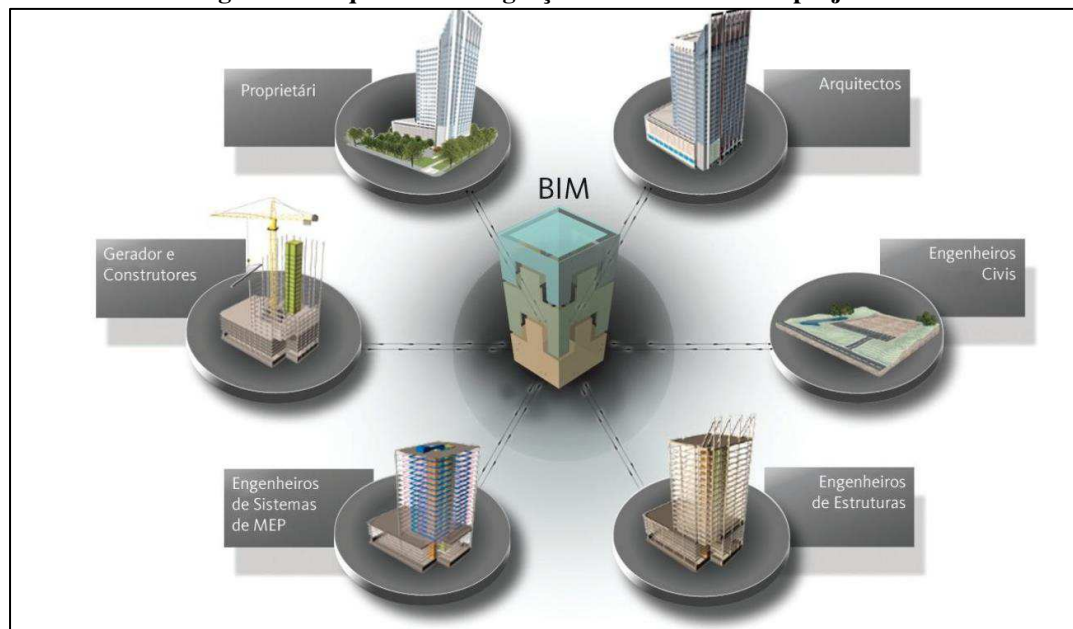
UNDERWOOD e ISIKDAG (2010) definem as características dos Building Information Models:

- Orientados a objetos;
- Ricos em dados e abrangentes: os modelos são ricos em dados e abrangentes enquanto cobrem e mantêm as características físicas e funcionais e os estados dos elementos do edifício;
- Tridimensionais: os modelos representam a geometria do edifício em três dimensões;
- Espacialmente relacionados: as relações espaciais entre os elementos do edifício são mantidas nos modelos de maneira hierárquica;
- Semanticamente ricos: os modelos mantêm uma grande quantidade de informação semântica sobre os elementos do edifício; e
- Modelos capazes de suportar vistas: as vistas do modelo são subconjuntos ou instantâneos do modelo que podem ser gerados com base no modelo principal. Essas vistas podem ser automaticamente geradas, resguardando as necessidades do usuário.

**Figura 6 - Fluxo BIM**

Fonte: <http://www.tekla.com/cdn/farfuture>, 2017.

O portal online PMKB (2015) afirma em seu site que a tecnologia envolve o gerenciamento de informações do projeto, desde a fase inicial, criando um modelo digital que abrange todo o ciclo de vida do projeto. Nesse novo conceito é possível que projetistas de diversas áreas possam trabalhar em um mesmo arquivo central colaborando um ao outro, assim qualquer alteração em uma disciplina permite que essa nova tecnologia seja capaz de detectar antecipadamente as incompatibilidades construtivas.

**Figura 7 - Esquema de integração dos envolvidos no projeto**

Fonte: PMKB, 2015.

Para a PINI (2015) além dos benefícios de compatibilização, da modelagem 3D, de modelos de planejamento, construção e operação, essa tecnologia consegue proporcionar a integração de todos os envolvidos no projeto, inclusive do cliente, gera uma quantificação dos materiais, que facilita e reduz erros nos orçamentos e também é possível fazer uma estimativa e análise de risco.

Dentre os softwares mais utilizados com a tecnologia BIM, podemos destacar:

- Revit (Autodesk)
- ArchiCAD (Graphisoft)
- Vectorworks (Nemestcheck)
- CypeCAD (Cype)
- Bentley Architecture (Bentley Systems)
- QiBuilder (Alto Qi)

O BIM ainda não é realidade da grande maioria dos projetos no Brasil, mas diante dos ganhos que essa tecnologia pode trazer aos projetos, se bem utilizado, fica obvio que a sua utilização massiva ao longo dos próximos anos será uma tendência natural dos profissionais da área. É claro que implementar essa tecnologia exige tempo e dedicação para que a implantação dos projetos seja um sucesso. (PMKB, 2015)

#### 5.1. PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES DO BIM

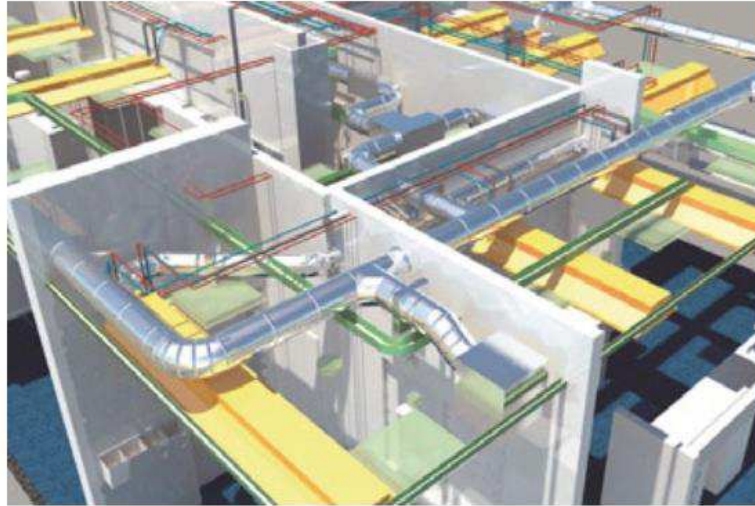
De acordo com o manual de “Implantação do BIM para construtoras e incorporadoras” desenvolvido pelo CBIC (2016) existem diferentes casos de usos dessa tecnologia que já foram mapeados. Os exemplos que serão citados abaixo foram retirados desse manual, que auxilia empresas da construção civil a implantar o BIM em seus projetos. Os principais estão descritos abaixo:

##### a) Visualização em 3D do que está sendo projetado:

Segundo o livro “Implantação do BIM para construtoras e incorporadoras” (CBIC, 2016) “Nos projetos desenvolvidos em CAD (Computer Aided Design), tecnologia baseada apenas em documentos, as representações em plantas, cortes, vistas ou, no melhor dos casos, em desenhos de perspectivas e detalhes, não permitiam a correta visualização e a perfeita compreensão do que estava sendo projetado. O ‘leitor’ das informações documentadas em desenhos precisava usar sua imaginação para construir, apenas mentalmente, as imagens tridimensionais de uma edificação ou instalação projetada, combinando as informações documentadas e fragmentadas em diferentes desenhos”.

O modelo 3D possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferências geoespaciais entre objetos. (CBIC, 2016)

**Figura 8 - Imagem 3D renderizada, gerada por softwares BIM, representando parte das instalações de ar-condicionado de uma edificação**



Fonte: CBIC 2016.

b) Ensaio da obra no computador:

O livro afirma ainda que “a construção civil é uma indústria de protótipos. Quando, finalmente, sabe-se tudo sobre uma determinada obra, ela acaba. Ainda que se repita aquele mesmo projeto, só considerando que o endereço será necessariamente diferente, também serão diferentes as condições de execução, de acesso ao novo endereço, a formação geológica do subsolo, as condições climáticas durante a execução, a mão-de-obra, que poderá empregar outros prestadores de serviços, e assim por diante. Infelizmente é comum que ocorra várias mudanças do decorrer da obra, em relação ao projeto e planejamento originais. O BIM pode minimizar a incidência e o impacto de tais mudanças. A modelagem de informações possibilita a geração automática de projetos e de relatórios (documentos), análises de projetos, planejamentos, simulações, gestão de instalações, e mais: definitivamente permite que a equipe de projeto fique mais bem informada, para tomar decisões adequadas e construir edificações melhores”.

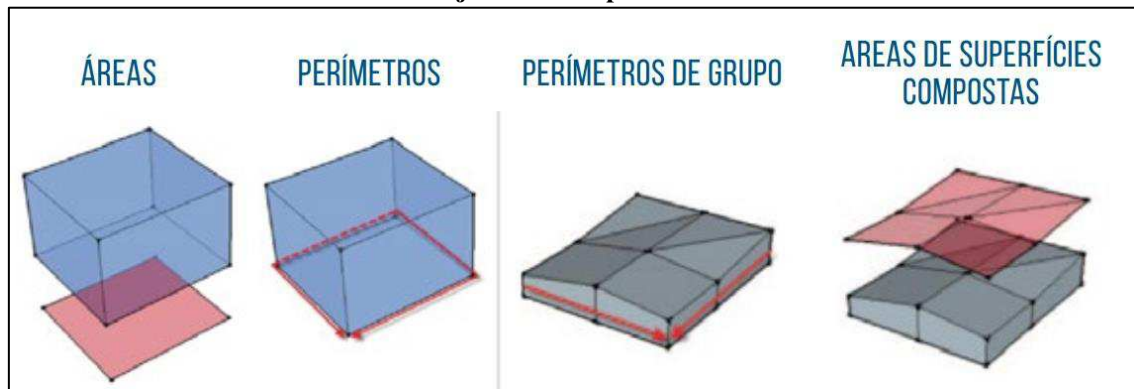
O caso de uso BIM chamado Planejamento ou Sequenciamento 4D permite que se estude, detalhadamente, todas as etapas e atividades previstas para a execução de uma obra. A construção de um prédio de múltiplos pavimentos exige, por exemplo, a instalação de bandejas de proteção, para evitar a queda de materiais ou ferramentas. Com a plataforma BIM, pode-se realizar a Construção Virtual (Virtual Design & Construction – VDC), que

permite ensaiar uma obra no computador, antes do início da construção real, no endereço da obra. Alguns softwares BIM criam animações para a demonstração explícita da sequência de atividades na obra. Esses recursos podem gerar economia e redução de descontinuidades e 'surpresas' durante a execução da obra, quando a flexibilidade para tomada de decisão já é muito reduzida, elevando a qualidade do planejamento e seu nível de assertividade. (CBIC, 2016)

c) Extração automática das quantidades de um projeto:

A extração, automática, de todas as quantidades de serviços e componentes dos modelos BIM é uma das funcionalidades mais utilizadas por aqueles que começam a utilizar a plataforma. Essa funcionalidade garante consistência, precisão e agilidade de acesso às informações das quantidades, que poderão ser divididas e organizadas (ou agrupadas), de acordo com as fases definidas no planejamento e na programação de execução dos serviços. (CBIC, 2016)

**Figura 9 - Exemplos de extração de quantidades realizadas por soluções BIM. Podem ser extraídas e fornecidas tanto detalhes dos componentes (exemplo dos pilares), quantidade de componentes ou de conjunto de componentes**



Fonte: CBIC 2016.

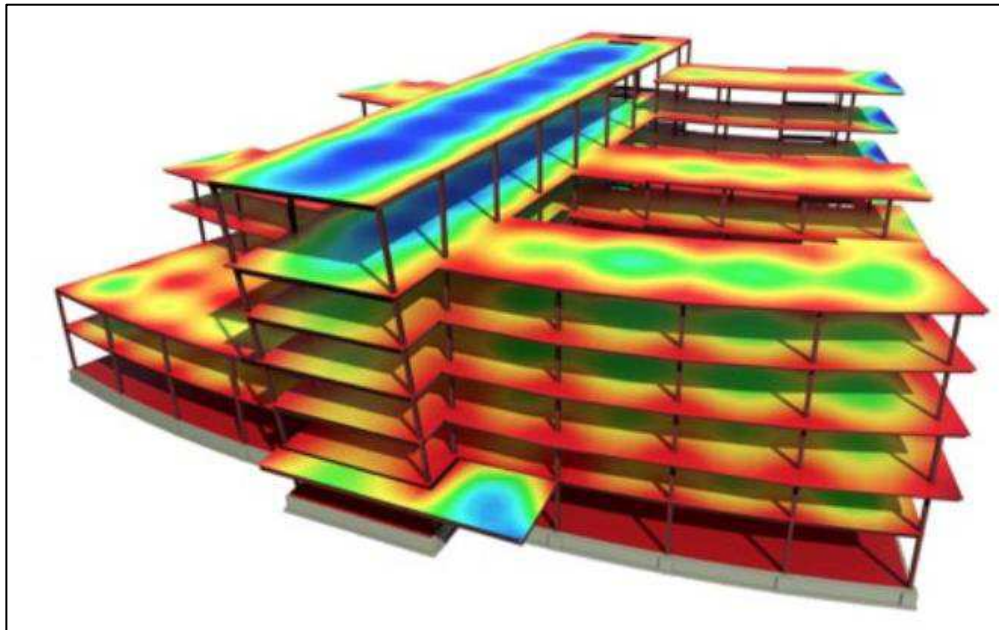
d) Realizar simulações e ensaios virtuais:

Uma outra funcionalidade do Bim apontado pelo livro é a possibilidade de realizar simulações do comportamento e do desempenho de edifícios e instalações, ou de suas partes e sistemas componentes, são funcionalidades novas, que não podiam ser executadas antes, com a utilização de processos baseados apenas em documentos (CAD). Os modelos BIM os tornaram possíveis. Essa é uma das áreas que mais têm recebido investimentos dos desenvolvedores de softwares. Algumas das análises e simulações com a utilização de modelos BIM são as seguintes:

- Análises estruturais;
- Análises energéticas (simulações do consumo de energia);

- Estudos térmicos e termodinâmicos;
- Estudos de ventilação natural;
- Estudos de níveis de emissão de CO<sub>2</sub>;
- Estudos luminotécnicos;
- Estudos de insolação e sombreamento;

**Figura 10 - Através de um código de cores, os esforços estruturais suportados pelas lajes de uma edificação são representados em imagem gerada por um software BIM**



Fonte: Autodesk, 2016.

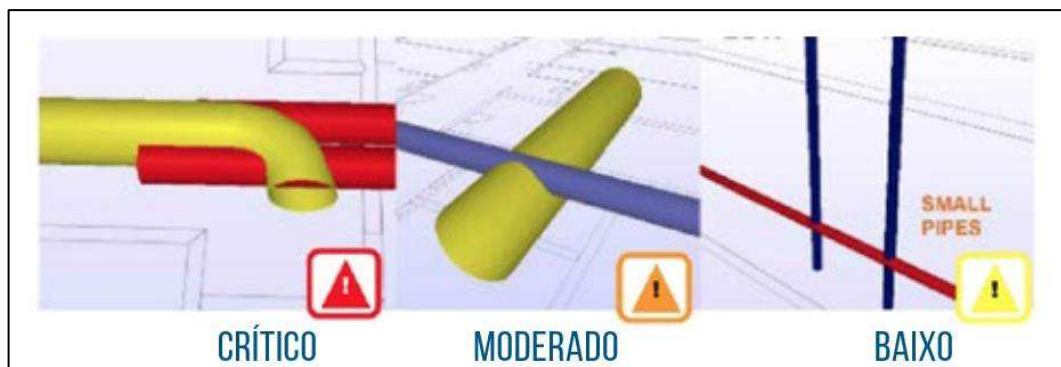
e) Identificação automática de interferências (compatibilização):

Uma das principais funcionalidades do BIM, com certeza é a compatibilização de projetos, que visa a eliminação completa de interferências entre eles, reduzindo desperdícios e aumentando os lucros. De acordo com a CBIC (2016) “os softwares BIM localizam automaticamente as interferências entre os objetos que compõem um modelo. Esta funcionalidade é conhecida como clash detection. Os relatórios das interferências localizadas em um modelo BIM em desenvolvimento podem ser extraídos automaticamente, e compartilhados com as equipes responsáveis por cada uma das diferentes disciplinas. Alguns softwares oferecem formatos padronizados de listas de interferências que já incluem a imagem do problema, e referências da sua localização no modelo”.

Isto é bastante útil nos casos de modelos muito extensos ou complexos, onde há muitas repetições de trechos de instalações. Além da localização automática, algumas

soluções também classificam as interferências como leves, moderadas ou críticas. Uma interferência leve seria o caso em que, por exemplo, uma tubulação de pequeno diâmetro interfere com outra também de pequeno diâmetro. Ou seja, seria uma interferência de fácil solução, porque não é muito difícil desviar uma tubulação de pequeno diâmetro, que, na maioria das vezes, pode ser feita utilizando conexões padronizadas. Já a interferência de uma tubulação de grande diâmetro com um componente da estrutura, por exemplo, um pilar ou uma viga estrutural, seria considerado como crítica. (CBIC, 2016)

**Figura 11 - Localização e classificação, automática, de interferências geométricas, realizadas por um software BIM**



Fonte: CBIC, 2016

## 5.2. ORÇAMENTAÇÃO COM BIM

Segundo a SoftPlan(2015), desenvolvedora do software Sienge, voltado para o planejamento e gestão na construção civil, o levantamento de quantitativos e os cálculos são a base do trabalho de orçamento, mas é a forma de tratar essas informações que faz toda a diferença. Uma planilha isolada, por exemplo, não consegue interagir de forma eficaz com as outras etapas do empreendimento. Na nova era em que vivemos, baseada no compartilhamento de dados, e comunicação através da tecnologia, a construção pode se beneficiar muito se inserindo nessa realidade. Conceitos como a tecnologia BIM utilizam da tecnologia para entregar essa consistência de dados e integração das várias fases de um projeto.

Em um artigo sobre as barreiras no uso de tecnologia da informação na Construção Civil, os pesquisadores da Escola Politécnica da USP, Luiz Nascimento e Eduardo Santos, garantem: “O potencial benefício no uso de tecnologias para gerenciar informações é óbvio e muito grande. Os resultados de uma iniciativa que fosse capaz de agregar a TI de forma eficaz no cotidiano dos profissionais da Construção teria um enorme impacto devido a dois fatores: a fatia considerável que o setor representa do PIB e a baixa



produtividade que caracteriza o setor. As oportunidades para aumento da eficiência desta indústria pela aplicação destas tecnologias são muitas, proporcionando impacto significativo no crescimento nacional, provavelmente maior que na maioria dos demais setores. ”

Os profissionais mais experientes na Construção Civil devem saber que a necessidade de se adaptar é o que determina se você permanece no mercado ou não. Aqueles que aprenderam a projetar nas mesas de desenho tiveram que se reinventar para usar softwares de projeto. Agora, os processos se modernizam novamente e pedem que se aprenda a fazer a gerência das informações e modelá-las usando BIM.

WITICOVSKI (2011) apresenta a possibilidade da utilização de BIM para o levantamento de quantitativos no mercado brasileiro da construção. WITICOVSKI (2011) com seis estudos de caso em diversas empresas, conclui que a partir da utilização do BIM, é possível melhorar o planejamento e controle de custos de empreendimentos. É afirmado ainda que, não obstante o uso de software BIM, é necessário também uma abordagem de mudança dos processos de negócio.

ROGINSKI (2011) estudou o processo de levantamento de quantitativos em BIM durante a licitação de projetos na indústria da construção dinamarquesa. As deficiências dos quantitativos tradicionais (falta, imprecisão e confiabilidade das informações) são ressaltadas. A tecnologia BIM se destaca como uma forma de otimização do processo como um todo. Segundo ROGINSKI (2011) cabe às empresas (e também à academia) determinar-se a explorar todas as vantagens que a BIM pode proporcionar.

ANDRADE (2012) estudou a contribuição de sistemas BIM ao processo de orçamentação de obras públicas. É feita uma análise comparativa entre os processos de CAD tradicional e utilizando a tecnologia BIM. Conclui-se que a modelagem de informações na construção permite um maior controle sobre o projeto desenvolvido, além de apresentar uma exatidão considerável, com relação ao método convencional.

Segundo BRAGA (2012), durante a fase de projeto, as únicas quantidades disponíveis para efeito de estimativas de orçamento são aquelas associadas a áreas e volumes, como tipos de espaço físico, perímetros, comprimentos, entre outros. Essas quantidades são adequadas para realização de uma estimativa de custo, fase na qual se está realizando o planejamento preliminar do empreendimento, e cujo cálculo é baseado em alguns parâmetros de construção. Entretanto, esses quantitativos em geral não estão disponíveis em aplicativos para projeto preliminar (como o SketchUp), porque não definem tipos de objetos reais, como aqueles criados por um programa da

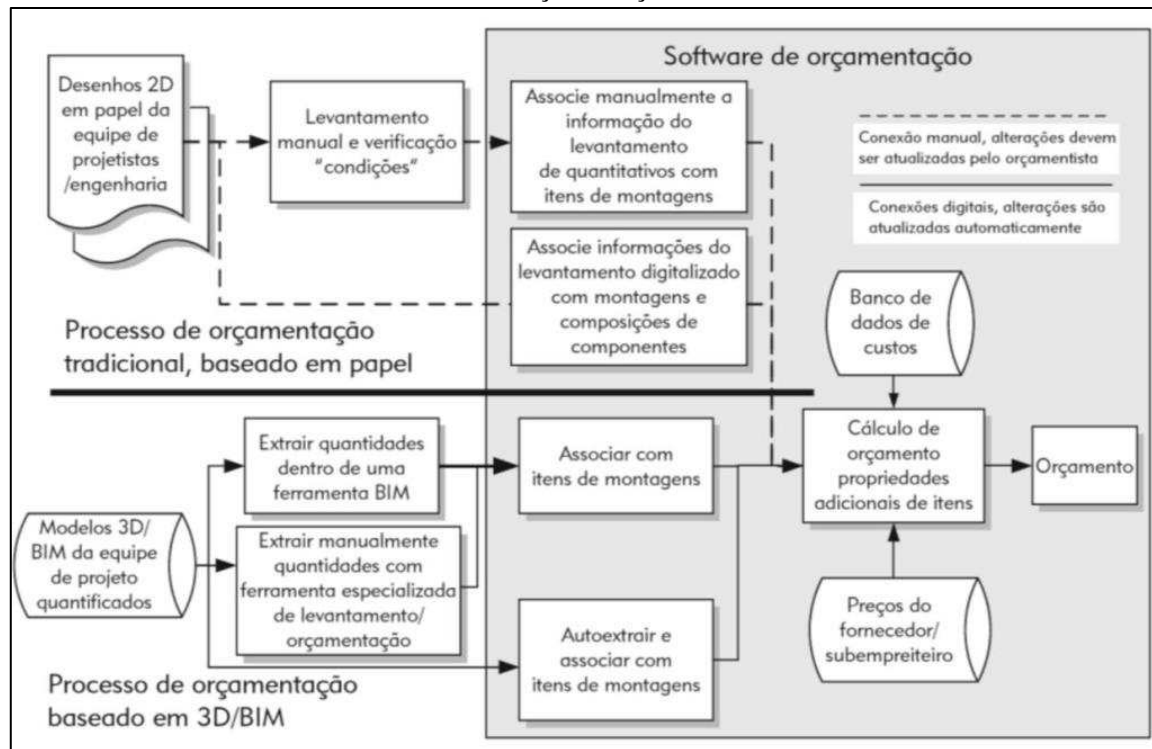
tecnologia BIM. Com isso, é válido levar o modelo do projeto preliminar para um software BIM, a fim de possibilitarmos uma extração de quantitativos mais apurada.

Todos os softwares que utilizam tecnologia BIM fornecem recursos para a extração de quantitativos de componentes e reportam esses valores em diversas tabelas. No entanto, para a realização de levantamentos mais rigorosos, alguns problemas podem surgir caso a edificação não tenha sido modelada de forma minuciosa. Por exemplo, alguns softwares BIM podem fornecer a metragem de sapatas de concreto, mas não a quantidade de armadura embutida no concreto, ou, analogamente, fornecer a área de paredes internas feitas de gesso acartonado, mas não a quantidade de montantes que será necessária para as paredes. Outro exemplo é o caso de serviços de alvenaria tais como chapisco, emassamento e lixamento, em que o software não consegue fornecer o quantitativo, uma vez que não é um serviço que fique incorporado à edificação. Só seria possível obter esta informação diretamente do modelo se o projetista incluísse o serviço de emassamento e lixamento como componente do objeto parede. Esses são problemas que podem ser solucionados, mas para isso, é necessária a adoção de uma ferramenta BIM específica, e do sistema de estimação de custos associado.

É importante ressaltar, como visto acima, que embora os modelos de edificações forneçam medidas adequadas para o levantamento de quantitativos, seu uso não substitui o processo de orçamentação.

O engenheiro orçamentista desempenha um papel fundamental no processo de construção, e tal processo envolve a avaliação de condições que terão impacto direto nos custos da obra, bem como a condição não usual de paredes, montagens diferenciadas, e condições de difícil acesso. A identificação automática dessas condições por uma ferramenta BIM ainda não é viável, o que faz com que os orçamentistas devam considerar a adoção da tecnologia BIM como uma forma de simplificar etapas do orçamento e possibilitar uma rápida visualização, identificação e avaliação de condições, como exemplifica a figura 13 a seguir e que se encontra também nos anexos deste trabalho.

**Figura 12 - Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de um levantamento de quantidades e orçamentação**



Fonte: BIM Handbook, EASTMAN, 2011.

O BIM vem sendo utilizado de variadas formas no processo de levantamento de quantitativos e como suporte ao processo de orçamentação de edificações. Nenhuma ferramenta BIM oferece todas as funcionalidades de uma planilha eletrônica ou pacote de software específico para orçamentação, cabendo ao orçamentista responsável identificar qual método que trabalhará melhor para o seu processo de orçamentação específico.

EASTMAN (2011) em seu guia BIM Handbook apresenta três principais opções em que o BIM pode ser útil ao orçamento:

1. Exportar quantitativos de objetos da edificação para um software de orçamentação.
2. Conectar a ferramenta BIM diretamente ao software de orçamentação.
3. Usar uma ferramenta BIM de levantamento de quantitativos.

Cada uma dessas opções será discutida mais detalhadamente a seguir, seguindo a definição apresentada no BIM Handbook.

### 5.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DO BIM EM PROJETOS

É intuitivo perceber o BIM como potencial solução para as principais fontes de erros em informações sobre tipos, quantificações e especificações de determinados objetos e materiais no processo de projeto de uma edificação. Essa tecnologia possibilita que o processo de extração de quantitativos seja automatizado, uma vez que os objetos dentro de um modelo BIM (esquadrias, alvenaria, entre outros) são parametrizados, ou seja, guardam consigo, além das características geométricas inerentes, outros parâmetros relacionados à sua construção. (BRAGA, 2012).

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

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

Para TARRAFA (2012), as vantagens de mais importância que podemos encontrar no BIM são as seguintes:

- Visualização 3D da estrutura e melhor compreensão visual do projeto;
- Melhor planejamento do projeto;
- Modelação por objetos com definição das suas propriedades físicas;
- Base de dados e informação integrada e coordenada, reduzindo erros ligados à falta de coordenação interdisciplinar;

- Informação interligada por via de relações paramétricas e, portanto, as alterações são processadas em tempo real em todo o modelo;
- Pesquisa e obtenção eficiente e facilitada de documentos da construção;
- Capacidade de detecção de conflitos;
- A estrutura apenas é modelada uma única vez, podendo ser utilizada nas várias especialidades e fases do projeto;
- Unificação da informação do projeto em apenas um modelo BIM e conseqüentemente em apenas um arquivo informático;
- Aumento da produtividade;
- Facilidade de concepção e percepção das várias fases de construção;
- Calendarização das fases de construção em 5D (tempo e custo);
- Facilidade de intervenções futuras ao projeto.

E os aspectos que mais se destacam como barreiras e limitações para a adoção do uso da tecnologia BIM na prática profissional são:

- Investimento: a necessidade de um investimento inicial com a aquisição de um novo *software* bem como com a sua amortização, com custos adicionais de aprendizagem inicial;
- Curva de aprendizagem lenta: além da natural complexidade do *software* e das múltiplas opções que este representa, talvez seja na alteração de conceitos e no novo modo de olhar para o modelo, que se exige mais investimento pessoal;
- Envolvimento da equipe: ainda é escassa, no nosso país, a proliferação desta metodologia entre equipes que conseguem o envolvimento de todos os projetistas. Assim, ao se reduzir logo à partida, o âmbito possível de uma das maiores potencialidades do BIM que é a interação colaborativa, a qual permite lidar com alterações e com incompatibilidades entre especialidades de modo imediato, está-se, naturalmente, a contribuir para a redução da sua relevância e do retorno do investimento;
- Interoperabilidade: caso seja necessária a comunicação entre entidades que usam diferentes plataformas tecnológicas, a exportação/importação entre sistemas ainda não é isenta de falhas;
- Responsabilização/autoridade: a necessidade de definir explicitamente novos modos de comunicar e partilhar o modelo entre os diversos projetistas e entre estes e o

construtor, passará por uma contratualização que, baseada na confiança e delegação, permita a partilha, sem comprometer os direitos do autor e responsabilização de cada interveniente.

#### 5.4. USO DO BIM NO PLANEJAMENTO DE OBRAS

Segundo a revista *TECHNE* da PINI (2014), a utilização do BIM pelas construtoras brasileiras aos poucos avança em sofisticação, indo além de funcionalidades como a geração de modelos virtuais tridimensionais e a possibilidade de verificação de interferências nos projetos (clash detection). A evolução aponta principalmente para a integração com as ferramentas de planejamento, o chamado BIM 4D. Nele, às três dimensões espaciais que compõem o modelo 3D, é acrescida a variável tempo, tornando-se possível incorporar ao modelo informações sobre cronograma, sequência de obra e fases de implantação. Paralelamente surgem iniciativas que visam a aproximar o BIM dos canteiros, para que informações obtidas junto às frentes de trabalho sejam de progresso ou de atraso de atividade, possam automaticamente municiar as equipes de planejamento, facilitando a tomada de decisão sobre as intervenções necessárias, gerando mínimo impacto nos cronogramas.

A ideia por trás do BIM é ser uma plataforma em que se carreguem todas as informações para a gestão do projeto, da obra e de toda a vida útil do prédio ou instalação. Os projetistas trabalham sobre uma mesma base, sendo possível antever e corrigir as inevitáveis interferências entre, por exemplo, o projeto estrutural e o de ar condicionado. Os principais mercados de construção mundial relatam que a adoção do BIM se reflete em melhorias de produtividade, eficiência e qualidade dos projetos, com consequente ganho em competitividade.

**Figura 13 - Questões importantes ao planejar com BIM**



Fonte: BIM Handbook, 2014.

Para a PINI (2014), com a inserção das informações de planejamento no modelo BIM, é possível visualizar virtualmente e mais facilmente a progressão da obra, antecipando decisões que seriam tomadas em etapas posteriores. É possível realizar simulações de logística de canteiro, solucionar conflitos entre serviços, definir a quantidade de operários necessários para realização das atividades, além de estudar a locação de gruas, cremalheiras e outros equipamentos, verificando sua interface com a logística e a execução das fachadas. A integração do modelo 3D com o cronograma aumenta a eficiência de obras industrializadas, pois permite programar com maior precisão as entregas de elementos pré-fabricados.

O BIM 4D pode ser bastante flexível, dependendo do grau de detalhamento, que depende da intenção do usuário: uma parede pode ser modelada como elemento único ou com seus diferentes componentes. Para que tudo isso funcione é necessário um grupo de softwares

que “conversem” entre si e que haja um trabalho integrado das equipes de projeto, planejamento e orçamento. Esta metodologia pode ser aplicada tanto em pequenos como em grandes empreendimentos. Em áreas pequenas, o modelo 4D facilita o dimensionamento e coordenação do fluxo de trabalho das equipes de mão de obra. Em empreendimentos maiores e mais complexos, a antecipação de interferências e simulação de atrasos/problemas evita atrasos e gastos imprevistos ao longo da obra.

Ao desenvolver o modelo 4D, é prudente simular diferentes cenários para visualizar o impacto no processo e desenvolver possíveis planos de contingência. Pode-se também simular diferentes planos de ataque, verificando qual é o melhor caminho para a execução das obras. Ao combinar um modelo 3D com sua evolução ao longo do tempo, o BIM 4D apresenta a sequência executiva de forma mais eficiente do que um diagrama de Gantt tradicional. O resultado é bastante visual, o que facilita a troca de informações com as partes envolvidas que não sejam da área de projetos/construção.

Algumas construtoras estão fazendo experimentos, aproximando o BIM dos canteiros de obra, com a equipe de obra atualizando as informações obtidas de cada frente de trabalho (progresso das atividades, efetivo em cada etapa, produtividade). Com estas informações em tempo real, as equipes de planejamento conseguem agilizar a tomada de decisão e adotar um plano de ação mais efetivo.

#### 5.5. CONSTRUÇÃO ENXUTA E BIM

Para MENDES JUNIOR (2014), dois desenvolvimentos importantes estão causando mudanças fundamentais na indústria da construção. O primeiro é um a abordagem conceitual do gerenciamento do projeto e construção – a construção enxuta (lean construction) – e o segundo é uma tecnologia da informação transformadora – a modelagem de informação da construção (Building Information Modeling – BIM). Embora ambos sejam conceitualmente independentes e distintos, parece haver sinergias entre estes que se estendem além da natureza essencialmente circunstancial de suas abordagens contemporaneamente maduras (SACKS et al, 2010).

A construção enxuta é aplicação e adaptação dos conceitos e princípios da produção enxuta e do Sistema Toyota de Produção (STP) para a construção. Assim como no STP o foco da construção enxuta é na redução de perdas, aumento do valor para o consumidor e melhoria contínua (LIKER, 2005).

Segundo SPEAR & BOWEN (1999) o conhecimento tácito que fundamenta o Sistema Toyota de Produção pode ser descrito em quatro regras básicas. Essas regras



orientam o projeto, a execução e a melhoria de todas as atividades, conexões e fluxos relacionados a todos os produtos e serviços.

LIKER (2005) aponta que a Toyota permaneceu flexível (em comparação com seus competidores) escolhendo somente as tecnologias de informação e comunicação que eram necessárias e que podiam reforçar seus processos de negócios que já estavam funcionando bem, e ainda assegurando que haviam sido testadas e avaliadas com atenção, antes de serem utilizadas. O BIM traz esta oportunidade para a indústria da construção por que reforça os processos fundamentais da construção. Entretanto os resultados obtidos com os investimentos em TIC até o momento estão abaixo dos satisfatórios (DAVE et al. 2008).

Algumas pesquisas que desenvolvidas nos últimos anos demonstram uma potencialidade do uso de BIM com foco em aplicação nos princípios da CE discutidos acima. Há uma forte sinergia entre BIM e Lean Construction. Projetos em pranchas, muitas vezes, ocasionam perdas de informação. O desperdício vem da espera e/ou busca destas informações. O BIM remove estes desperdícios (EASTMAN et al., 2011).

O BIM pode ser adotado sem práticas Lean e vice e versa, porém o efeito é potencializado com a implementação conjunta (KOSKELA et al, 2009).

EASTMAN et al. (2011) relata um estudo de caso do Sutter Medical Center, nos Estados Unidos. Este estudo é modelo de aplicação de BIM, porém um exemplo é citado ao falar que o uso de BIM 4D é utilizado para otimizar o planejamento e visualização de fluxos. Isso acarreta na redução de tempos de ciclo.

Os mesmos autores relatam outro caso: onde o BIM 4D era utilizado em reuniões semanais de planejamento. Assim era possível planejar os processos pela visualização da produção futura. O modelo de informações era integrado a uma base de dados que permitia puxar a produção programada, entregando materiais e informações como estabelecido.

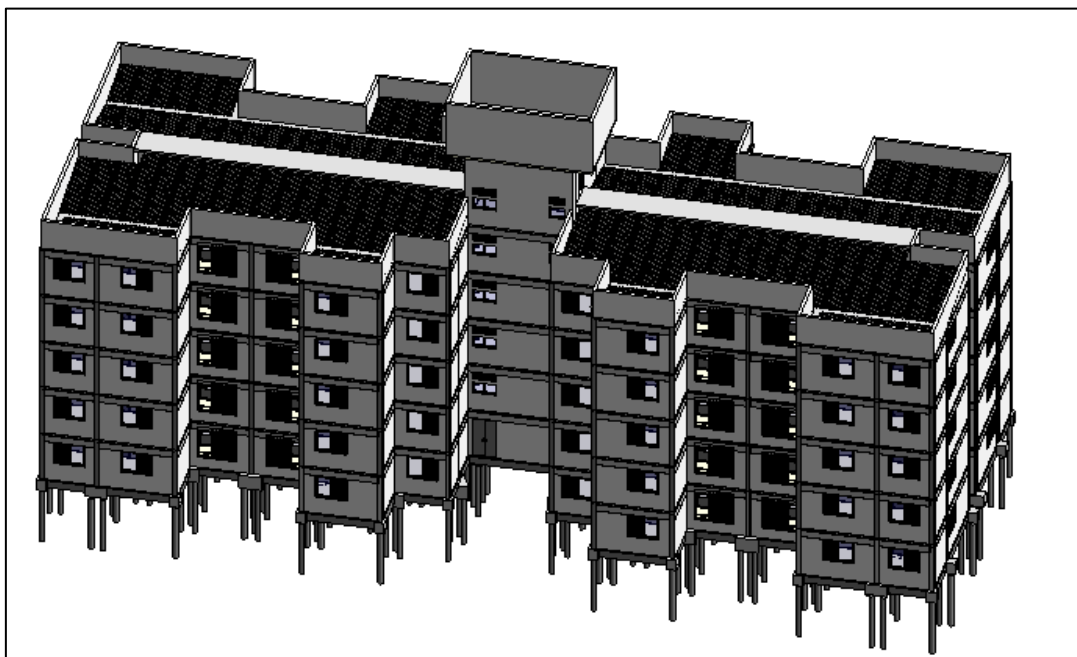
## 6. MÉTODO EMPREGADO

Para analisar as quantidades extraídas de um projeto com a tecnologia BIM, foi realizado um estudo de caso onde foi comparado quantidades levantadas de um projeto estrutural modelado com software BIM e quantidades levantadas de forma manual, através da leitura de projetos.

O software utilizado foi o Autodesk Revit que é uma das ferramentas da tecnologia BIM mais utilizada por profissionais da área de modelagem para construção. Segundo o site da fabricante do programa, a americana Autodesk, “O Revit é um software para BIM. Suas poderosas ferramentas permitem que você use o processo inteligente baseado em modelos para planejar, projetar, construir e gerenciar edifícios e infraestruturas. O Revit oferece suporte a um processo de projeto multidisciplinar, para trabalhos colaborativos”.

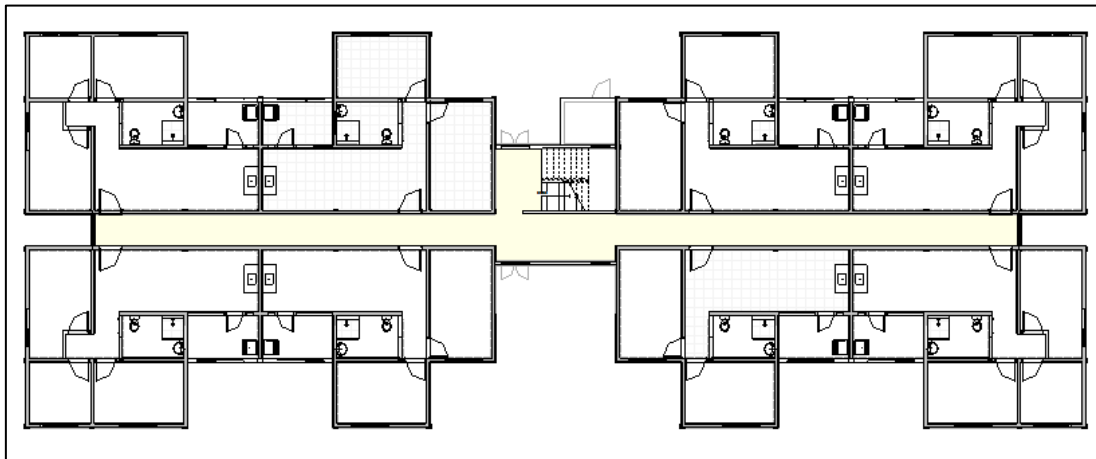
Já o projeto estrutural utilizado, é de um edifício residencial de 05 pavimentos tipo e 08 apartamentos por andar e que está disponibilizado no website da empresa Contier Arquitetura (<http://contier.com.br/downloads>). Este projeto é de padrão popular, feito para apartamentos do programa Minha casa, minha vida.

**Figura 14 - Vista 3D da fachada do projeto**



Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

**Figura 15 - Pavimento Tipo**



Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

#### 6.1. MODELO BIM DO PROJETO

A modelagem de todo o projeto, tanto o arquitetônico como o estrutural, foi desenvolvida pela empresa Contier Arquitetura e disponibilizado gratuitamente em seu site para download. Com a finalidade de refinar este estudo de caso, será feito o levantamento de quantitativos do projeto estrutural, limitado às quantidades de concreto e aço.

Junto ao projeto no formato compatível com o Revit, a empresa disponibiliza também um tutorial elaborado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC, onde ele apresenta de forma completa toda a metodologia de modelagem do projeto. “O Template MCMV – Minha Casa Minha Vida tem como objetivo fornecer um arquivo BIM (Building Information Modeling) com Famílias e Famílias de Sistemas adaptados à construção civil no Brasil, e tem como base as principais tipologias utilizadas em HIS - Habitação de Interesse Social”.

#### 6.2. VERIFICANDO INTERFERÊNCIAS NO PROJETO ESTRUTURAL

Já utilizando o software Revit, inicialmente foi realizado uma verificação das interferências na modelagem do projeto a fim de observar possíveis erros do modelo, como elementos sobrepostos, o que acarretaria em erros no momento da apropriação dos quantitativos.

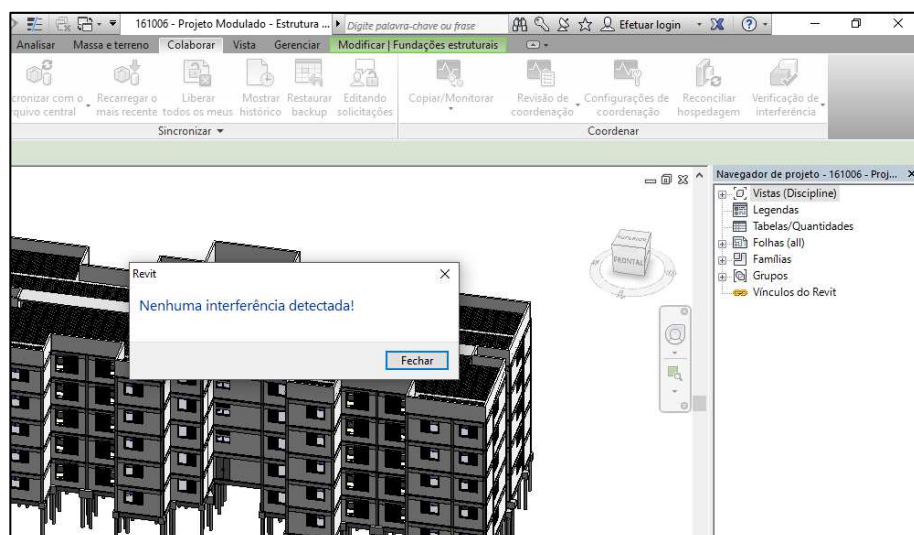
**Figura 16 - Verificação de interferências no projeto**



Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

Para isso, o Revit possui uma ferramenta que com alguns comandos, realiza essa verificação, que dependendo do tamanho do projeto, seus detalhes e desempenho da máquina que está sendo utilizada, pode demorar alguns minutos.

**Figura 17 - Diagnóstico de interferências**



Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

Pela complexidade dos detalhes do projeto modelado, o processo de verificação durou 03 minutos e por fim apareceu o diagnóstico de interferência.

Após esse processo, o projeto está preparado para ser usado para a apropriação de quantitativos orçamentários.

### 6.3. LEVANTAMENTO DOS QUANTITATIVOS DO MODELO

O BIM 5D é onde se dá a orçamentação e para melhor entender como ele funciona é preciso abordar o início do “[...] projeto, [quando] as únicas quantidades disponíveis para estimativas são aquelas associadas a áreas e volumes, como tipos de espaços, perímetros, comprimentos, etc. Essas quantidades podem ser adequadas para a chamada estimativa de custos paramétrica “[...]” (EASTMAN et al., 2014)

Por ser um software que utiliza a tecnologia BIM, o Revit é integrado à diversas finalidades, como planejamento de obra e orçamentação. Esse último é o objeto de estudo deste trabalho. O Revit por si só tem a função de criar tabelas automaticamente para a elaboração de um orçamento, sem a necessidade de exportar dados para outro software de planilhas eletrônicas, como o Microsoft Excel por exemplo.

Os quantitativos foram extraídos de forma manual, através da leitura de projetos estruturais e através da tecnologia BIM, como software Revit. Ao final, foi comparado os resultados e feita uma análise comparativa.

### 6.4. LEVANTAMENTO DE QUANTIDADES COM AUTODESK REVIT

A modelagem em BIM, diferente dos desenhos em CAD, caracterizam parametricamente os objetos do projeto. Os programas CAD entendem todas as informações de entrada apenas como linhas, circunferências, etc. Já as informações inseridas em BIM são entendidas pelos softwares exatamente como o objeto desejado, como por exemplo, uma porta, uma janela, uma viga, etc.

São esses componentes inseridos no projeto que facilitam a compreensão do software e a extração quase que automática dos quantitativos de materiais. O Revit não permite ainda a quantificação dos insumos dos serviços e nem apresenta a possibilidade de cadastrá-los. Para isso, igualmente ao levantamento manual, o orçamentista deve procurar se

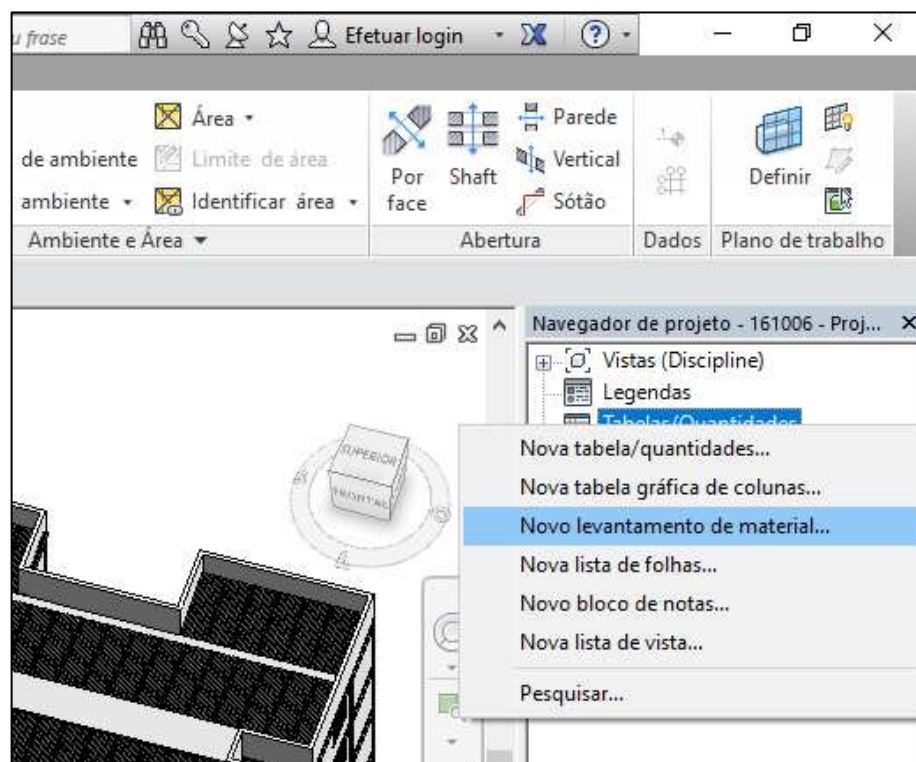
basear em outras fontes referenciadas para a quantificação de materiais, mão-de-obra, equipamentos, etc.

## 7. ESTUDO DE CASO

O levantamento dos quantitativos no Revit foi realizado seguindo os procedimentos descritos abaixo:

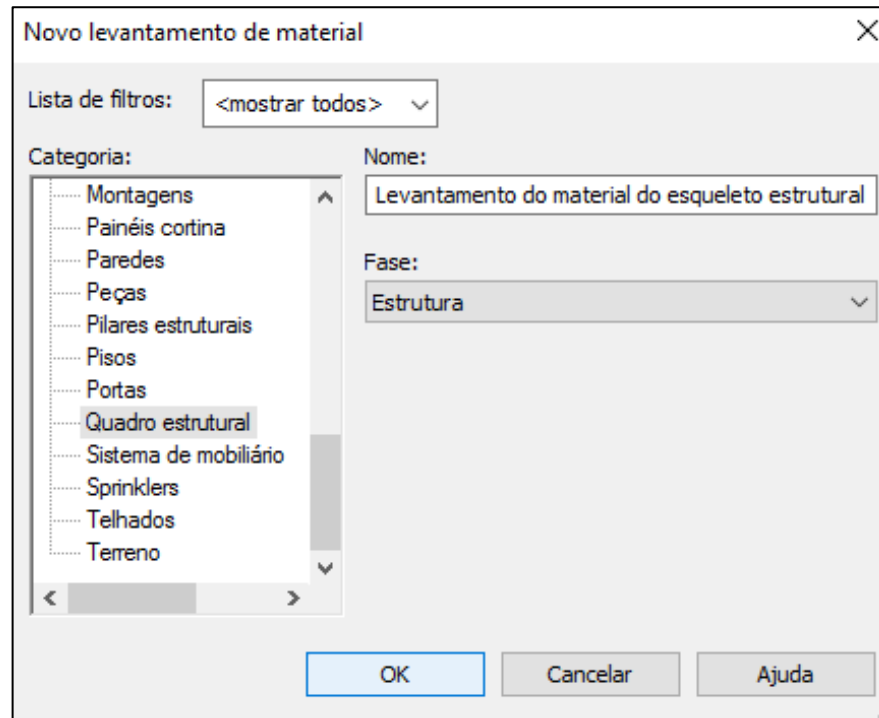
a) Com o projeto aberto, o Revit oferece na guia “Navegador de projeto” a opção Tabela/Quantidades, onde é possível criar planilhas relacionando diversas características dos objetos do projeto. Foi selecionada a opção “Novo Levantamento de Material”.

**Figura 18 - Novo levantamento de material**



Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

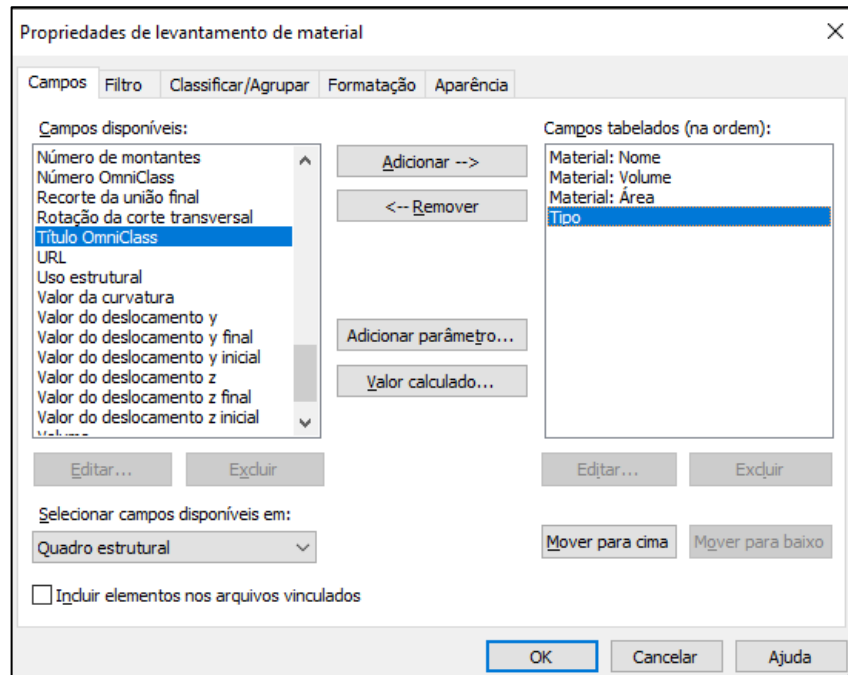
b) Uma janela chamada “Novo levantamento de material” surgirá e nela poderemos escolher quais as categorias de materiais que desejamos extrair suas quantidades. Foi selecionado a opção “Quadro estrutural”, já nosso levantamento está limitado ao projeto estrutural da modelagem.

**Figura 19 - Etapa do levantamento de materiais**

Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

c) Uma nova janela para configuração do levantamento surgirá na tela. Dessa vez, ela solicita a inserção de propriedades para a geração da planilha com o conteúdo desejado. Foram inseridas informações relevantes dos materiais como nome, volume, área e tipo.



**Figura 20 - Propriedades do levantamento de material**

Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

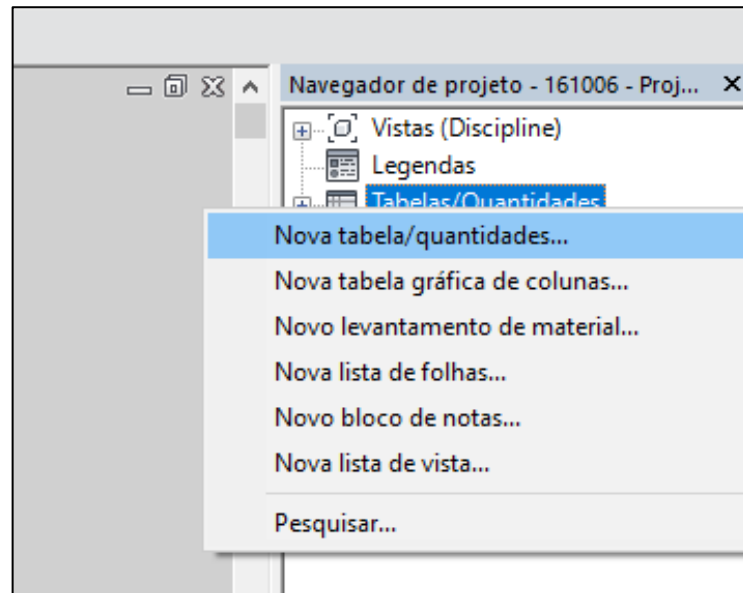
d) Após a seleção dos materiais e clicando em “Ok” para finalizar o processo, o Revit gera uma planilha com os quantitativos de cada item integrado ao objeto do modelo. Essa tabela mostra todos elementos constituídos de concreto presentes na modelagem.

Tabela 6 - Planilha com as quantidades de concreto extraídas

<Levantamento do material do esqueleto estrutural>			
A	B	C	D
Material: Nome	Material: Volume	Material: Área	Tipo
Concreto - Moldado in Loco	0.16 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.26 m <sup>3</sup>	4 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.18 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.18 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.34 m <sup>3</sup>	5 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.14 m <sup>3</sup>	2 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.24 m <sup>3</sup>	4 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.18 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.14 m <sup>3</sup>	2 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.24 m <sup>3</sup>	4 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.18 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.39 m <sup>3</sup>	6 m <sup>2</sup>	20x50cm
Concreto - Moldado in Loco	0.10 m <sup>3</sup>	2 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.27 m <sup>3</sup>	4 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.18 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.18 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.24 m <sup>3</sup>	4 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.16 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.11 m <sup>3</sup>	2 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.12 m <sup>3</sup>	2 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.18 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.24 m <sup>3</sup>	4 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.13 m <sup>3</sup>	2 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.28 m <sup>3</sup>	4 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.22 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x50cm
Concreto - Moldado in Loco	0.18 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm
Concreto - Moldado in Loco	0.39 m <sup>3</sup>	6 m <sup>2</sup>	20x50cm
Concreto - Moldado in Loco	0.19 m <sup>3</sup>	3 m <sup>2</sup>	20x40cm

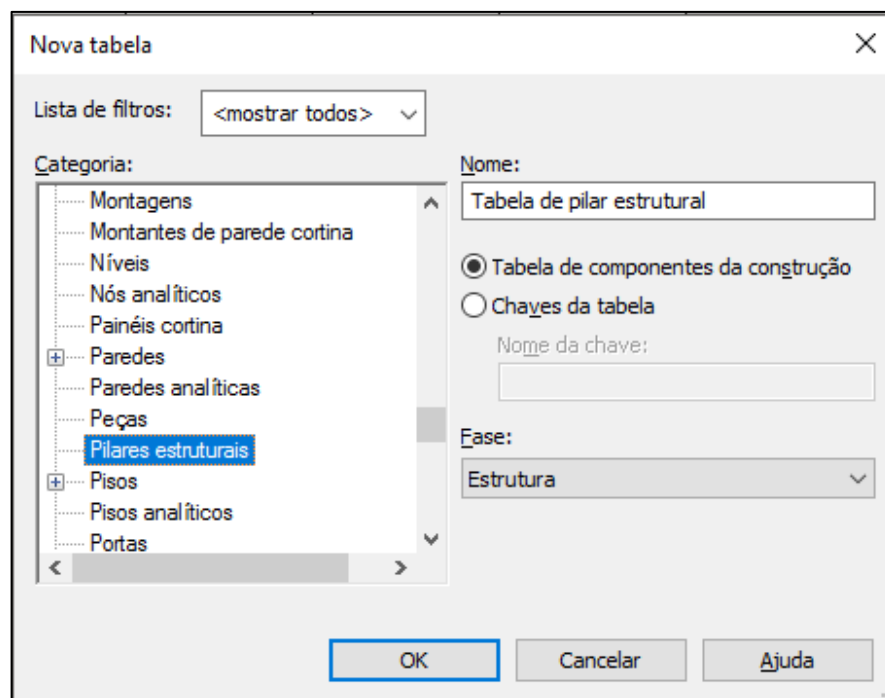
Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

e) Para exemplificar essa etapa de caracterização e configuração de tabelas, as propriedades foram limitadas à categoria de Pilares. Para isso, na guia “Navegador de Projeto” a opção “Nova tabela/quantidades”.

**Figura 21 - Nova tabela/quantidades**

Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

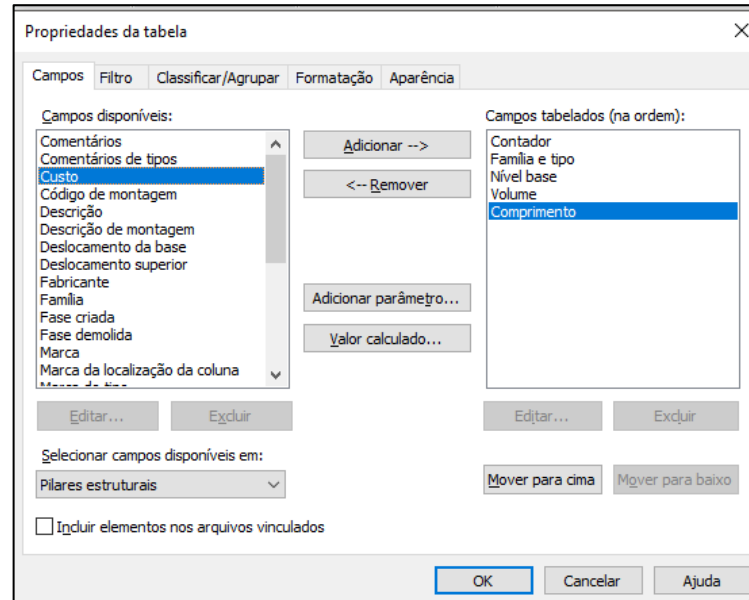
- f) Dentro da caixa que apareceu na tela, na seção de “Categoria” foi escolhida a opção “Pilares estruturais”.

**Figura 22 - Caracterização de nova tabela para pilares**

Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

g) Uma nova janela apareceu, para informar as propriedades dos pilares que deseja-se ter na planilha que será gerada. Foi selecionado as opções contador, família e tipo, nível, comprimento e volume.

**Figura 23 - Propriedades do levantamento de pilares**



Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

h) Após dar "Ok", o Revit gerou novamente uma planilha. Dessa vez com as características e propriedades dos pilares.

Tabela 7 - Planilha do levantamento de pilares

<Tabela de pilar estrutural>				
A	B	C	D	E
Contador	Familia e tipo	Nível base	Volume	Comprimento
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.04 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.01 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.01 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.01 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.03 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.00 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.04 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.04 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.00 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.01 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.03 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.01 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.03 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.04 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.01 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.01 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.02 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.01 m³	2.72
1	Pilar Retangular	TÉRREO	0.03 m³	2.72

Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

Ao final da planilha gerada, aparecem os totais das características escolhidas nas etapas anteriores.

Tabela 8 - Total de volume de concreto nos pilares

1	Pilar Retangular	5º PAV	0.02 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.01 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.03 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.10 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.00 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.04 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.02 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.04 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.00 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.01 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.03 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.01 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.03 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.02 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	5º PAV	0.02 m <sup>3</sup>	2.72
1	Pilar Retangular	COBERTURA	0.16 m <sup>3</sup>	3.94
1	Pilar Retangular	COBERTURA	0.16 m <sup>3</sup>	3.94
1	Pilar Retangular	COBERTURA	0.16 m <sup>3</sup>	3.94
1	Pilar Retangular	COBERTURA	0.16 m <sup>3</sup>	3.94
1	Pilar Retangular	COBERTURA	0.16 m <sup>3</sup>	3.94
1	Pilar Retangular	COBERTURA	0.16 m <sup>3</sup>	3.94
Total geral: 396			9.70 m <sup>3</sup>	1084.44

Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

i) Utilizando o mesmo procedimento para vigas e seguindo os critérios estabelecidos abaixo, chegamos aos volumes totais de concreto.

- Pilares: altura de base a base do próximo pilar (sem descontar altura da laje).
- Vigas: comprimento considerado de face a face entre os pilares, e altura da viga considerada sem descontar espessura da laje.

Sendo assim, a tabela abaixo mostra os quantitativos totais de vigas:

Tabela 9 - Total de volume de concreto em vigas

1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,06 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,05 m³	4,80
1	Viga Retangula	0,41 m³	5,30
1	Viga Retangula	0,34 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,32 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,37 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,39 m³	5,35
1	Viga Retangula	0,39 m³	5,35
Total geral: 615		56,23 m³	2043,94

Fonte: Autoral, imagem capturada do software REVIT, 2017.

j) Ao final, foi comparado os quantitativos extraídos de forma manual onde os resultados se encontram nas tabelas dos apêndices deste trabalho, e com uso da tecnologia BIM por meio do software Revit. Os resultados estão apresentados na tabela 10, abaixo:

Tabela 10 - Comparação dos resultados

	UNIDADE	QUANTIDADE EM BIM	QUANTIDADE MANUAL	DIFERENÇA	DIFERENÇA (%)
<b>PILARES</b>	m³	9,70	9,84	0,0144	1,44
<b>VIGAS</b>	m³	56,23	57,35	0,0199	1,99

Fonte: Autoral, 2017.

A diferença foi calculada com a expressão:  $\frac{Quant.manual - Quant.BIM}{Quant.BIM} \times 100$

Pode-se observar que a diferença é na ordem de 2% entre o levantamento manual e automático com BIM, o que não constitui grande representatividade.

Porém, foi adotado outros critérios de comparação para analisar um levantamento manual e um levantamento usando o BIM. Nesse caso, os critérios adotados foram facilidade de uso, precisão, grau de detalhe e rapidez no levantamento. O resultado está na tabela 11, abaixo.

**Tabela 11 - Comparação utilizando outros critérios**

<b>CRITÉRIO</b>	<b>EXTRAÇÃO MANUAL</b>	<b>EXTRAÇÃO COM BIM</b>
Facilidade de uso	3	2
Precisão	1	3
Grau de detalhe	2	2
Velocidade do levantamento	1	3

Fonte: Autoral, 2017.

A Tabela 11 apresenta uma análise qualitativa dos experimentos. Compararam-se os critérios de facilidade de uso, precisão, grau de detalhe e velocidade do levantamento, e foram dadas notas de um a três, sendo 3 para ótimo e 1 para ruim.

Após esta análise, é possível observar que o método convencional possui maior facilidade em seu uso por conta da complexidade dos softwares BIM, que foi usado no estudo de caso. Este critério foi avaliado levando-se em conta que o método manual não requer necessidade de domínio de ferramentas ou softwares, já no procedimento com uso do Revit, é necessário que o orçamentista tenha domínio do software.

Os dois métodos possuem a mesma avaliação no quesito grau de detalhe, já que se levou em consideração nesse critério, as informações e dados resultantes ao final do levantamento.

No critério de precisão dos dados levantados obtidos, o experimento com o Revit se mostrou mais confiável, pois o método manual pode apresentar falhas humanas no decorrer do procedimento, como a não observação de uma estrutura, um cálculo errado, entre outros.

Quanto à velocidade do levantamento, o método com uso do BIM também se mostrou mais satisfatório, pois suas quantidades são informadas automaticamente. Como já foi dito neste trabalho, o projeto em BIM é desenvolvido de forma integrada e em partes que se encaixam, que os remete a um quebra-cabeça. Quando se projeta uma parede no BIM, o software entende de fato aquele objeto como uma parede, com sua espessura informada,



material, revestimentos existentes e até a pintura que será realizada. Diferente de um projeto em CAD, onde o programa entende tudo apenas como linhas ou outros objetos geométricos.

Por isso, a tecnologia BIM consegue separar todos os blocos, ou famílias, inseridas no projeto e levantar suas quantidades automaticamente, necessitando apenas algumas configurações e escolha de propriedades do que se deseja na planilha de quantidades.

O procedimento de levantamento de quantitativos é um dos processos mais demorados e falhos na elaboração de orçamentos. E como foi verificado, a tecnologia BIM ajuda de forma muito positiva nessa etapa do processo. O uso do BIM em escritório ainda não é realidade na maioria dos escritórios de projetos de engenharia e arquitetura no Brasil por necessitar de profissionais capacitados ao uso da tecnologia e ao alto custo da aquisição de licenças dos softwares.

Porém, o BIM é uma tecnologia muito promissora e capaz de revolucionar a forma de planejar, projetar, orçar e executar obras e serviços de engenharia, podendo gerar mais produtividade nas empresas, aumentando seus ganhos e otimizar o processo executivo.

Por fim, foi verificado o custo do concreto sobre o quantitativo levantado com software BIM e de forma manual apenas para efeito de exemplificação, já que as quantidades extraídas de modo manual e usando o BIM não tiveram grandes diferenças. O custo do concreto foi tirado da tabela SINAPI, elaborada mensalmente pela Caixa Econômica Federal e que serve de base para praticamente todos dos orçamentos públicos do país.

O tipo do concreto utilizado foi o que apresenta  $F_{ck} = 30$  Mpa com referência SINAPI de número 94966, preparado mecanicamente em betoneira. O orçamento comparativo está detalhado na tabela 12 abaixo.

Tabela 12 - Orçamento exemplificativo

## EXTRAÇÃO DE QUANTIDADES COM BIM

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
<b>1</b>	<b>PILARES</b>				
1.1	CONCRETO FCK = 30MPA, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L	M3	9,70	R\$ 291,77	R\$ 2.830,17
<b>2</b>	<b>VIGAS</b>				
2.1	CONCRETO FCK = 30MPA, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L	M3	56,23	R\$ 291,77	R\$ 16.406,23

## EXTRAÇÃO DE QUANTIDADES MANUAL

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
<b>1</b>	<b>PILARES</b>				
1.1	CONCRETO FCK = 30MPA, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L	M3	9,84	R\$ 291,77	R\$ 2.871,02
<b>2</b>	<b>VIGAS</b>				
2.1	CONCRETO FCK = 30MPA, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L	M3	57,35	R\$ 291,77	R\$ 16.733,01

Fonte: Autoral, 2017.

## 8. CONCLUSÃO

Tendo um mercado da construção civil tão competitivo, a etapa de orçamentação de projetos se torna cada vez mais importante e fundamental para as empresas do setor, tendo em vista que a maioria das decisões a serem tomadas terá como referência o orçamento planejado. Observando que a etapa da orçamentação é onde apresenta o maior número de erros e equívocos e que afetam diretamente a qualidade e precisão de um orçamento, procurou-se ferramentas existentes para extração de quantidades a fim de avaliar seu uso e eficiência.

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho foi analisar a aplicação da tecnologia BIM no processo de orçamentação focando no levantamento de quantitativos automáticos e suas vantagens em relação ao método convencional que é realizado de forma manual através da leitura de projetos.

Através do estudo de caso, realizado com um projeto estrutural de edifício de cinco pavimentos tipo de padrão popular usado no programa “minha casa minha vida”, foi levantado os quantitativos orçamentários do projeto estrutural do prédio de forma manual e usando a tecnologia BIM por meio do software Autodesk Revit. Os valores de quantidades de volume de concreto obtidos foram próximos, com cerca de 2% de diferença, o que não gera grande representatividade.

Porém analisando outros critérios como facilidade de uso, precisão, grau de detalhes e rapidez do levantamento, pode-se observar diferenças maiores entre os métodos, principalmente no que diz respeito à precisão e rapidez do processo, onde a tecnologia BIM se mostra muito mais eficiente e prática em relação ao método convencional.

Por conta de limitações como tempo, pleno conhecimento dos softwares BIM e acesso a projetos modelados, esse trabalho teve como objeto do seu estudo de caso apenas a quantidade de volume de concreto empregada na estrutura do projeto do edifício. Com isso, de forma simples, foi possível observar e analisar o uso satisfatório da tecnologia BIM para levantamento de quantitativos para um orçamento em relação ao levantamento manual. Porém, são necessários estudos posteriores mais aprofundados a respeito desse tema, buscando o levantamento de outros itens de um orçamento e até a elaboração de um

orçamento completo fazendo a apropriação dos quantitativos totalmente como uso essa tecnologia.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDER, M. A. **“Comparing time and accuracy of building information modeling to on - screen takeoff for a quantity takeoff of a conceptual estimate”**. Master of Science Thesis – School of Technology – Brigham Young University, 2006.

ANDRADE, L. S. **“A contribuição dos sistemas BIM para o planejamento orçamentário das obras públicas: estudo de caso do auditório e da biblioteca de Planaltina”**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, 2012.

AVILA, A. V., LIBRELOTTO, L. I., LOPES, O. C. **“Orçamento de obras”**.. Universidade do Sul de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2003.

BAETA, A. P. **“orçamento e controle de preços de obras públicas”**, PINI, 2012.

BARBOSA, C. et al. **“Gerenciamento de custos em projetos”**. 2 ed. Editora FGV. Rio de Janeiro, 2008.

BRAGA, P. R. **“Levantamento de quantitativos com uso da tecnologia BIM”**. Universidade Federal da Bahia. Salvador: 2015.

COELHO, R.S. **“Orçamento de obras prediais”**. São Luís, MA: Editora UEMA, 2001

DAVE, B.; KOSKELA, L.; KAGIOGLOU, M.; e BERTELSEN, S. **“A critical look at integrating people, process and information technology within the construction industry”**. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 16. 2008, Proceedings ... Manchester, UK: IGLC 2008. p. 795- 808.

DIAS, P.R.V. **“Engenharia de Custos: metodologia de orçamentação para obras civis”** - 5ª ed., Curitiba, PR: Copiare, 2004.

EASTMAN, C.M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2008.

GAZZONI, G. **“Engenharia de custos aplicada à construção civil”** - Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2014.

GOVERNO DE SANTA CATARINA. **“Caderno de projetos BIM”**. Florianópolis, SC. 2014.

KAMARDEEN, Imriyas. **“8D BIM Modelling tool for accident prevention through design”**. Faculty of Build Enviroment, University of New South Wales, Australia, 2010.

KOSKELA, L. **“Application of the new production philosophy to construction”**. Stanford: Centre of Integrated Facility Engineering, 1992. Technical Report 72.

LIKER, J. **“O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo”**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIMMER, C. V. **“Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras”**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MASOTI, L. F. C. **“Análise da implementação e impacto do BIM no Brasil”**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

MATTOS, A. D. **“Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso e exemplos”**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

MENDES JUNOR, R. **“Levantamento de estudos das interações entre Building Information Modeling (BIM) e Construção Enxuta”**. Curitiba – PR, 2014.

OLIVEIRA D. N. **“Aplicação do sistema de modelagem da informação na construção civil”**. Faculdade Pitágoras Betim. Betim, MG, 2014.

POMPERMAYER, C. B. **“Sistemas de gestão de custos: Dificuldades na implantação”**. FAE, Curitiba, v.2, n.3, set. /dez., 1999.

ROGINSKI, D. **“Quantity Takeoff process for bidding stage using BIM tools in Danish Construction Industry”**. Master Thesis – Technical University of Denmark, 2011.

SACKS, R.; BARAK, R.; BELACIANO, B.; GUREVICH, U.; PIKAS, E. **KanBIM “Workflow management system: prototype implementation and field testing”**. Lean Construction Journal , p. 19 - 35. may. 2013

SPEAR , S.; BOWEN, K. H. **“Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção”**. Harvard Business Review. 1999.

TARRAFA, D. G. P. **“Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas”**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Coimbra, 2012.

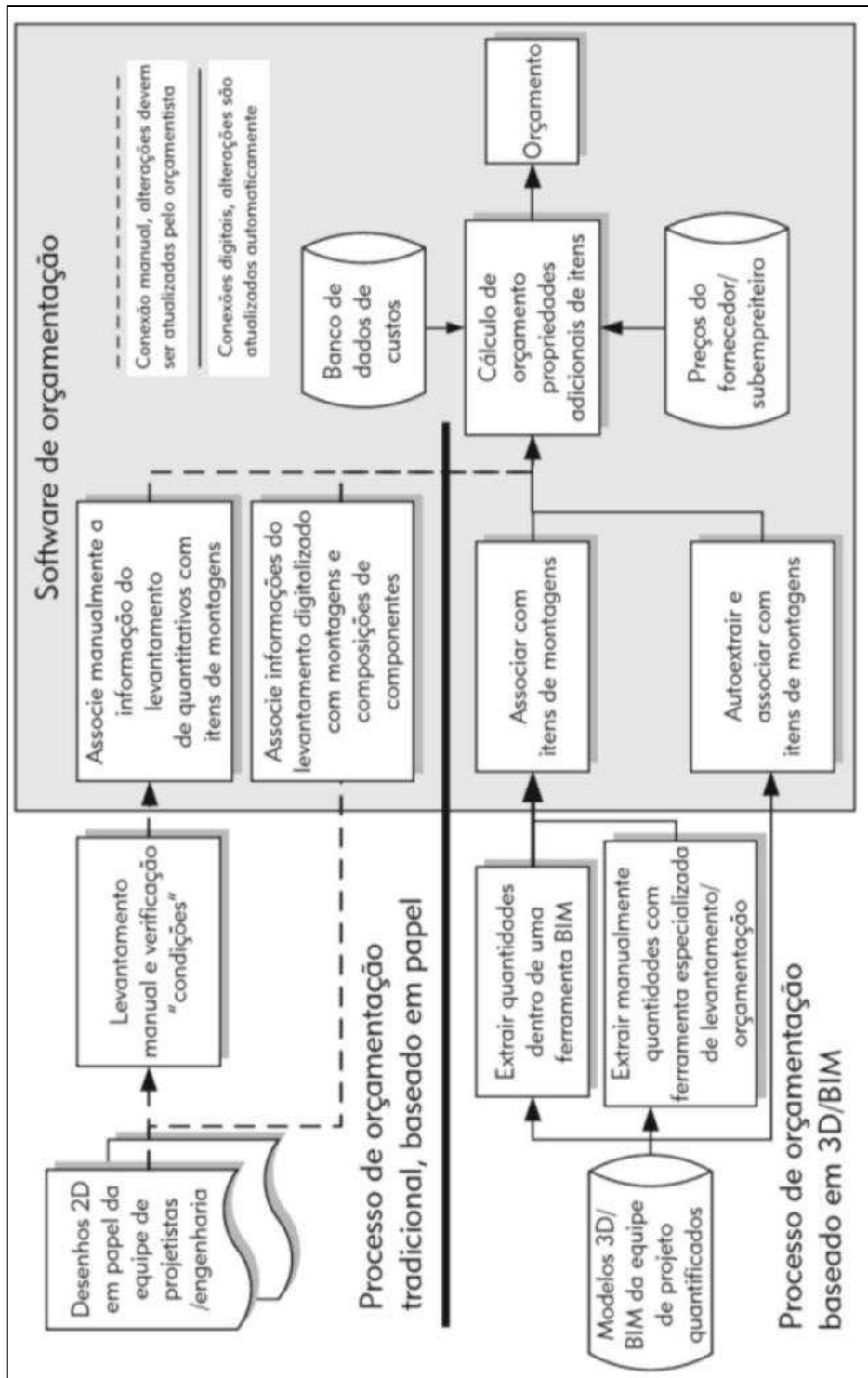
TSE, T. K.; WONG, K. A.; WONG, K. F. **“The utilisation of building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers”**. ITcon, v. 10, Special Issue From 3D to nD modelling, p. 85-110, April 2005.

UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. **“Preface: being lost or becoming lost. Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and Technologies”**. 2010.

WITICOVSKI, L. C. **“Levantamento de quantitativos em projeto: uma análise comparativa do fluxo de informações entre as representações 2D e o modelo de informações da construção (BIM) ”**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, 2011.

10. ANEXOS

Figura 24 - Diagrama conceitual de um processo baseado em BIM de um levantamento de quantidades e orçamentação



## 11. APÊNDICE A

### Levantamento manual de quantitativos da estrutura – VIGAS

Tabela de esqueleto estrutural		
Volume TOTAL	Família e tipo	Nível de referência
27,13	VIGA RETANGULAR 20X40	TERREO
3,01	VIGA RETANGULAR 20X50	TERREO
5,96	VIGA RETANGULAR 20X40	2º PAV
0,66	VIGA RETANGULAR 20X50	2º PAV
5,96	VIGA RETANGULAR 20X40	3º PAV
0,66	VIGA RETANGULAR 20X50	3º PAV
5,96	VIGA RETANGULAR 20X40	4º PAV
0,66	VIGA RETANGULAR 20X50	4º PAV
5,96	VIGA RETANGULAR 20X40	5º PAV
0,66	VIGA RETANGULAR 20X50	5º PAV
4,47	VIGA RETANGULAR 20X40	COBERT
0,49	VIGA RETANGULAR 20X50	COBERT

61,58 M3
----------



**12. APÊNDICE B**

## Levantamento manual de quantitativos da estrutura – PILARES

Tabela de Pilares Estruturais			
Volume TOTAL	Comprimento	Nível base	Família e tipo
1,77	2,72	TERREO	Pilar Retang. 20x20
1,78	2,72	2º PAV	Pilar Retang. 20x20
1,77	2,72	3º PAV	Pilar Retang. 20x20
1,76	2,72	4º PAV	Pilar Retang. 20x20
1,78	2,72	5º PAV	Pilar Retang. 20x20
0,98	3,94	COBERTURA	Pilar Retang. 20x20

9,84 M3