



**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ORÇAMENTOS EXECUTADOS ATRAVÉS  
DO MÉTODO DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVO CONVENCIONAL E  
DA METODOLOGIA BIM**

CURITIBA

2018



AMANDA INTERAMINENSE GARBERS

LETÍCIA DE MORAIS

VALESCA VITORIA VEDAM

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ORÇAMENTOS EXECUTADOS ATRAVÉS  
DO MÉTODO DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVO CONVENCIONAL E  
DA METODOLOGIA BIM**

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao curso de pós-graduação em gerenciamento e execução de obras, pós-graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do grau de especialista em gerenciamento e execução de obras.

**Orientador:** Prof. MSc. Mauricio Bianchini.

CURITIBA

2018

Dedicamos aos nossos familiares

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus...

Ao professor Mauricio Bianchini pelo acompanhamento e orientação deste trabalho;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste estudo.

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ORÇAMENTOS EXECUTADOS ATRAVÉS DO MÉTODO DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVO CONVENCIONAL E DA METODOLOGIA BIM**

AMANDA INTERAMINENSE GARBERS

LETÍCIA DE MORAIS

VALESCA VITORIA VEDAM

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO  
DE TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E EXECUÇÃO DE  
OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS  
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba, 02 de fevereiro de 2018.

---

Prof. MSc. Mauricio Bianchini

---

Prof. MSc. Kirke A. Wrubel Moreira

---

Prof. MSc. Patricia Ribeiro Brandão

## RESUMO

Os empreendimentos na construção civil, em sua maioria, requerem um estudo de viabilidade econômica devido ao mercado cada vez mais competitivo e pelo nível de exigência dos consumidores quanto à qualidade e custo dos empreendimentos. Torna-se necessário, então, a elaboração de um orçamento dos custos do empreendimento que, por sua vez, compreende o levantamento dos quantitativos de serviços e insumos. Comumente, levanta-se o quantitativo através de análises dos projetos desenvolvidos de forma manual, pois esses projetos são elaborados em plantas 2D. Essa metodologia, apesar de ser usual, pode apresentar erros causados por falhas humanas, afetando a tomada de decisões sobre o empreendimento. O presente trabalho comparou o método tradicional com a utilização do software Revit, que trabalha com a metodologia BIM para o levantamento de quantitativos. Constatou-se que a metodologia BIM é mais rápida e precisa nos levantamentos, mas necessita de maiores conhecimentos de tecnologia da informação, diferentemente do método tradicional que é mais simples tecnologicamente, o que torna o processo mais oneroso na sua execução.

Palavras chave: Quantificação. Orçamentação. Modelagem. *Building Information Modeling*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Ciclo de vida de um empreendimento .....               | 20 |
| Figura 2 - Dinâmica do BIM .....                                  | 22 |
| Figura 3 - CAD x BIM.....                                         | 23 |
| Figura 4 - Manutenção das edificações .....                       | 26 |
| Figura 5 - Ciclo BIM .....                                        | 27 |
| Figura 6 - Propriedades de objetos.....                           | 31 |
| Figura 7 - Elementos construtivos e tabela de quantificações..... | 41 |
| Figura 8 - Linha de balanço .....                                 | 52 |
| Figura 9 - Etapas da pesquisa.....                                | 56 |
| Figura 10 – Residências analisadas.....                           | 57 |
| Figura 11 – Entrada da Residência .....                           | 57 |
| Figura 12 - Planta em CAD 2D .....                                | 58 |
| Figura 13 - Vista Frontal .....                                   | 59 |
| Figura 14 - Vista Posterior .....                                 | 59 |
| Figura 15 - Caixa de corte .....                                  | 60 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 - Curva ABC.....                                                                       | 49 |
| Gráfico 2 - Curva S.....                                                                         | 50 |
| Gráfico 3 - Comparativo entre quantitativos extraídos pela orçamentação manual e pelo Revit..... | 63 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Ordenação de insumos para composição da curva ABC .....                                  | 48 |
| Tabela 2 - Exemplo de tabela de paredes extraída do Revit.....                                      | 61 |
| Tabela 3 - Quantitativos obtidos através da orçamentação da construtora, Revit e convencional ..... | 62 |
| Tabela 4 - Variação entre métodos de levantamento .....                                             | 63 |

## LISTA DE SIGLAS

|          |                                                                                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 2D       | – Duas dimensões;                                                                       |
| 3D       | – Três dimensões;                                                                       |
| ABGP     | – Associação Brasileira de Gerenciamento de Projetos;                                   |
| AEC      | – Arquitetura, Engenharia e Construção;                                                 |
| BIM      | – Building Information Modeling;                                                        |
| BOB      | – Building Object Behavior;                                                             |
| CAD      | – Computer Aided Design;                                                                |
| CBIC     | – Câmara Brasileira da Indústria da Construção;                                         |
| CONAMA   | – Conselho Nacional do Meio Ambiente;                                                   |
| EAP      | – Estrutura analítica de projeto;                                                       |
| EERE     | – Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable;                     |
| EUA      | – Estados Unidos da América;                                                            |
| IAI      | – Industry Alliance for Interoperability / International Alliance for Interoperability; |
| IDM      | – Information Delivery Manual;                                                          |
| IFC      | – Industry Foundation Classes;                                                          |
| IPMA     | – International Project Management Association;                                         |
| ISO      | – International Organization for Standardization;                                       |
| NIBS     | – <i>National Institute of Building Sciences</i> ;                                      |
| OO - CAD | – Orientados a objetos;                                                                 |
| PIB      | – Produto Interno Bruto;                                                                |
| PMI      | – Project Management Institute;                                                         |
| PMBOK    | – Project Management Body of Knowledge;                                                 |
| RCD      | – Resíduos de construção e demolição;                                                   |
| SMs      | – Smart Models;                                                                         |
| TCU      | – Tribunal de Contas da União;                                                          |
| TI       | – Tecnologia da Informação.                                                             |

## SUMÁRIO

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>AGRADECIMENTOS.....</b>                                                           | <b>4</b>  |
| <b>FOLHA DE APROVAÇÃO .....</b>                                                      | <b>5</b>  |
| <b>RESUMO.....</b>                                                                   | <b>6</b>  |
| <b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>                                                    | <b>7</b>  |
| <b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>                                                       | <b>8</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>                                                        | <b>9</b>  |
| <b>LISTA DE SIGLAS.....</b>                                                          | <b>10</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                            | <b>11</b> |
| 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....                                                        | 12        |
| 1.2 OBJETIVOS .....                                                                  | 12        |
| 1.2.1 Objetivo Geral .....                                                           | 12        |
| 1.2.2 Objetivos Específicos .....                                                    | 13        |
| 1.3 JUSTIFICATIVAS .....                                                             | 13        |
| 1.3.1 Justificativas Tecnológicas .....                                              | 13        |
| 1.3.2 Justificativas Econômicas.....                                                 | 13        |
| 1.3.3 Justificativas Sociais.....                                                    | 14        |
| 1.3.4 Justificativas Ecológicas .....                                                | 14        |
| 1.4 HIPÓTESE .....                                                                   | 16        |
| 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....                                                | 16        |
| 1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO .....                                                   | 16        |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                                  | <b>18</b> |
| 2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETO .....                                                   | 18        |
| 2.2 BIM .....                                                                        | 21        |
| 2.2.1 Ciclo de Vida .....                                                            | 25        |
| 2.2.2 Projeto Colaborativo .....                                                     | 27        |
| 2.2.3 Modelagem Paramétrica .....                                                    | 29        |
| 2.2.4 Orientação a Objetos.....                                                      | 32        |
| 2.2.5 Interoperabilidade.....                                                        | 33        |
| 2.3 GERENCIAMENTO DE CUSTOS .....                                                    | 35        |
| 2.3.1 Orçamentação .....                                                             | 35        |
| 2.3.1.1 <i>Discriminação orçamentária .....</i>                                      | <i>37</i> |
| 2.3.1.2 <i>Levantamento de quantitativos - Método tradicional/convencional .....</i> | <i>38</i> |

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.1.3 Levantamento de quantitativos - Metodologia BIM..... | 40        |
| 2.3.1.4 Estimativa de Custos.....                            | 43        |
| 2.3.2 Controle de Custos.....                                | 43        |
| 2.3.2.1 Planejamento orçamentário.....                       | 46        |
| 2.3.2.2 Curva ABC .....                                      | 47        |
| 2.3.2.3 Curva de agregação acumulada .....                   | 50        |
| 2.3.2.4 Linha de balanço .....                               | 51        |
| 2.3.2.5 Estudo do Valor Agregado .....                       | 53        |
| 2.4 CONTROLE DE MATERIAIS E ESTOQUE .....                    | 54        |
| <b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>                                | <b>56</b> |
| <b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>         | <b>62</b> |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                          | <b>66</b> |
| 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....                   | 67        |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                      | <b>68</b> |
| <b>APÊNDICE 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO .....</b>                | <b>75</b> |
| <b>APÊNDICE 2 – ORÇAMENTOS ELABORADOS.....</b>               | <b>78</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro da construção civil sofre com a retração econômica que vem ocorrendo no país. O produto interno bruto (PIB) da construção, que no ano de 2002 chegava a 19% (do total do PIB), em 2016 encontrava-se na faixa de 9% (CBIC, 2016).

Tendo em vista um mercado cada vez mais competitivo e um consumidor exigente, no que tange à qualidade, tempo de construção e custo do empreendimento, faz-se necessário a elaboração de um estudo de viabilidade econômica, um orçamento detalhado e um rigoroso acompanhamento físico-financeiro da obra. (KNOLSEISEN, 2003).

A construção civil ainda é atrasada no que se refere à utilização de tecnologias para seu desenvolvimento. Segundo Masotti (2014) a utilização de tecnologias atrasadas nos âmbitos construtivos e gerenciais da obra, geram atrasos, orçamentos extrapolados e produtos finais de baixa qualidade.

Dentre as variáveis que influenciam os projetos da construção civil quanto à custos e preço de venda, a fase de orçamentação é uma das mais relevantes. É nessa etapa que será feita uma estimativa de custos para determinação do preço final de venda, garantindo a viabilidade, a concepção e a otimização técnico-econômica do projeto. (MATOS, 2014).

Por se tratar de um processo quase totalmente manual, a ocorrência de erros durante esse procedimento pode se tornar comum e recorrente, uma vez que há dificuldade em extrair com exatidão alguns dados. Sendo principalmente na etapa de levantamento de quantitativos onde muitos dos erros ocorrem. Consequentemente, esses problemas são refletidos na avaliação do custo final de um empreendimento, afetando as decisões das empresas frente a isso. (SANTOS; ANTUNES; BALBINOT, 2014).

Nesse contexto, buscando controlar dados digitais dos projetos com geometria mais complexa, assim como programar a sequência de atividades relativas à construção, visando a melhoria do processo de orçamentação e principalmente quanto a levantamento de quantitativos, a utilização de tecnologia da informação (TI) vem sendo expandida. (FLORIO, 2007).

O conceito de BIM pressupõe o envolvimento de vários profissionais ao longo de todo o ciclo de vida da edificação (ADDOR *et al*, 2010), os quais

trabalham com sistemas comunicáveis entre si através de um formato de arquivo padrão.

A plataforma BIM é diferente de um simples modelador 3D, segundo Menezes (2011) é uma filosofia de trabalho que integra toda a equipe da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, gerando um banco de dados que contém as informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento e previsão das fases da construção, entre outras atividades.

Eastman *et al.* (2008) *Handbook*, afirma que é possível criar um modelo virtual da edificação que irá conter informações precisas e necessárias para a construção, além de carregarem dados e gráficos que são identificados pelos *softwares*, lhes permitindo serem manipulados de forma inteligente. Assim, qualquer alteração realizada no projeto é atualizada automaticamente, sendo possível quantificar e orçar de maneira precisa e automática, reduzindo a variabilidade e aumentando a velocidade da orçamentação. (CICHINELLI, 2012).

Desta forma, este estudo de caso busca através da modelagem de um empreendimento já executado, analisar e comparar os dois métodos orçamentários (BIM e convencional) para verificar a confiabilidade de cada um, a fim de identificar os erros e as discrepâncias, além de ponderar as suas etapas a partir dos resultados obtidos após a finalização do mesmo.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A utilização do BIM no processo de quantificação para a orçamentação gera discrepância quando comparado a orçamentos executados de maneira convencional?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é comparar quantitativos levantados através de dois métodos diferentes de quantificação, o BIM e o convencional, analisando qual o reflexo na quantidade e no custo da obra gerado por cada um.

### 1.2.2 Objetivo Específico

- Listar as dificuldades existentes na elaboração e utilização do modelo BIM;

## 1.3 JUSTIFICATIVAS

### 1.3.1 Justificativas Tecnológicas

O setor que envolve a indústria AEC é um domínio multidisciplinar no qual a colaboração e interação entre todos os envolvidos são de suma importância para que um projeto seja bem-sucedido. Essa característica de multidisciplinariedade demanda que a equipe de projeto domine todas as áreas de conhecimento e em conjunto adote soluções que satisfaçam ao máximo todas elas, além de considerar a interdependência das mesmas. (GONZÁLEZ, 2008).

Reconhecendo a necessidade de interação entre diversas áreas no processo de planejamento, a TI tem se tornado uma grande aliada nas etapas de idealização e execução de empreendimentos. Isso ocorre através da criação de modelos virtuais capazes de propiciar análises mais exatas e proporcionar um maior controle dos processos de produção.

### 1.3.2 Justificativas Econômicas

O mercado da construção civil, que já passou e passa por diversas transformações é caracterizado como cada vez mais competitivo. Essa realidade faz com que as empresas se tornem mais enxutas e trabalhem com menores margens de lucros, tendo assim a necessidade de assertividade no lançamento de produtos. (GONZÁLEZ, 2008).

Segundo Assumpção e Fugazza (2000) o orçamento é uma informação essencial dentro do processo de empreender na área da construção civil, sendo necessário desde a etapa de análise inicial de viabilidade a partir da compra do terreno e definição do empreendimento, até a definição dos custos incorridos e pós-obra. Além de que poderão compor dados históricos a serem utilizados como referência em futuros projetos.

Considerando a importância do orçamento e também as consequências que equívocos podem causar dentro de um projeto, a utilização de métodos mais precisos e confiáveis é justificada durante a concepção do mesmo.

### 1.3.3 Justificativas Sociais

Considerando que as principais funções do uso da tecnologia BIM sejam a redução de conflitos e de mudanças durante a etapa construtiva, além da melhora do controle de custos e da qualidade dos projetos realizados, a utilização dessa metodologia frente à sociedade tende a ser positivamente aceita.

O BIM além de trazer inúmeros benefícios para a construção civil, possibilita também para a sociedade em geral, propostas de edifícios melhores, que consumam menos água e energia, além de necessitarem de menos recursos capitais para sua execução (MENEZES, 2012), o que reflete financeiramente no comprador final do empreendimento.

### 1.3.4 Justificativas Ecológicas

Um projeto sustentável leva principalmente em consideração as questões relacionadas à impactos ambientais e econômicos. Segundo Ribeiro (2014), minimizar o consumo de recursos, maximizar a reutilização dos mesmos, proteger o ambiente natural, criar um ambiente saudável e não tóxico, utilizar recursos naturais renováveis e recicláveis, além de estimular a qualidade ao criar empreendimentos, são objetivos fundamentais para obter um desenvolvimento sustentável dentro do ambiente construído.

De acordo com o Escritório de Eficiência Energética e Energia Renovável do Departamento de Energia dos EUA (*Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy*, EERE) 30% das emissões de gases de efeito estufa no país são provenientes da construção civil, além de somar mais de 136 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD), gerando assim um impacto ambiental considerável. (SALIH, 2013).

Com o objetivo de viabilizar um projeto sustentável, é necessário que se tenha um impacto positivo sobre as áreas econômica e ambiental. Através do uso da tecnologia BIM, somando-se à outras tecnologias adequadas, o custo de um projeto sustentável pode ser reduzido, uma vez que essa tecnologia permite fácil acesso a informações para a concepção do projeto, análise e futuras certificações ambientais do empreendimento. Com isso, é possível criar diversas simulações de cenários, prevendo custos e impactos de cada um. Análises de desempenho energético, otimização de iluminação natural e ventilação, consumo de água e conforto térmico e acústico podem ser facilmente verificadas. (LAVAGNOLI, 2013).

De acordo com Salih (2013), como vantagens da utilização dessa tecnologia face à sustentabilidade, tem-se:

- Melhor tomada de decisão: ao projetar uma construção, é necessário que arquitetos tenham variadas opções e informações dentro do modelo da edificação para então fazerem as decisões finais sobre o projeto;
- Melhor poder de análise: com a oferta de gráficos de alta resolução, detalhamento qualificado de materiais e modelos 3D, cria-se um modelo virtual preciso da edificação sustentável, o qual torna-se benéfico para a realização de algumas análises. Devido à facilidade em criar um modelo 3D, arquitetos criam várias alternativas para definir o projeto sustentável mais adequado para o empreendimento;
- Fácil acesso à informação: através de *softwares* sofisticados que processam a informação rapidamente, qualquer informação necessária para a concepção do projeto sustentável fica à disposição dos profissionais envolvidos;
- Certificação simplificada: um modelo baseado em BIM inclui todas as informações necessárias para os diversos aspectos de um projeto sustentável. Além disso, possui a capacidade de rastrear automaticamente os materiais de construção e suas quantidades, podendo indicar quanto desse material será reutilizado ou reciclado.

## 1.4 HIPÓTESE

Haverá diferença entre os dois modelos de orçamento, pois a utilização do BIM, se aplicado da maneira correta, deverá apresentar um quantitativo de insumos e serviços mais precisos em relação ao método convencional de elaboração de orçamentos.

## 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização do estudo de caso, primeiramente foi efetuada a escolha do empreendimento a ser estudado e obtido o quantitativo da obra da maneira convencional.

Em seguida, a edificação foi modelada no *software* Revit, conforme os projetos executivos e detalhamentos, gerando um modelo virtual. Esse modelo contém todas as características da edificação. Então foram extraídos os quantitativos de materiais do empreendimento. Com o objetivo de se ter mais uma fonte de comparação e também analisar os valores fornecidos pela construtora, foi realizado um novo levantamento de quantitativos através do método convencional.

Finalmente, foi realizada a comparação entre o orçamento feito com o quantitativo fornecido pela construtora, com o obtido através do método convencional pela equipe e o quantitativo final fornecido pelo *software*. Havendo discrepâncias, foram identificados os pontos onde ocorreram os erros e por qual razão eles vieram a acontecer, interferindo assim, na composição final do custo da edificação.

## 1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, cujos assuntos abordados são apresentados a seguir.

O primeiro capítulo apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como expõe as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica que discorre sobre o conceito BIM e explica sua metodologia. Seguindo o objetivo do

trabalho define e expõe as etapas de um orçamento sob a visão de gestão de custos, desde o planejamento ao controle de materiais.

O terceiro capítulo trata sobre o estudo experimental executado neste trabalho, apresentando a descrição dos passos adotados para a execução da modelagem da obra estudada, para geração do orçamento em função do quantitativo fornecido.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos nas atividades experimentais e faz a análise comparativa dos dados.

O quinto capítulo apresenta a conclusão do estudo com base nas análises anteriores e também recomenda algumas sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETO

O gerenciamento de projetos teve um grande impulso durante a revolução industrial, segundo Sakamori (2015) a partir desse momento as empresas precisaram desenvolver o processo de gestão de negócio, o que sistematizou a forma de administrar estas organizações dando início ao desenvolvimento do gerenciamento de projetos.

O *Project Management Institute* (PMI) desenvolveu um guia chamado *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) para englobar os principais elementos utilizados em um projeto. A metodologia do PMBOK estipula uma padronização em que identificou os processos, as áreas de conhecimento, as técnicas e as regras para a gestão de projetos.

A definição de projeto é apresentada pelo PMBOK (2000) como um esforço temporário (com começo e fim definidos) e que tem como finalidade a elaboração de um produto ou serviço exclusivo, com características que diferem dos demais já existentes.

Também existem outras organizações técnicas sobre projetos como o *International Project Management Association* (IPMA) e a Associação Brasileira de Gerenciamento de Projetos (ABGP), que em uma de suas publicações define projeto como “um empreendimento caracterizado, principalmente, pela singularidade das condições em que é realizado, especialmente no que diz respeito ao escopo, aos prazos, aos custos, às pessoas e à qualidade”. (SANTOS; CARVALHO, 2006).

Projeto é um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade. (VARGAS, 2013).

Quintão (2003 *apud* SAKAMORI, 2015) afirma que é importante que todos os envolvidos em um projeto tenham acesso às informações do mesmo. O processo de gerenciamento de projeto parte do princípio de que toda a informação precisa estar organizada, sendo ela solicitação de alteração, aprovação, etapas de trabalho, cronogramas, escopo, custos, qualidade exigida, metas, riscos, entre outras.

O gerenciamento de projetos é um conjunto de ferramentas gerenciais que permite que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados. (VARGAS, 2013).

Uma ferramenta que auxilia a gestão de projeto é a elaboração de uma estrutura analítica de projeto (EAP). Segundo a definição do PMBOK (2014) o projeto é subdividido em partes menores, os chamados pacotes de trabalho, que são mais fáceis de serem gerenciados. A estrutura analítica organiza esses pacotes em uma composição hierárquica orientada, normalmente de forma lógica com a ordem de execução. Busca organizar e alinhar essas atividades para atingir o objetivo do projeto total, criando as entregas parciais necessárias.

Esses pacotes de trabalho devem ser segundo Kerzner (2009) gerenciáveis, independentes ou com interface mínima de dependência a outros, integráveis para que o todo do projeto seja visto e mensuráveis para que seja possível medir o progresso da execução.

A EAP propriamente dita não mostra a ordem das atividades a serem executadas nem as dependências entre elas. Tem como objetivo mostrar o trabalho que será necessário para a criação do produto final. Mas essa estrutura é o embasamento para a elaboração de um bom cronograma físico-financeiro, pois se bem elaborada organiza as etapas de forma lógica.

Kerzner (2009) ainda afirma que a EAP é uma das mais importantes ferramentas do gerenciamento de projetos. Sendo uma estrutura de dados na forma de árvore de decomposição onde as etapas normalmente são estruturadas de acordo com a forma como trabalho será realizado, refletirá no fluxo de desembolso financeiro e em como os dados serão tratados e reportados.

Como esses pacotes de trabalho são viáveis de serem medidos e controlados durante a execução do projeto a EAP é a base para a criação do cronograma da obra. E um cronograma bem elaborado resultará provavelmente em uma gestão de obra mais eficaz.

Contudo Koskela, Huovila e Leinonen (2002, *apud* Manzione, 2013) ressaltam que se utilizada essa ferramenta isoladamente não garante a otimização dos recursos e assim o atendimento ideal do cliente. Portanto

Koskela, Huovila e Lautanala (1994, *apud* Manzione, 2013) propõe a geração de valor, onde buscam o desempenho do projeto com a ausência de falhas. Com esse ponto de vista, segundo eles, a eficácia do projeto dependerá do máximo valor que poderá ser agregado a ele.

Para prevenir a perda de valor é necessária uma gestão sistemática desses requisitos em estreita cooperação com todos os clientes do processo, através de rápidas interações entre os agentes e a consideração de todas as etapas do ciclo de vida do produto logo nas fases iniciais do projeto. (MANZIONE, 2013, p. 21).

Ainda Manzione (2013) apresenta outro ponto de vista de projeto, o fluxo de informação, onde a otimização do projeto deve acontecer principalmente pela redução do desperdício de tempo na gestão de informação. Ou seja, busca-se a diminuição do tempo de espera, conferência, retrabalho e circulação.

Este conclui que a complexidade do processo de gerenciamento de projeto demanda uma visão conjunta dos três conceitos apresentado por ele, por serem teorias que se complementam.

Junior (2013) apresenta a definição para gestão de projetos feita pelo PMBOK de 2008 como a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas durante um projeto para atender aos seus requisitos.

A importância que devesse ter com a gestão correta de projeto é enfatizada na Figura 1, pois quanto melhor o planejamento de um projeto menor serão os gastos para a execução.

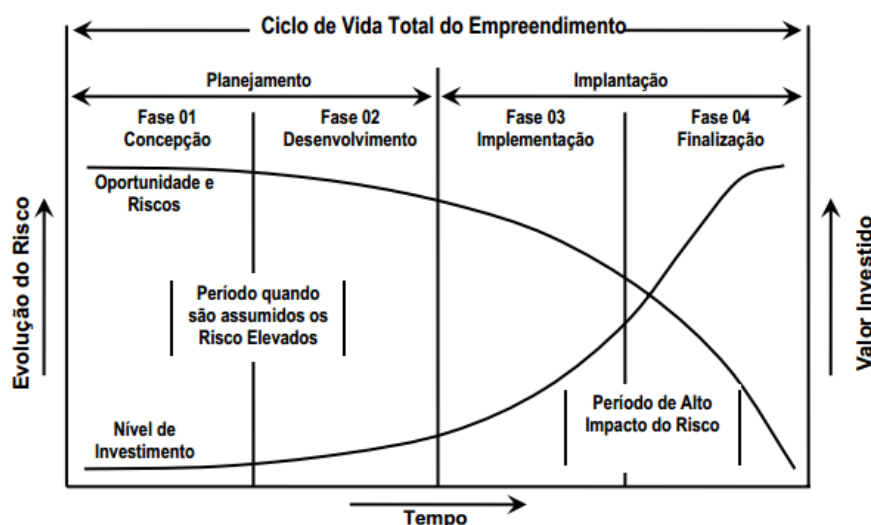


Figura 1 - Ciclo de vida de um empreendimento  
Fonte: Wideman (1992 *apud* Rocha, 2005).

Quando erros passam da fase de planejamento para a execução sem serem corrigidos o custo para arruma-los é mais elevado. Rocha (2005) afirma que apesar dos baixos níveis de investimento realizados na fase de planejamento é nessa fase que são tomadas as principais decisões para o empreendimento assumindo assim os maiores riscos.

Vemos então a importância de se ter um bom gerenciamento de projeto para que toda a equipe trabalhe em conjunto, reduzindo os erros e interferências no empreendimento, o que afetará o custo de construção. Manzione (2013) ressalta a necessidade de uma gestão mais eficiente, que deve focar na melhoria da gestão de fluxo da informação.

A gestão é uma intervenção que procura melhorar a eficiência e a eficácia das atividades que precisam ser executadas em um projeto para se alcançar o objetivo final. Inevitavelmente inclui intervenções do gestor na maneira como os vários participantes colaboram para atingir o objetivo desejado. (BRANDON, 2009 apud MANZIONE, 2013).

Um projeto é bem-sucedido segundo Vargas (2013) quando é realizado conforme o planejado, ou seja, quando os seguintes quesitos estiverem cumpridos:

- Ser concluído dentro do tempo previsto;
- Ser concluído dentro do orçamento previsto;
- Ter utilizado os recursos eficientemente, sem desperdícios;
- Ter atingido a qualidade e o desempenho desejado;
- Ter sido concluído com o mínimo de alterações em seu escopo;
- Ter sido aceito sem restrições pelo contratante ou cliente;
- Ter sido empreendido sem que ocorresse interrupção ou prejuízo nas atividades normais da organização;
- Não ter agredido a cultura da organização.

## 2.2 BIM

De acordo com Eastman *et al.* (2008), o sistema BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à AEC. Segundo Ayres Filho (2009) é uma ferramenta com reconhecido potencial para aumentar



Esse banco de dados apresenta simultaneamente todos os projetos executados para o empreendimento com os dados de materiais e as informações podem ser instantaneamente tabeladas e quantificadas, como para se fazer um orçamento. Quando completo, fornece todas informações importantes para o processo construtivo, necessárias para dar suporte à fabricação e até mesmo os materiais necessários para a realização da construção em si, além de custos e cronogramas.

Segundo Florio (2007) a principal vantagem de usar a plataforma BIM é o aumento da precisão durante a construção, com menos desperdício de tempo, de materiais e de retrabalho. Pois com a introdução dos fatores tempo e custo no projeto BIM, a equipe pode gerenciar e simular as etapas da construção, assim como analisar melhor a construtibilidade antes da execução.

A Figura 3 mostra a diferença principal entre os modelos CAD e BIM. O modelo CAD é representado apenas em 2D, sendo que o *software* o entende apenas como um conjunto simples de linhas e formas geométricas. Já o modelo BIM é representado em 3D, sendo que todos os elementos inseridos nele contêm informações associadas e salvas no banco de dados, como tipo de material, peso, fornecedor, entre outras.

A Figura 3 também mostra outra vantagem de se criar modelos BIM, que é a compatibilização dos projetos. Como o modelo é uma simulação do prédio já construído, mas em forma digital, é possível prever visualmente as interferências entre projetos antes da execução da obra.

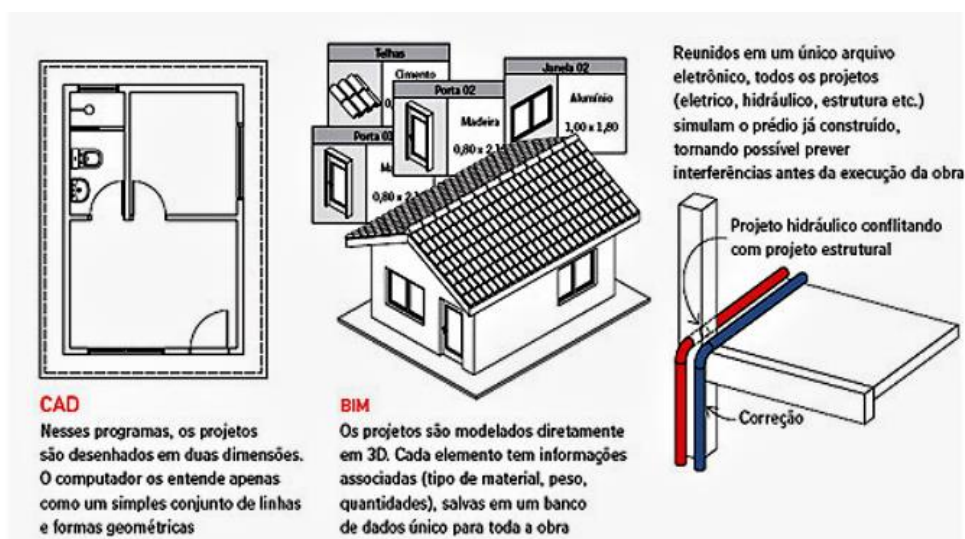


Figura 3 - CAD x BIM  
Fonte: Revista Técnica (FARIA, 2007).

Maria (2008) se utiliza da definição de BIM proposta pela empresa *M.A. Mortenson Company* para apresentar quais são as características essenciais que esses sistemas devem apresentar em uma simulação inteligente da arquitetura:

- Digital;
- Espacial 3D;
- Mensurável: quantidade, dimensão e seleção;
- Compreensiva: expondo a intenção do desenho, desempenho da construção, construtibilidade e aspectos financeiros e de planejamento de métodos e processos;
- Acesso a todo grupo AEC por interoperabilidade e interface intuitiva;
- Durabilidade: utilizável durante todo o ciclo de vida da edificação.

A principal ferramenta do sistema BIM é o modelo do empreendimento, por ser um repositório de informações que pode ser acessado por todos os membros da equipe envolvidos no desenvolvimento do projeto, da sua concepção à sua construção, manutenção e disposição final. (AYRES FILHO, 2009).

Florio (2007) ainda lista os seguintes pontos em que a utilização do BIM impacta a metodologia de projeto convencional:

- Além de facilitar o entendimento das exigências do cliente nas fases iniciais do projeto, auxilia na visualização dos dados e informações deste;
- Com o objetivo de redução de custos e desperdícios, além de um melhor aproveitamento de mão de obra, colabora com uma maior eficiência e qualidade da construção civil;
- Aperfeiçoa a coordenação dos documentos compartilhados a fim de estabelecer agilidade nas trocas de informações e também aumento da produtividade e melhoria dos prazos para entrega dos projetos destinados à execução da obra;
- Substituição do projeto hierárquico pelo colaborativo, onde todos coparticipam das decisões projetuais, ou seja, uma gestão de projetos que integre e compartilhe informações e que distribua

responsabilidades, riscos e recompensas entre todos os colaboradores;

- Utilização e compartilhamento de informações advindas de fabricantes com a finalidade de se quantificar e estimar custos;

O BIM envolve a “modelagem das informações do edifício”, ou seja, cria uma espécie de maquete digital integrada, contendo todas as áreas de conhecimento, e com o objetivo de abranger todo o ciclo de vida da edificação. (TCU, 2014).

A modelagem do empreendimento representa as características físicas e funcionais dos componentes do edifício, em um ambiente multidimensional onde elas podem ser testadas e aprimoradas antes do início das obras. (AYRES FILHO, 2009).

O BIM auxilia também na etapa pós-constructiva, a qual pode contemplar manutenções, futuras alterações no edifício e na otimização de processos construtivos e materiais necessários. (MARIA, 2008).

Todas as atividades envolvidas em um projeto que foi modelado com o conceito BIM podem ser gerenciadas de forma estratégicas durante todo o ciclo de vida do empreendimento. Pois um dos maiores benefícios gerados pelo BIM é que o empreendimento seja visto e analisado em relação ao todo, por conta facilidade de se ter uma visão sistêmica do processo. (SAKAMORI, 2015)

### 2.2.1 Ciclo de Vida

O BIM segundo Azevedo (2009) e Sakamori (2015) pode ser a única fonte de dados para representar todo o ciclo de vida de um empreendimento, desde a sua criação e construção, até sua operação, manutenção, disposição final ou mudança de uso. Isso é possível por ser um único ficheiro que reúne todas as informações gráficas e não gráficas referente a obra.

De acordo com o *National Institute of Building Sciences* (NIBS), “A *Building Information Model* (Modelo) é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, serve como um conhecimento compartilhado de recursos para obter informações sobre uma instalação formando uma base sólida para as decisões desde o início do seu ciclo de vida em diante.” (AZEVEDO, 2009, p.4-5).

A Figura 4 mostra que os *softwares* que trabalham em BIM ajudam a acompanhar o tempo de vida das edificações. Pode-se definir as intervenções de manutenção preventiva que precisam ser feitas e como serão executadas.

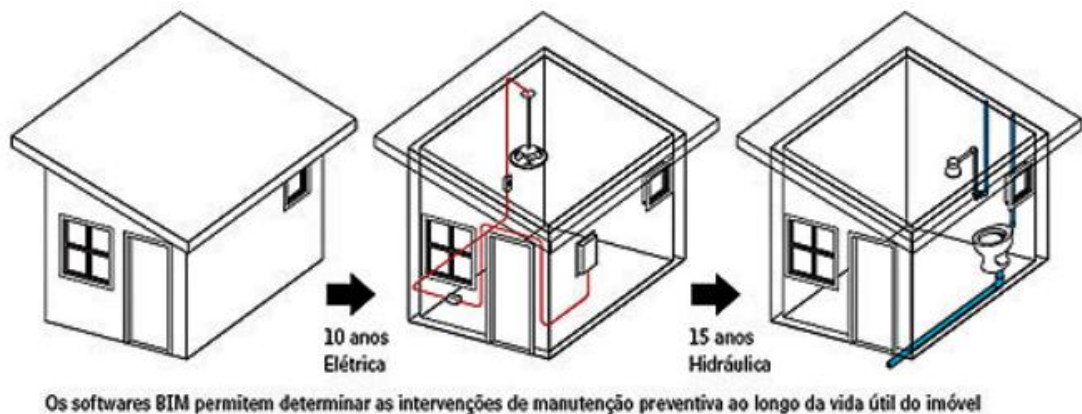


Figura 4 - Manutenção das edificações  
Fonte: Revista Técnica (FARIA, 2007).

Segundo Tarrafa (2012), as principais vantagens que os sistemas BIM podem oferecer são:

- Melhor compreensão visual do projeto devido a visualização em 3D;
- Melhorias no planejamento de projeto;
- Aumento da produtividade;
- Facilidade nas estimativas de custo e quantidade;
- Capacidade de detectar conflitos existentes nos projetos;
- Criação de um cronograma de obra;
- Possibilidade de modelar através de objetos que já possuem características definidas;
- Facilidade em realizar possíveis intervenções futuras ao projeto.

A Figura 5 apresenta o que pode ser chamado de ciclo BIM para uma edificação, onde todos os componentes necessários à essa edificação estão inter-relacionados:



Figura 5 - Ciclo BIM  
Fonte: Apresentação TQS (Covas).

Pode-se visualizar que um projeto desenvolvido em BIM irá embasar as decisões a serem tomadas em todas as fases de vida do empreendimento, desde a elaboração dos projetos, as etapas de construção até a fase de manutenção e demolição.

### 2.2.2 Projeto Colaborativo

É aquele em que toda a equipe de um projeto decide em conjunto, apoiados pela divisão do trabalho, coparticipam das decisões e na evolução do projeto. Busca-se a divisão das especializações e a fragmentação do conhecimento para não centralizar demasiadamente as decisões em apenas um integrante. (FLORIO, 2007).

Segundo Nascimento e Santos (2003) as ferramentas existentes da TI contribuem para que as decisões tomadas dentro de um projeto sejam melhores, pois todas as fases do mesmo estarão integradas e compartilhando informação.

O recente desenvolvimento da TI fez com que o acesso às informações fique mais fácil e a velocidade de conectá-las fique mais rápida. Isso acelerou o processo de troca de ideias e tomadas de decisões dentro das equipes de

projeto. Portanto os programas BIM aliados à TI fazem com que os projetos sejam cada vez mais colaborativos. (FLORIO, 2007).

Rezende *et al.* (2000, *apud* NASCIMENTO E SANTOS, 2003) afirma que as informações devem ser compartilhadas por todos os integrantes e para isso se faz necessário o uso de ferramentas de comunicação onde toda a equipe de projeto tenha acesso as informações.

Sakamori (2015) afirma que com o avanço tecnológico esse trabalho colaborativo se torna cada vez mais viável. Pois a utilização de um repositório único virtual contido na nuvem faz com que o modelo fique acessível para todos os usuários atualizarem e agregarem mais informações e dados.

O controlador hierárquico é substituído por um facilitador que recebe e transmite informações, cujo papel passa a ser de certificar que as contribuições individuais sejam acatadas, enriquecendo a solução do produto a partir dos conhecimentos e sugestões de todos os participantes do processo. No projeto colaborativo as responsabilidades, riscos e sucessos são distribuídos por todos os participantes (FLORIO, 2007).

A principal função de uma informação é guiar a tomada de decisão dentro de um projeto. Por isso Rezende *et al.* (2000, *apud* NASCIMENTO E SANTOS, 2003) diz que a qualidade da informação vai determinar o acerto ou não das decisões tomadas a partir dela.

O escopo do projeto já deve conter todas as informações básicas sobre o mesmo e Sakamori (2015) afirma que o modo como as informações serão disponibilizadas e como será feita a troca de informações entre as partes envolvidas, os *stakeholders*, também deve estar definido.

Para se ter uma melhor qualidade de informação é necessário existir um padrão de comunicação. A utilização do BIM contribui para a integração das informações provenientes dos diversos projetos em um único modelo digital, com apenas um banco de dados que compete a todos os dados construtivos e suas dimensões. (FLORIO 2007).

Nascimento e Santos (2003) concluem que é necessário existir um gerenciamento de comunicação, pois o excesso de informações pode sobrecarregar os integrantes da equipe se os dados relevantes não forem filtrados, assim como a falta de informação pode provocar erros na execução do projeto ou construção com consequentes retrabalhos.

É necessário criar uma nova cultura de trabalho, com uma gestão diferenciada, tendo um planejamento mais cuidadoso para o projeto assim como uma coordenação para o mesmo. Para isso o gerente de projeto, chamado por Florio (2007) de facilitador, deve ajudar a equipe a filtrar os dados relevantes para potencializar a comunicação entre os integrantes e assim criar o ambiente colaborativo, onde a comunicação tende a fluir com maior eficiência e eficácia, além de que o projeto terá um melhor controle de qualidade. (MELHADO, 2005 *apud* BEBER, SCHEER E WILLE, 2007; CHAVES *et al*, 2006; *apud* BEBER, SCHEER E WILLE, 2007).

A difusão da engenharia simultânea é marcada através da nova forma de representar a edificação, unindo novas tecnologias e técnicas gerenciais. Essa expressão contempla conceitos que priorizam ações voltadas ao encurtamento de tempo de produção de bens pela indústria, sugerindo mudanças gerenciais que permitam o trabalho em paralelo. (FERREIRA, 2007).

### 2.2.3 Modelagem Paramétrica

Atualmente, os modeladores BIM mais conhecidos no mercado são: *Revit Architecture* (AutoDesk), *Navisworks* (AutoDesk), *ArchiCad* (Graphisoft), *Bentley Architecture* (Bentley), *Digital Project* (Gehry Technologies), *Tekla Structures* (Tekla Corp) e *Vectorworks* (Nemetschek). No entanto, os mais utilizados no mercado brasileiro são o *Revit* e o *ArchiCad*. (BAIA; MIRANDA; LUKE, 2014).

Conforme exposto por Ayres Filho (2009), o termo BIM foi criado pela empresa AutoDesk para promover o novo *software* da época, o *Revit*, nos anos 90. O BIM é um conceito apresentado dentro dos *softwares*, que trabalha em cinco dimensões, sendo três delas representadas através de formas geométricas, uma relacionada a tempo e a outra à custo. Trabalha também com a modelagem e parametrização dos elementos pertencentes a um projeto, onde quando uma característica de um elemento é alterada dentro do projeto, essa informação é transmitida para todas as outras características subdependentes daquela. (COSTA, 2013).

Os modelos virtuais podem ser sólidos ou de superfície. Os modelos de superfície, muito utilizados na área de AEC desde os anos 90, são apenas uma forma de visualização e contém informações como tamanho e formato,

facilitando o estudo dos parâmetros de um projeto. Já os modelos sólidos, conhecidos também como *smart models* (SMs), contém características que levam muito além do que apenas o aspecto físico e visual da edificação, como por exemplo, a natureza do objeto, suas dimensões, a quantidade de objetos no modelo, etc. (GRILO; JARDIM-GONÇALVES, 2010).

O BIM tem como uma de suas principais características segundo Sakamori (2015) a parametrização dos objetos dentro de cada projeto. Esse processo permite que sejam feitas simulações dimensionais e dos processos construtivos, análises de desempenho de conforto da edificação e estudo de viabilidade do empreendimento para auxiliar na tomada de decisão por parte dos *stakeholders*.

Todo o tipo de parâmetro técnico definido pode ser utilizado para filtrar o conjunto de soluções disponibilizadas pelos fabricantes, nomeadamente, por: funcionalidade, comportamento ao fogo, comportamento acústico, compatibilidade com outros materiais, comportamento térmico, mochila ecológica, resíduos produzidos, resultados de ensaios normalizados respectivos, reação a agentes de degradação, durabilidade, entre outros. (PISSARRA, 2010).

Os elementos existentes em um empreendimento modelado com o sistema BIM são automatizados. Por isso Vasconcelos (2010) afirma que quando qualquer alteração for realizada no modelo serão imediatamente refletidas em todas as pranchas de desenhos associadas, assim como nas tabelas de orçamento e especificações.

Para Vasconcelos (2010) a utilização do BIM traz como consequência projetos mais detalhados, pormenorizados e compatibilizados. Isso se deve ao fato de as informações estarem imputadas ao modelo e também à automatização de seus elementos.

De acordo com Ayres Filho e Scheer (2007), pode-se definir o termo paramétrico como um conjunto de características específicas de um determinado objeto, ou seja, cada objeto possui suas próprias características, como cor, textura, material de acabamento, de revestimento, entre outras. O que remete a outro conceito sobre BIM de que esses sistemas são sistemas *Computer-Aided Design* (CAD) orientados a objetos (OO-CAD).

Já a modelagem pode ser entendida como a introdução desses objetos paramétricos no modelo do edifício. (AYRES FILHO, 2009). De acordo com Lee *et al.* (2006, *apud* MULLER, 2011), essas características próprias de cada

objeto dentro dos sistemas BIM são conhecidas como *Building Object Behavior* (BOB), uma vez que definem o comportamento e montagem dos objetos.

Essa característica paramétrica permite criar alternativas no mesmo modelo digital, variando seus dados e sendo refletida automaticamente no modelo. Isso faz com que o número de conflitos entre os elementos construtivos seja menor, facilita a revisão e aumenta a produtividade na elaboração do projeto. (FLORIO, 2007).

Na Figura 6 é apresentado um exemplo de piso, onde é possível analisar como essas características podem ser visualizadas em um sistema BIM. Na janela apresentada pode-se ver a estrutura do piso como ele realmente será executado, com o número de camadas definido com a espessura e material pré-determinado pela aba de estrutura do parâmetro.

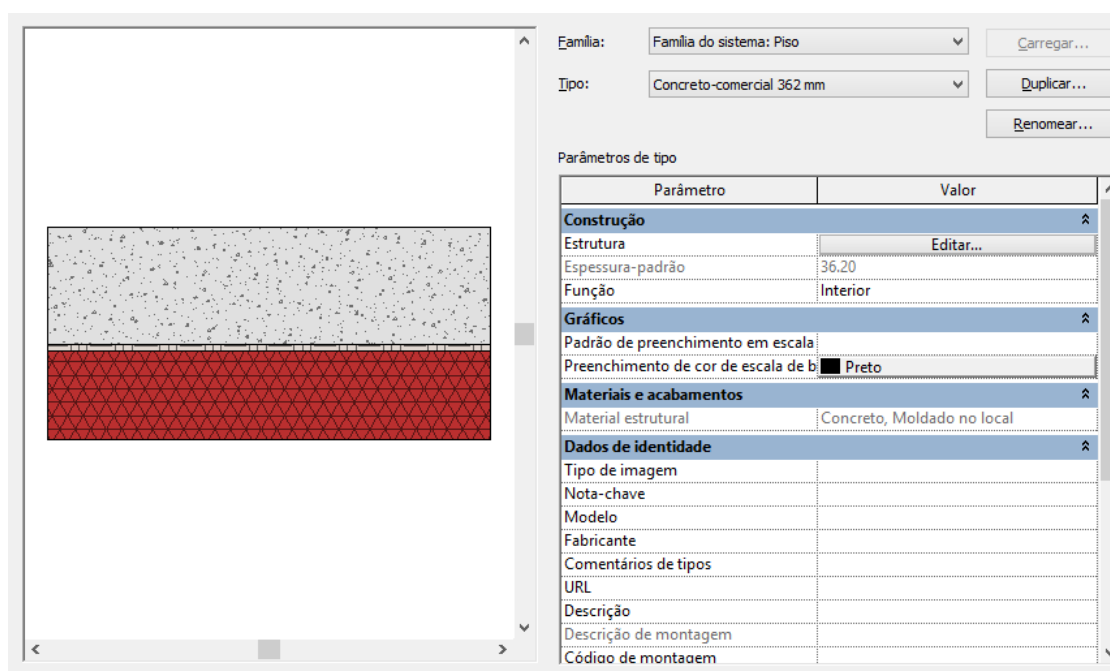


Figura 6 - Propriedades de objetos  
Fonte: O autor (2016) via Revit Building.

Assim quando esse piso da família “Família do sistema: Piso” e do tipo “Concreto-comercial 362 mm” for inserido no modelo virtual ele já levará suas características previamente definidas. Não há a necessidade de formatar o piso toda a vez que for inseri-lo no projeto, pois essas configurações ficam arquivadas e são automáticas. Se por algum motivo os dados apresentados na Figura 6 forem alterados todos os pisos dessa família e tipo que foram inseridos no modelo virtual serão instantaneamente atualizados.

Essa propriedade facilita o processo de criação, pois torna o processo mais interativo e próximo do pensamento divergente, pois esses elementos paramétricos carregam seus atributos dentro de suas representações, permitindo serem manipulados e transformados de acordo com a necessidade do projeto, o que é essencial para explorar diferentes configurações geométricas em projetos AEC. (FLORIO, 2007).

#### 2.2.4 Orientação a Objetos

Orientação a objeto é uma tecnologia de modelo de dados, ou seja, um modelo de banco de dados, que Yang *et al.* (2008, *apud* SAKAMORI, 2015) afirma ter sido aplicada inicialmente na linguagem de programação de computadores. O uso da orientação a objetos na modelagem de dados é capaz de digitalizar as informações sobre o produto em uma estrutura bem definida que torna o acesso e as modificações aos dados mais fáceis de serem executadas.

Os objetos inseridos em um modelo BIM contêm dados e informações consistentes de maneira que toda a interação e visão do modelo é apresentada de forma coordenada. Eastman *et al.* (2008) afirma que a função dos objetos é terem a capacidade de ligar, receber, transmitir ou exportar atributos, materiais estruturais, dados acústicos ou dados de energia para outras aplicações e modelos.

Esse modelo de dados surgiu devido à complexidade dos programas de computador. Na linguagem de programação os objetos são uma unidade de informação chamados de classes, eles encapsulam os dados que são os parâmetros e as interfaces são chamadas de métodos, por serem os métodos para processá-los. (AYRES FILHO, 2009; YANG *et al.* 2008, *apud* SAKAMORI, 2015).

Schildt (2002, *apud* AYRES FILHO, 2009) explica que a tecnologia de orientação a objeto é formada por três princípios, sendo eles: encapsulamento, hereditariedade e polimorfismo. Por conta dessas características que Yang *et al.* (2008, *apud* SAKAMORI, 2015) afirma que esses sólidos paramétricos são relacionados diretamente à tecnologia de orientação a objetos e por essa relação existir é que são denominados os objetos paramétricos.

O encapsulamento é a característica de reunir os dados e os processos para manipulá-los em um mesmo e único objeto. Esse mecanismo cria uma unidade de informação parcialmente autônoma, ou seja, tomando como exemplo uma parede, ela carrega em sua formação seus dados como dimensões e materiais constituintes e fornece a possibilidade de alterá-los.

No processo de elaboração de um projeto a hereditariedade irá facilitar a criação de novos elementos, pois é a capacidade de reutilizar a estrutura de dados previamente criada podendo organizar os dados de forma hierárquica. A partir de formas básicas pode-se derivar novos componentes com características próprias de uma nova formatação. De forma simplificada, em um projeto uma parede que tem em sua configuração a cor azul pode ser replicada criando outro objeto paramétrico com a mesma estrutura anterior, mas de cor vermelha.

Já a terceira característica que Schildt (2002, *apud* AYRES FILHO, 2009) explica é o polimorfismo, que reduz o número de objetos a serem criados em um projeto pois permite que uma interface abstrata se adapte a diferentes situações. Ele cita como exemplo a possibilidade de existir diferentes sistemas de medida simultâneos em um projeto, sem que os objetos tenham que ser reprogramados para uma unidade específica.

#### 2.2.5 Interoperabilidade

A equipe que trabalha na criação de um projeto normalmente é fragmentada de acordo com a sua especialização. Assim há uma divisão de trabalho em que cada um é responsável por uma parte dos dados e documentações. Para que as informações de cada setor sejam devidamente assimiladas pelos outros é necessário em todo o ciclo de vida do projeto que o trabalho seja colaborativo, para que exista um gerenciamento de informação.

Um dos grandes problemas na falta de interoperabilidade é a perda de informações ou a adulteração da mesma durante a troca de dados entre os *softwares* utilizados pelos diferentes participantes da indústria AEC. Isso gera falhas como repetições de dados, comunicação incorreta e erros humanos. (SAKAMORI, 2015).

Alshavi e Ingirige (2003, *apud* OLIVEIRA, 2005) afirmam que o principal problema é a lacuna no fluxo de informações entre os *stakeholders* de

um projeto. As informações conflitantes ou não recebidas no momento ideal geram retrabalho para os integrantes da equipe.

A interoperabilidade é definida como a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e utilizarem as informações trocadas, ou seja, é a capacidade para que os sistemas se entendam e usem as respectivas funcionalidades sem quaisquer conflitos. (AZEVEDO, 2009; SAKAMORI, 2015; VASCONCELOS, 2010). Azevedo (2009) ainda afirma que o modelo que incorporar toda essa capacidade se aproxima da verdadeira definição de BIM e da sua esperada capacidade de fornecer resultados.

A interoperabilidade faz a transferência de dados de forma automática, facilitando o fluxo de informações, pois elimina a necessidade de reproduzir os dados criados em outro banco de dados externo. (EASTMAN *et al*, 2008).

Sakamori (2015) diz que a interoperabilidade consiste na utilização de um formato de arquivo em que será feita toda a troca de informações de um sistema. Essa troca de informações direta elimina a geração de dados duplicados e de erros humanos.

Surgiu então a necessidade de criar normas e para que a interoperabilidade realmente existisse e assim o processo de troca de informações entre plataformas de *softwares* ocorresse sem a perda de dados e de forma eficiente, a indústria AEC desenvolveu um formato de arquivo único. (LACCD, 2009 *apud* VASCONCELOS, 2010; SAKAMORI, 2015).

A *International Organization for Standardization* (ISO) elaborou a ISO 29481-1:2010 – *Building Information Models – Information Delivery Manual – Part 1: Methodology And Format* onde especificou uma metodologia e formato para o desenvolvimento de um manual de entrega de informações, o *Information Delivery Manual* (IDM). Essa norma foi atualizada para a ISO 29481-1:2016 que se destina a facilitar a interoperabilidade entre aplicativos de *softwares* utilizados na indústria AEC. Segundo a ISO ela promove a colaboração digital entre os atores no processo de construção e fornece uma base para troca de informações precisas e confiáveis.

Mattei (2008) e Sakamori (2015) contam que em 1995 empresas do mercado AEC dos EUA fundaram a *Industry Alliance for Interoperability* (IAI) que em 1996 tornou-se global alterando o nome para *International Alliance for Interoperability* (IAI). Essa aliança global é uma organização sem fins lucrativos

que visa definir parâmetros e especificações para o formato de linguagem de arquivo *Industry Foundation Classes* (IFC).

O IFC é um modelo representativo de uma coleção de classes e é capaz de representar toda uma edificação com uma única estrutura de dados. Pode-se distribuir facilmente esta estrutura através de aplicativos usados pelos profissionais da indústria AEC. (SAKAMORI, 2015).

O IFC é o formato de arquivo que está se tornando padrão na troca de informações de projetos da AEC. Pois consegue representar várias informações diferentes de um projeto de forma que fiquem organizadas e permitam que os integrantes da equipe tenham acesso direto às informações. Além de que esse formato pode ser lido por quase todas as plataformas BIM. (EASTMAN *et al*, 2008; SAKAMORI, 2015).

Essa propriedade faz com que a engenharia simultânea possa ser aplicada e assim o conceito BIM possa ser posto em prática efetivamente. Isso irá gerar um aumento na qualidade dos projetos, pois a edificação será modelada virtualmente antes de ser construída na realidade e assim dará a oportunidade de resolver os problemas ainda na fase de projeto.

## 2.3 GERENCIAMENTO DE CUSTOS

O gerenciamento de custos de um projeto segundo o PMBOK (2014) é composto de três processos principais: a estimativa de custos, onde há o desenvolvimento de uma estimativa dos custos necessários para executar o projeto; a determinação do orçamento, agregando aos custos já estimados das atividades individuais para estabelecer uma linha de base de custos e o controle dos custos, que controla os fatores que causam variância nos custos e também as mudanças feitas no orçamento do projeto.

O objetivo de se fazer um gerenciamento de custos é de chegar ao final do projeto tendo executado sua totalidade dentro do orçamento planejado e aprovado inicialmente.

### 2.3.1 Orçamentação

A determinação ou previsão dos custos para a realização de um empreendimento antes mesmo de ser executado é possível a partir da orçamentação. (GIAMUSSO *apud* ASSUMPÇÃO & FUGAZZA, 2000).

O processo orçamentário é um sistema de trabalho que, envolvendo toda a empresa, tem por objetivo prever os custos a serem incorridos e o faturamento que cada produto disponível pode realizar, considerando um determinado período de tempo ou exercício, visando avaliar o desempenho da mesma e a consequente expressão na projeção do balanço do exercício atual ou subsequente. (KNOLSEISEN, 2003).

Para Limmer (1997 citado por SAKAMORI, 2015), orçamento pode ser definido como a “determinação dos gastos necessários para a realização de um projeto”. A utilização de um orçamento é essencial para a realização de um bom planejamento, pois baseado neste é que pode resultar em sucesso qualquer empreendimento da construção civil. O levantamento dos custos, geralmente expressos em uma unidade monetária padrão, é baseado na previsão de atividades que não ainda não foram iniciadas e que acarretam custos. Estas são logicamente encadeadas e se tornam uma previsão de ocorrências monetárias ao longo do prazo de execução do projeto.

O orçamento é considerado segundo Knolseisen (2003) uma peça básica no planejamento. Lista algumas das possibilidades que ele fornece, como: fornecer o levantamento dos materiais e serviços necessários; analisar a viabilidade econômica-financeira, como também embasar a criação de cronogramas; possibilitar o acompanhamento da utilização de mão-de-obra e materiais para cada etapa da obra, como também ter conhecimento do número de funcionários para cada uma delas.

Marchiori (2009) apresenta em sua pesquisa as diferentes etapas do projeto e como os objetivos do orçamento mudam com o passar do tempo. Nas etapas iniciais, o orçamento deve possibilitar a análise da viabilidade econômica do empreendimento. Já nas etapas mais próximas da execução é necessário conhecer as metas de custo para um determinado período ou para um determinado produto de construção.

Os orçamentos para obras de construção civil compreendem o levantamento da quantidade de serviços e seus respectivos preços. Devem ser apresentados numa planilha onde consta a descrição dos serviços com suas respectivas unidades de medidas e quantidades, a composição dos preços unitários envolvendo mão-de-obra e materiais e então o valor total por item e o valor global da obra. (COELHO, 2001 *apud* SANTOS *et al.* 2009).

Desta maneira, inicia-se a elaboração orçamentária com a interpretação minuciosa de todos os projetos (arquitetônico, estrutural, fundações, elétrico e outros) para, em seguida, passar para a definição da estrutura analítica. (KNOLSEISEN, 2003).

Segundo Andrade (1996, *apud* SAKAMORI, 2015) existem diversos tipos de orçamentos de produto utilizados na indústria de AEC. Ele define três como os mais utilizados: o paramétrico, o convencional e o executivo. Já González (2008) diz que existem apenas três tipos de orçamentos: o paramétrico; o orçamento para registro da incorporação em condomínios; e o discriminado.

O paramétrico é uma aproximação, que quando utilizado é em estudos de viabilidade ou consultas rápidas de clientes; O convencional é feito a partir das composições de custos, dividindo os serviços em partes e orçando por unidade de serviço; O executivo considera os detalhes de como a obra será executada, organizando os custos de acordo com o desembolso necessário na obra ao longo do tempo.

Nesta pesquisa será utilizado como base o orçamento que González (2008) define como discriminado ou detalhado, onde os itens relevantes à execução do empreendimento são listados para compor uma estimativa de custos mais detalhada e precisa. Essa classificação se enquadra em duas feitas por Andrade, sendo elas: convencional e executivo.

#### 2.3.1.1 Discriminação orçamentária

A discriminação orçamentária, segundo González (2008) pode ser entendida como uma lista onde são elencados os serviços ou atividades a serem executados em obra. Preferencialmente, deve-se agrupar os itens em grupos considerando a sequência executiva, os materiais empregados, o tipo de serviço, etc. formando assim uma relação lógica entre os elementos constituintes de cada grupo.

A discriminação orçamentária é um processo mais complexo do que apenas a execução da lista de materiais. Khemlani (2006, *apud* SAKAMORI, 2015) também afirma que é a criação dessa lista de forma lógica e para isso é necessário analisar a edificação do projeto e agrupar os elementos comuns em pacotes apropriados para a ordem de construção do empreendimento projetado.

Várias discriminações orçamentárias podem ser encontradas facilmente em bibliografias, porém recomenda-se que cada empresa ou orçamentista busque compor a listagem ideal para cada tipo de projeto. (GONZÁLEZ, 2008). Para tal composição deve-se levar em consideração o projeto aprovado, as diretrizes contidas nos memoriais descritivos e suas especificações técnicas. Garantindo assim a não omissão de nenhum serviço que possa comprometer o pleno funcionamento e utilização do empreendimento. (ABNT NBR 12721:2007).

Como exemplo de discriminação orçamentária pode-se citar a contida no projeto de revisão NBR 12721:2007. Ela começa elencando os serviços iniciais, que por sua vez é subdividido em serviços técnicos; preliminares; instalações provisórias; máquinas e ferragens; administração de obra e despesas gerais; limpeza da obra; transporte; trabalhos em terra e diversos. Cada um sendo composto por uma série de itens relevantes e cabíveis ao seu objetivo. Além do citado, ainda são listados mais onze tópicos principais, que por sua vez são subdivididos em outros.

Na prática essa discriminação orçamentária é basicamente a EAP desenvolvida para o projeto. Pois como ela é dividida em partes mensuráveis de trabalhos menores, os pacotes de trabalho, é comumente o embasamento para a elaboração do orçamento e do cronograma. Porque poderão ser facilmente orçadas no mercado e medidas na obra durante a execução, refletindo o fluxo de desembolso financeiro.

Cabe citar que no presente trabalho o orçamento estudado foi discriminado baseando-se no projeto de norma, porém não a segue fielmente, pois uma série de alterações se apresentaram adequadas ao objetivo.

#### *2.3.1.2 Levantamento de quantitativos - Método tradicional/convencional*

Após a conclusão da discriminação orçamentária inicia-se uma nova etapa, o levantamento de quantitativos. Este por sua vez pode ser realizado pelo método tradicional que é manual, onde uma equipe é responsável pela obtenção dos quantitativos a partir de medições em projetos, ou ainda pode ser adquirido a partir da relação de insumos obtido quando utilizada a metodologia BIM na modelagem dos projetos.

O levantamento de quantitativos necessários ao processo de orçamentação envolve a quantificação detalhada dos materiais, serviços e equipamentos envolvidos para que seja possível a realização da obra. (COSTA & SERRA, 2014). Requer o conhecimento de cada detalhe e propriedade do projeto a ser orçado, sendo que cada elemento pode ser quantificado de maneira diferente. (SAKAMORI, 2015).

A escolha de qual método usar depende da preferência e das ferramentas disponíveis pelo orçamentista. Os métodos tradicionais de se realizar um levantamento incluem a medição de todos os elementos de um edifício, utilizando-se da escala nos projetos. Este método pode ser bastante trabalhoso, especialmente as transferências das medições para outro arquivo, sendo que estas devem ser verificadas cuidadosamente para assegurar a exatidão. (ALDER, 2006).

Para que se tenha uma boa estimativa dos quantitativos e conseqüentemente menores chances de frustrações durante a execução da obra é recomendado que o orçamentista tenha conhecimento detalhado dos serviços, sendo capaz de interpretar desenhos, planos, especificações da obra e identificar dificuldades de serviços e os custos que estas implicam. (MATTOS, 2006).

A quantificação dos itens que constituem o orçamento deve ser realizada seguindo-se os desenhos fornecidos pelos projetistas, suas características técnicas e as dimensões especificadas, que podem ser de diversas naturezas, como lineares, superficiais ou de área, volumétricas, de peso ou ainda adimensionais, no caso de serviços pagos por contagem como portas, placas de sinalização, etc. Essa é a etapa de maior importância para a estimativa de custo, pois é a que demanda de maiores recursos e tempo. (MATTOS, 2006; ALDER, 2006).

Tradicionalmente, os quantitativos necessários à composição do orçamento são obtidos a partir de intensas medições realizadas nos desenhos CAD de todos os elementos de um edifício e posteriormente registrados nas planilhas de custos. Esse processo, além de estar sujeito a erro humano e tender a propagar imperfeições, é demorado, podendo chegar a consumir de 50 a 80% do tempo necessário a estimativa de custos de um projeto. (SABOL, 2008).

Mattos (2006) através da consideração das especificidades de cada material e também de facilitadores de cálculo, exemplifica como quantificar manualmente itens como demolição, fôrma, armação, alvenaria, pintura, cobertura e ainda apresenta um formulário de levantamento utilizado para o cálculo de itens cujo quantitativo está vinculado à área ou perímetro de paredes, como é o caso do chapisco, reboco, emboço, rodapé, etc.

Alder (2006) defende que a utilização de planilhas para organizar os dados levantados ajudará na estimativa de custo, pois apresenta os dados de forma clara e concisa de maneira que os cálculos feitos ficam registrados.

#### *2.3.1.3 Levantamento de quantitativos - Metodologia BIM*

Sendo um banco de dados visual dos componentes de um empreendimento, o BIM pode fornecer de forma automática a quantidade exata de materiais necessários, além de ajudar na redução significativa da variabilidade nas estimativas de custos. Essa facilidade é uma poderosa ferramenta para os orçamentistas, pois assim poderão executar decisões sendo melhores informados e poderão se concentrar em tarefas de maior valor, como por exemplo poderão simular vários cenários no empreendimento. (SABOL, 2008).

O uso do BIM possibilita a quantificação de serviços de forma automática e precisa. Consequentemente, reduz a variabilidade na orçamentação e também tende a aumentar a velocidade, permitindo a exploração de mais alternativas de projeto, sem sobrecarregar os envolvidos com a atividade de levantamento quantitativo. Por exemplo, com o uso de ferramentas BIM, ao modificar o projeto em 3D, todos os desenhos são automaticamente atualizados, assim como os quantitativos de serviços são instantaneamente recalculados. Isso permite que a análise fácil e rápida de custos se estenda por todas as fases do empreendimento, apoiando os processos decisórios. (TCU, 2014).

A parametrização dos elementos pertencentes a um projeto modelado em BIM é a diferença essencial entre o BIM e o CAD. Alder (2006) afirma que a diferença é a elaboração do projeto, pois o BIM utiliza objetos ao invés de apenas utilizar linhas. Com isso o BIM contempla quantidades de materiais, pois contém propriedades predefinidas sobre eles.

Com a utilização da metodologia BIM, ao construir o modelo do empreendimento há uma produção de dados concretos já nas fases iniciais do tempo de projeto. Pois para produzir estimativas é necessário contar os objetos na visualização desses elementos e a produção de um modelo 3D facilita essa contagem. (SANTOS *et al.*, 2009). A Figura 7, por exemplo, mostra como é fácil a visualização de um modelo tridimensional e que os *softwares* BIM fornecem a contagem dos elementos automaticamente.

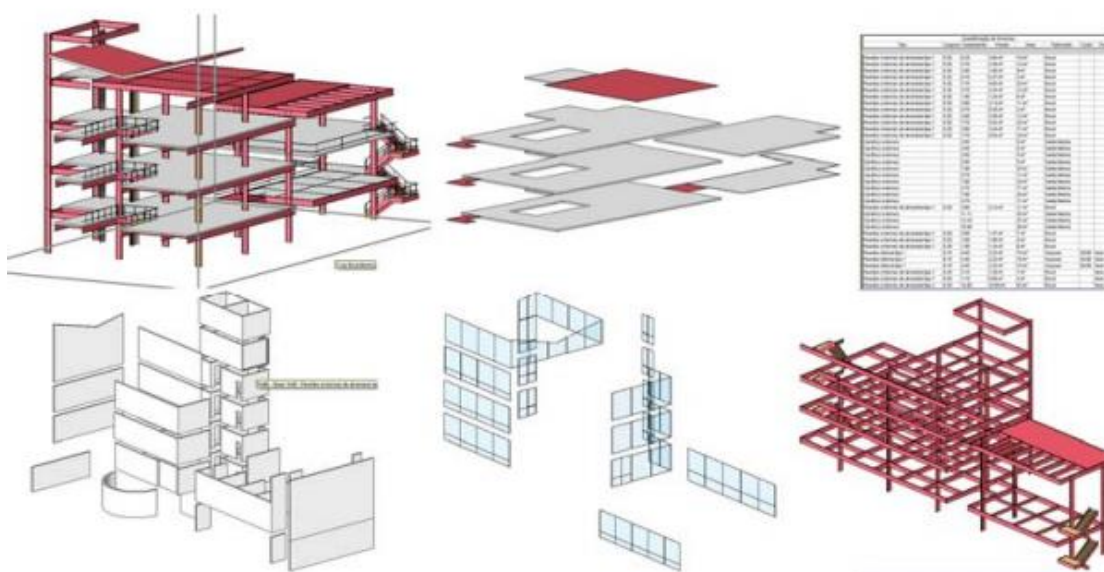


Figura 7 - Elementos construtivos e tabela de quantificações  
Fonte: FLORIO, 2007.

Projetar utilizando o modelo BIM tem muitos benefícios. Os dados de quantidade são compilados dos atributos dimensionados que são extraídos diretamente do modelo, eliminando assim os problemas causados por utilização incorreta da escala na leitura dos projetos. Além de que é capaz de exportar as quantidades da base de dados para as planilhas. (ALDER, 2006). Para isso lista um processo de cinco passos para extrair quantidades do BIM, sendo esses:

- Visualizar o projeto usando a visão tridimensional, assim terá a melhor compreensão do mesmo;
- Modificar o modelo para exibir os itens que estão sendo quantificados;

- Ordenar a lista de materiais para melhor avaliar os objetos no modelo;
- Isolar os objetos na visão tridimensional para verificar a correta quantificação;
- Analisar os dados.

O BIM não é apenas um modelo 3D, é possível inserir vários níveis de informação compondo um modelo de cinco dimensões. Sua utilização pode aprimorar o processo de quantificação como o próprio levantamento de custos e prazos de execução. Pois se alimentado corretamente de dados, pode-se extrair automaticamente diversos relatórios como quantitativos de insumos, custos e prazos. (FLORIO, 2007; PEREIRA, 2014).

Azevedo (2009) afirma que os projetos que utilizam a ferramenta BIM têm maior probabilidade de evitar erros e problemas de omissões durante a construção, aumentando a produtividade, evitando conflitos e melhorando o desempenho, tanto do orçamento como do planejamento.

Várias versões de modelagens podem existir e o acesso às últimas versões é de crucial importância. O intercâmbio de dados digitais sobre um projeto pode substituir a base de processos impressos e pode aumentar a velocidade e a eficiência da comunicação, bem como melhorar a gestão dos custos da concepção à conclusão – também conhecida como gestão total de custos. (SANTOS *et al.*, 2009).

Segundo Eastman *et al.* (2008) não há em nenhuma ferramenta BIM, atualmente, um sistema que permita uma análise orçamentária completa do que está sendo feito. Portanto, os orçamentistas devem se utilizar de ferramentas auxiliares, que trabalhem em conjunto com a ferramenta BIM, para dar suporte ao processo e alavancá-lo. São elas:

- Exportar quantitativos para um *software* de orçamentação 2D, como por exemplo, MS Project ou Excel;
- Existir uma conexão direta entre componentes BIM e o *software* de orçamentação, através da utilização de um *plug-in*, o que torna possível a associação de componentes do modelo à itens presentes na planilha orçamentária do *software*;

- Existir uma ferramenta para levantamento de quantitativos, especializada, que importa os dados da ferramenta BIM e possibilita também, o levantamento manual dos quantitativos, trabalhando em conjunto (automatização e manual).

#### *2.3.1.4 Estimativa de Custos*

Para se elaborar a estimativa de custo de um projeto da AEC, executa-se primeiramente a discriminação orçamentária e em seguida a quantificação dos elementos listados. A partir desses dados os orçamentistas utilizam planilhas de custo e pesquisas de mercado para determinar a estimativa de custo para cada item da lista. (SABOL, 2008).

A estimativa de custo é o processo de definir o custo para cada recurso envolvido na elaboração e execução de um projeto. Sakamori (2015) afirma que nessa fase são consideradas as variâncias que esses custos podem ter durante o ciclo de vida do projeto.

O PMBOK (2014) explica que com o andamento do projeto haverá mais detalhe disponível e assim a estimativa de custo fica mais refinada. Pois afirma que no início das estimativas a precisão varia muito em relação ao custo final do projeto o que não ocorre ao final das etapas de desenvolvimento do projeto.

Da mesma forma que os objetivos com relação ao orçamento vão mudando com o andamento das etapas do empreendimento, um orçamento efetivo de custo é igualmente dependente do conjunto de informações disponíveis em cada uma dessas etapas. (MARCHIORI, 2009, p. 19).

Sakamori (2015) diz que há a necessidade de existir um sistema de classificação padronizado para as características da indústria AEC. Pois quanto menor a quantidade de erros no processo de orçamentação melhor serão as tomadas de decisões dentro da criação do projeto.

#### *2.3.2 Controle de Custos*

Com a constante evolução e desenvolvimento das empresas, a gestão estratégica e eficiente de custos se faz necessária para atender às principais demandas econômicas do mercado. Uma gestão inteligente permite a definição do melhor caminho a ser seguido para que tudo saia conforme o planejado,

monitorando o andamento do empreendimento e avaliando suas particularidades quanto à prazos e custos finais. (KERN, 2005).

A gestão de custos tem como principal característica a tomada de decisões voltada para o futuro da empresa, uma vez tomado conhecimento dos problemas e questões pertencentes aos diversos âmbitos da organização. Também, uma boa gestão de custos objetiva fornecer informações a respeito do rendimento e desempenho das atividades da empresa além de auxiliar o controle, desenvolvimento e planejamento destas e fornecer informações cruciais para gerar informações que apoiem a tomada de decisões. (BOSSI, 2010; LEITE, 2016).

Nesse contexto, percebe-se a importância do orçamento da obra, um subproduto da gestão de custos, que está diretamente ligado à qualidade do projeto que o originou, onde a execução daquilo que foi previamente estabelecido no papel torne-se possível através de um bom planejamento orçamentário. (SIENGE, 2016). Quanto mais elaborado for um orçamento, mais ele se aproximará do custo real.

A gestão de custos abrange, segundo o PMBOK (2014), os seguintes processos caracterizados como:

- Planejar o gerenciamento dos custos: Estabelecer políticas, procedimentos e documentação para planejamento e controle de custos do projeto;
- Estimar os custos: Criar uma estimativa dos recursos necessários para a conclusão das atividades previstas no projeto;
- Determinar o orçamento: Estabelecer uma linha de base de custos através do agrupamento dos custos estimados das atividades;
- Controlar os custos: Monitorar as evoluções do projeto para a realização de alterações na linha de base de custos e atualizações orçamentárias.

O plano de gerenciamento de custos pode ser entendido como aquilo que descreve como deve ser elaborado e controlado o orçamento do projeto e a linha de base de custos é formada pelo orçamento já aprovado e informações complementares. (TRENTIM, 2015).

A partir de uma gestão de custos eficaz é possível identificar onde estão os gastos mais altos em cada produto ou serviço e também verificar se os

custos fixos ou variáveis estão elevados, para que sejam identificados pontos possíveis de redução desses custos sem prejudicar a qualidade do serviço. (BOSSI, 2010).

Custo pode ser definido como um valor gasto com bens e serviços para a produção de outros bens e serviços. Além disso, para que um evento seja caracterizado como um custo, deve haver também ocorrência de consumo, utilização ou transformação de um recurso econômico. (CABRAL, 2015).

Segundo Zanluza (s.d), entende-se como custo fixo, ou custo de estrutura, aquele que não sofre alteração de valor a partir da variação de produção, como por exemplo: limpeza, segurança, custos administrativos, etc. Já o custo variável, varia na mesma proporção do nível de produtividade e atividade, como por exemplo: matéria prima, água, energia, etc.

Leite (2016) cita como principais benefícios de uma gestão de custo eficaz:

- Diminuição dos riscos do negócio: Não se pode ter a garantia de que tendo um faturamento alto, a empresa terá um negócio saudável. É preciso ter os registros dos custos empresariais em dia para saber a realidade financeira;
- Precificação e competitividade: Para diminuir os custos de produção, é preciso dar atenção aos custos variáveis mas ficar atento à qualidade, uma vez que diminuir a produção não é sinônimo de aumento de receita;
- Alcance do ponto de equilíbrio: É alcançado quando a empresa consegue “se pagar”, quitando todos os custos fixos em um determinado período. Com isso, irá gerar lucros de forma mais rápida, uma vez que supérfluos e gastos desnecessários são cortados;
- Atingir a eficiência: Para cada ação dentro da empresa, determina-se uma determinada quantia de custo, nem mais nem menos. Sendo isso compreendido e aplicado dentro da empresa, atinge-se a eficiência.

### 2.3.2.1 Planejamento orçamentário

O processo de produção na construção civil além de envolver o consumo de recursos materiais e de mão de obra, abrange inúmeras atividades de apoio (transporte, marketing, vendas, manutenção, etc.) que indiretamente colaboram com o resultado final. Todos estes insumos e atividades implicam na necessidade de recursos financeiros aplicados, direta ou indiretamente, na produção (FILHO; ROCHA; SILVA, 2004). Para que o projeto, e sua materialização, seja viável é indispensável um adequado planejamento de custos e, além disso, um orçamento necessita ter credibilidade, e um planejamento eficaz abordará um roteiro de atividades para que seja atingido tal objetivo. (CARDOSO, 2009).

Para a execução de qualquer projeto é necessário que exista um planejamento – para definir o seu método de execução, uma programação – que definirá o cronograma de execução, e um controle – esse permitirá o acompanhamento e verificação do andamento do projeto. (KNOLSEISEN, 2003).

Formoso (1991, *apud* FILHO E ANDRADE, 2010) define planejamento como processo gerencial de tomada de decisão, onde estão envolvidos o estabelecimento de metas e a determinação de meios para atingi-las. Já para Goldman (2004), o planejamento técnico econômico da construção “busca canalizar o máximo de informações dos mais diversos setores da empresa, a fim de que o planejamento da obra leve em conta todos os detalhes pertinentes”. Entre os setores citados, encontram-se: arquitetura e projetos; engenharia e produção; jurídico; compras; contábil e setor financeiro.

Na construção civil, segundo Lantelme, Tzortzopoulos e Formoso (2001) costuma-se dividir o planejamento de custos em três níveis de prazo:

- Longo Prazo: geralmente semestral, com poucos detalhes e executado pela alta gerência da organização. Elabora-se um plano mestre, onde determinam-se os ritmos de execução dos principais processos. Bernardes (2001) acrescenta que a importância da participação da alta gerência ou do diretor técnico neste nível de planejamento deve-se pela necessidade de se avaliar se o planejamento é compatível com o fluxo de caixa previsto para a obra. Quando a programação de longo prazo é realizada para edifícios

altos onde há repetição de unidades, ele pode ser executado com auxílio da linha de balanço, pois esta é elaborada com base em variáveis como lotes de produção e tempo de ciclo; (HEINECK, 1996, *apud* ANGELIM, 2009);

- Médio Prazo: vinculações mensais do plano mestre com as operações, onde os serviços definidos a longo prazo são detalhados para que possam ser executados pelas equipes de trabalho. Segundo Coelho (2003) é durante este nível que o planejamento de longo prazo é atualizado com os dados reais de execução, devido a isto não é recomendado que seja muito detalhado o planejamento de longo prazo, pois este é desatualizado facilmente quando ocorre um atraso;
- Curto Prazo: ocorre em ciclos semanais, com a atribuição de mão de obra, equipamentos e ferramentas aos serviços pré-determinados no plano de médio prazo. Neste ciclo é possível a visualização dos problemas de produção que não permitiram o cumprimento das metas planejadas. (BERNARDES, 2001).

A ausência de um planejamento é uma das deficiências mais encontradas durante todo o tempo de execução de obras da AEC. O planejamento define as etapas e ordena as atividades a serem desenvolvidas numa sequência lógica de execução, procurando atingir o controle de qualidade e de desperdícios definidos além do cumprimento do cronograma de execução da obra. (KNOLSEISEN, 2003)

#### 2.3.2.2 Curva ABC

O princípio da classificação ABC ou ainda curva 80-20, amplamente aplicada a partir da segunda metade do século XX em diversas áreas e atividades, é atribuída ao economista italiano Vilfredo Pareto, que em 1987 realizou um estudo sobre a distribuição de renda e constatou que esta não era dividida uniformemente, havendo uma grande concentração de riqueza (aproximadamente 80%) em posse de uma pequena parcela da população (20%). (PEREIRA, 1999).

Segundo Mattos (2006) é de grande importância para orçamentistas e gestores de obras saber quais são os principais insumos, o total de cada um e sua representatividade dentro de um orçamento para que seja dedicado a estes uma maior atenção durante as cotações de preços e negociações.

Nakagawa (2001), por exemplo, vê o custeio baseado em atividades como uma metodologia criada para facilitar a análise estratégica de custos relacionados às atividades que mais consomem recursos de um empreendimento. (SAKAMORI, 2015).

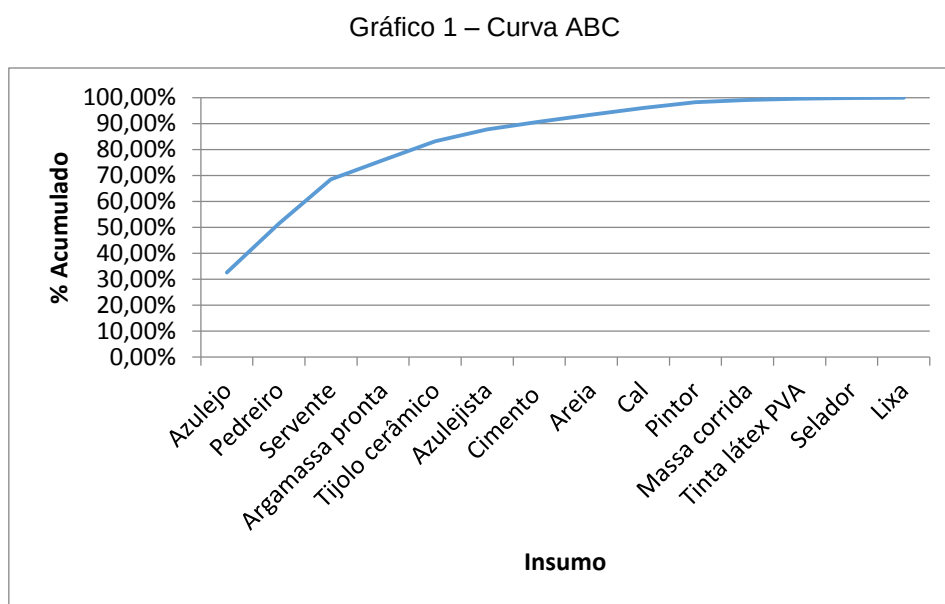
Esta classificação é possível a partir da utilização da curva ABC de insumos, onde todos os insumos necessários à conclusão de um projeto são listados em ordem decrescente com base no custo total de cada item. São acompanhados de sua participação percentual dentro do orçamento e também do percentual acumulado, pois esse parâmetro é capaz de demonstrar que grande parte do custo total do projeto se concentra em poucos insumos. Então é feita a classificação de faixa, podendo ser “A” agrupando os insumos que totalizam aproximadamente 50% do orçamento; “B” para os insumos englobados entre os percentuais de 50% e 80% e “C” abrangendo todos os insumos restantes. A Tabela 1 a seguir apresenta um exemplo de ordenação dos insumos de uma obra simples para composição da curva ABC. (MATTOS, 2006).

Tabela 1 – Ordenação de insumos para composição da curva ABC

| INSUMO           | UN             | CUSTO UNITÁRIO | QUANTIDADE TOTAL | CUSTO TOTAL | %       | % ACUMULADO | FAIXA |
|------------------|----------------|----------------|------------------|-------------|---------|-------------|-------|
| Azulejo          | m <sup>2</sup> | 16,00          | 176,00           | 2816,00     | 32,63%  | 32,63%      | A     |
| Pedreiro         | h              | 6,90           | 236,00           | 1628,40     | 18,87%  | 51,51%      |       |
| Servente         | h              | 4,20           | 350,00           | 1470,00     | 17,04%  | 68,54%      | B     |
| Argamassa pronta | Kg             | 0,90           | 704,00           | 633,60      | 7,34%   | 75,88%      |       |
| Tijolo cerâmico  | un             | 0,25           | 2500,00          | 625,00      | 7,24%   | 83,13%      |       |
| Azulejista       | h              | 6,90           | 57,60            | 397,44      | 4,61%   | 87,73%      | C     |
| Cimento          | Kg             | 0,20           | 1286,40          | 257,28      | 2,98%   | 90,71%      |       |
| Areia            | m <sup>3</sup> | 35,00          | 6,81             | 238,42      | 2,76%   | 93,48%      |       |
| Cal              | Kg             | 0,25           | 873,60           | 218,40      | 2,53%   | 96,01%      |       |
| Pintor           | h              | 6,90           | 28,00            | 193,20      | 2,24%   | 98,25%      |       |
| Massa corrida    | Kg             | 3,00           | 23,20            | 69,60       | 0,81%   | 99,05%      |       |
| Tinta látex PVA  | l              | 7,00           | 6,80             | 47,60       | 0,55%   | 99,61%      |       |
| Selador          | l              | 5,00           | 4,80             | 24,00       | 0,28%   | 99,88%      |       |
| Lixa             | Un             | 0,50           | 20,00            | 10,00       | 0,12%   | 100,00%     |       |
| TOTAL            |                |                |                  | 8628,94     | 100,00% |             |       |

Fonte: MATTOS (2006).

Tendo os insumos e seus respectivos dados ordenados, pode-se plotar a curva ABC resultante. Simões e Ribeiro (2007) explicam que a construção do gráfico se dá por um eixo cartesiano onde a abscissa (eixo x) registra os insumos da obra e a ordenada (eixo y) registra a soma dos valores de consumo acumulado. Portanto, tendo os dados expostos na Tabela 1, pode-se visualizá-los no Gráfico 1 a seguir:



Fonte: MATTOS (2006).

A curva ABC, dentre as várias possibilidades de utilização e interpretação, destaca-se por além de possibilitar uma hierarquização dos insumos e serviços, ser capaz de demonstrar quais itens devem ter prioridade de negociação. Pois um desconto pequeno nos itens englobados na faixa A pode representar uma maior economia quando comparada a um grande desconto em itens da faixa C, por exemplo. (FARIA, VENTURI, 2011).

Ainda Faria e Venturi (2011) afirmam que a curva ABC também pode ser utilizada para a atribuição de responsabilidades. A contratação dos principais serviços e insumos deve ser acompanhada ativamente pelo gerente da obra na busca de um maior barateamento visando que estes geram maiores impactos, enquanto que outras contratações menos impactantes podem ser realizadas por outras pessoas com menos capacitação.

Sakamori (2015) afirma que por otimizar a utilização dos recursos é uma forma sistemática de acompanhar os negócios que busca sustentar o crescimento e manter a rentabilidade.

### 2.3.2.3 Curva de agregação acumulada

A curva de agregação acumulada é também chamada de curva S, como é popularmente conhecida, trata-se de uma ferramenta que permite a visualização gráfica da evolução da utilização de um ou mais recursos em um projeto a partir da representação dos gastos acumulados percentualmente ou em unidades monetárias (eixo das ordenadas, y) em determinados períodos de tempo (eixo das abscissas, x). (BRESSIANE, ROMAN e HEINECK, 2010). O Gráfico 2 a seguir apresenta um exemplo de curva S.

Gráfico 2 – Curva S



Fonte: Zoppa (s.d).

Quando comparada a sua linha de base, a curva S pode ser utilizada no acompanhamento do andamento do projeto, indicando se as evoluções estão de acordo ou não com o planejado. Para tanto a linha de base ou curva S dos valores previstos ou planejados, estabelecida a partir dos avanços físico/financeiros previstos para cada medição no cronograma, é comparada a curva S de avanço real, criada a partir de medições periódicas durante o andamento do projeto. (ZOPPA, s.d).

Apesar de ser considerada uma boa ferramenta de acompanhamento, essa comparação deve ser realizada com bastante cautela segundo Zoppa (s.d) e corroborada por outros métodos que validem as informações e as tomadas de decisões, pois algumas vezes a curva S pode ser mascarada por avanços além do previsto em atividades que não fazem parte do caminho crítico, mas que quando somadas e apresentadas graficamente remetem que o

projeto, no geral, está adiantado ou no prazo quando na verdade ele está atrasado ao que tangem as atividades do seu caminho crítico.

Apesar do alerta indicado pelo autor anterior, Vasconcelos (2012) cita como principais vantagens de se utilizar a curva S a possibilidade de identificação de desvios de custo ou prazo; eficácia na demonstração e administração de tendências de atrasos ou adiantamentos; melhoria nas tomadas de decisão abrangendo escritórios de projetos e executivos; realização de contenções no projeto visando a eficácia no cumprimento de seus objetivos; e ainda que a curva é a principal ferramenta que possibilita o acompanhamento de todas as fases englobadas nos projetos.

#### *2.3.2.4 Linha de balanço*

A técnica da linha de balanço estabelece o conceito de repetição de tarefas, ou seja, as tarefas são realizadas diversas vezes ao longo de uma unidade de repetição. Por exemplo, a execução de revestimento em paredes é realizada inúmeras vezes ao longo dos pavimentos da edificação, dependendo do ritmo da equipe que está executando o serviço. A representação da linha de balanço é feita através de um gráfico espaço x tempo, tornando sua visualização facilitada e indicando quando a tarefa será executada na unidade analisada. (JUNQUEIRA, 2006).

A linha de balanço origina-se do gráfico de Gantt, porém, no eixo vertical tem-se o espaço, por exemplo os pavimentos de um edifício e não as atividades ou fases da obra. E cada barra no eixo vertical com inclinação inserida no gráfico representa uma fase ou atividade da obra, mostrando o ritmo com que essa atividade avança pelos pavimentos. (HERNANDES, 2002). Essa estrutura pode ser observada na Figura 8.

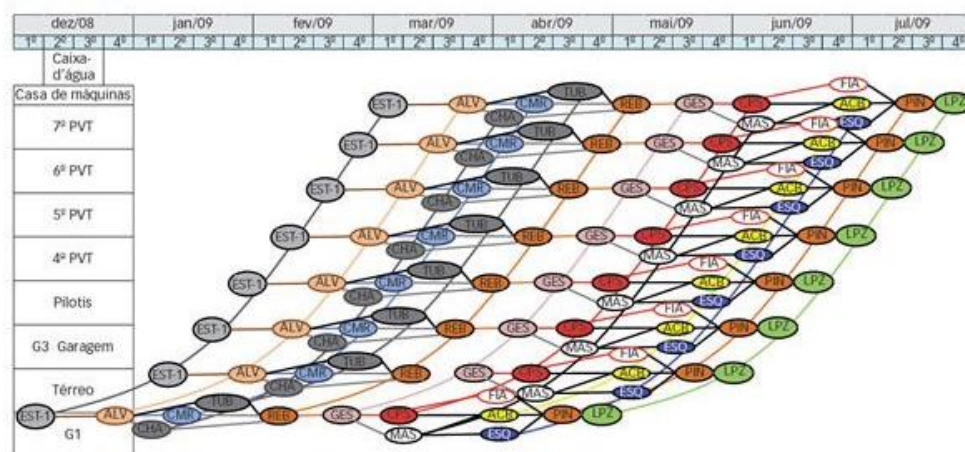


Figura 8 - Linha de balanço

Fonte: PINI Construção Mercado – Gerenciamento com Diagrama de Rede (2012).

Os princípios da linha de balanço segundo Maziero (1990) podem ser descritos como sendo:

- Determinar uma razão de produção, baseada na relação entre o número de unidades que serão construídas e o tempo de construção delas;
- Manter o ritmo de trabalho constante;
- Manter a movimentação de mão-de-obra e equipamentos;
- Tirar os benefícios da repetitividade do trabalho.

Utilizando-se da ideia da linha de balanço no planejamento, as atividades seguem ritmos de produção definidos, tornando a produção balanceada. Através desse balanceamento da produção, é possível definir quantas unidades estarão concluídas em um certo período de tempo. Isso permite que sejam feitos estudos de reaproveitamento de equipes e análises de reprogramação para minimizar os estoques e ter melhores possibilidades de implantação do trabalho em grupo. (JUNQUEIRA, 2006).

Mutti (2005) também fala que através dela pode-se determinar:

- Atividades ou processos que estão abaixo do desejado e requerem um ritmo mais acelerado para atingir as quantidades de produção planejadas;
- Atividades ou processos que estão adiantados e que podem resultar em ritmos operacionais desnecessários;
- Desvios de entrega de materiais que possam interferir na produção;

- Materiais que estão sendo entregues em excesso e que podem causar manuseio adicional ou requerer mais espaço para armazenagem.

#### 2.3.2.5 Estudo do Valor Agregado

Segundo o PMBOK (2014) o estudo do valor agregado (EVA) é um método que mede o desempenho de um projeto. Tem a finalidade de auxiliar os *stakeholders* a tomar decisões com base no progresso que o mesmo está tendo. Utiliza várias fontes de dados, entre elas o escopo, os custos e o cronograma.

Valor agregado é a avaliação entre o que foi obtido em relação ao que foi realmente gasto e ao que se planejava gastar, propondo-se que o valor a ser agregado inicialmente por uma atividade é o valor orçado para ela. Na medida em que cada atividade ou tarefa de um projeto é realizada, o valor inicialmente orçado para a atividade passa, agora, a constituir o valor agregado do projeto. (VARGAS, 2004)

Para explicar o método, Vargas (2004) e Sakamori (2015) dentro outros autores, descrevem os três elementos principais para a avaliação do EVA, assim temos que:

- Valor planejado (VP): É o valor orçado no início do projeto que foi aprovado para a sua execução;
- Valor agregado (VA): É o valor do orçamento inicial correspondente ao trabalho concluído até o momento da avaliação, ou seja, é o valor da parcela do orçamento que deveria ser gasta, considerando o trabalho realizado até o momento;
- Custo real (CR): É o valor realmente gasto para concluir as atividades até o momento da avaliação.

Tendo esses parâmetros definidos são feitas correlações entre os valores encontrados para cada um deles. Apenas depois dos indicadores e índices serem calculados é feita a análise dos resultados obtidos. Alguns desses valores são:

- Variação de prazo ( $V_p$ );
- Variação de custo ( $V_c$ );
- Índice de desempenho de prazo (IDP);

- Índice de desempenho de custo (IDC);

A variação de prazo é determinada pela subtração de VA por VP e verifica o andamento do projeto em relação ao tempo planejado. A variação de custo é determinada pela subtração de VA por CR e verifica a relação entre o desempenho físico, ou seja, o que foi realmente executado e o custo real que foi gasto para isso.

O IDP é determinado pela divisão do VA pelo VP. Esse índice quando igual a 1 indica que o valor planejado foi integralmente agregado ao projeto. Quando menor que 1 indica que o projeto está sendo realizado a um ritmo menor que o previsto, ou seja, deve estar atrasado. E quando é maior que 1 indica que o projeto está agregando mais resultado que o previsto, ou seja, deve estar adiantado.

Já o IDC é determinado pela divisão do VA pelo CR. Esse índice quando igual a 1 indica que o valor que foi gasto foi totalmente integrado ao projeto, estando dentro do orçamento. Quando menor que 1 indica que o projeto gastou mais que o previsto até o momento da medição. E quando é maior que 1 indica que o projeto gastou menos que o previsto até o momento da medição.

## 2.4 CONTROLE DE MATERIAIS E ESTOQUE

É importante também, além da estimativa do custo global da obra, a gestão dos materiais empregados. Uma boa gestão e planejamento de estoque permite, dentre diversos fatores, a redução de gastos não previstos por utilização demasiada de algum material, que visa manter o valor estimado dentro do previsto inicialmente além da não redução dos lucros do empreendimento.

De acordo com Szajubok, Alencar e Almeida (2006) um bom sistema de gerência visa assegurar os locais corretos de cada material, obter melhor custo de compra de material e baixo custo de transporte, segurança e armazenagem dentro do canteiro e reduzir o excesso de materiais.

Um estoque bem planejado, de acordo com Ballou (1993), objetiva:

- Melhorar o nível de serviço;
- Incentivar economias na produção;

- Permitir economia de escala na compra e transporte;
- Agir como escudo contra o aumento de preços;
- Proteger a empresa de incertezas na demanda e no tempo de ressuprimentos;
- Servir como segurança contra contingências.

O mau planejamento quanto à localização do estoque dos materiais, reduz a produtividade dos funcionários da obra, uma vez que é necessário um deslocamento longo, levando mais tempo do que o necessário. Consequentemente, com uma produtividade abaixo da esperada, o tempo e custo da obra aumentam. Além disso, a presença de materiais em locais impróprios pode causar acidentes de trabalho, trazendo prejuízos tanto ao empregado quanto ao empregador. (TORANZO, 2016).

Existem diversos tipos de estoque que podem ser adotados por uma empresa, como por exemplo estoque em trânsito, mínimo, consignado, antecipação, proteção, etc. No âmbito da construção civil, o tipo de estoque mais utilizado é o estoque de proteção, pois devido ao tempo que leva entre o pedido do material ser feito até a sua entrega, é necessário que se tenha produto estocado, para que a obra não precise parar até a chegada do material solicitado, interrompendo o processo construtivo. (SZAJUBOK; ALENCAR; ALMEIDA, 2006).

Para a organização de um bom planejamento em obra e obtenção de bons resultados, segundo Bezerra (2017), os gestores devem fazer as seguintes indagações, antes e durante o período construtivo:

- Quais os tipos e as quantidades de insumos que serão utilizados na obra?
- Quando esses materiais serão recebidos? Quantas vezes isso ocorrerá?
- Qual será a sua frequência de uso?
- Onde e quando serão usados?
- Onde e como serão armazenados?
- Quais funcionários serão responsáveis por seu manuseio? Quais equipamentos e ferramentas serão utilizadas nesse processo?

### 3 ESTUDO DE CASO

Para atingir os objetivos propostos pelo trabalho, desenvolveu-se um planejamento com a sequência de atividades a serem executadas. A pesquisa foi estruturada em cinco etapas, conforme ilustra o organograma da Figura 9.

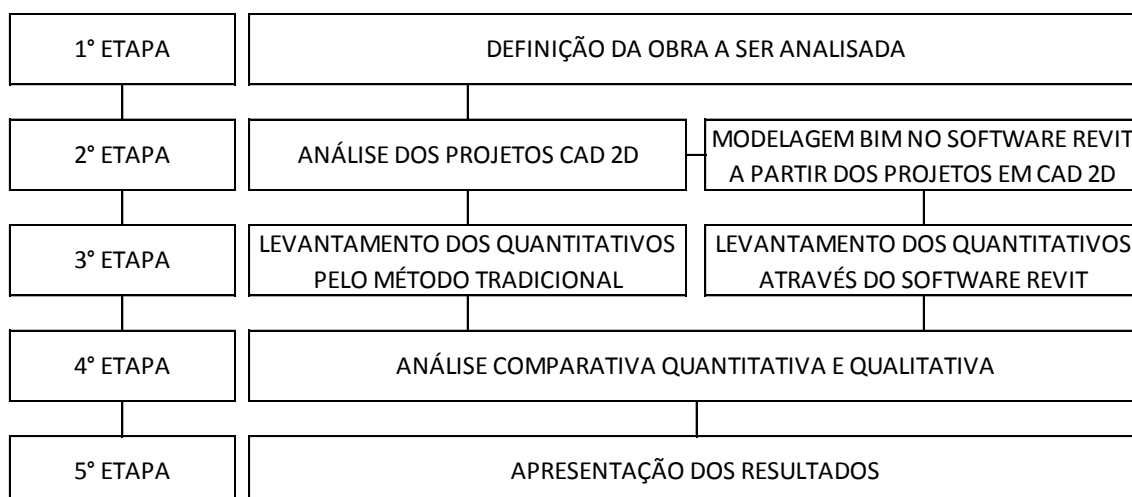


Figura 9 - Etapas da pesquisa  
Fonte: Os autores (2018).

O modelo de empreendimento analisado, trata-se de uma residência unifamiliar participante do programa habitacional Minha Casa Minha Vida, construída na região de Fazenda Rio Grande – Paraná.

São casas geminadas de 42 m<sup>2</sup> cada, compostas de 2 quartos, 1 banheiro, 1 sala e 1 cozinha. Foi analisado para o estudo o conjunto de duas casas geminadas.

A edificação é de estrutura em concreto armado, com fundação do tipo *radier* e vedação em alvenaria. As paredes são chapiscadas, emboçadas e rebocadas. Internamente recebem acabamento com tinta látex PVA nas áreas secas e azulejo cerâmico nas áreas molhadas. O forro é de gesso acabado com tinta látex PVA. A cobertura do telhado é feita em telhas cerâmicas e o madeiramento do telhado é tipo Pinus. Os banheiros, cozinha e área de serviço tem revestimento em azulejo e o piso cerâmico é instalado em toda a residência. Externamente recebem acabamento com textura.

A Figura 10 mostra o conjunto das casas geminadas que foi construído pela construtora parceira ao trabalho. São 5 casas geminadas que possuem a mesma distribuição dos cômodos totalizando 42 m<sup>2</sup> cada.



Figura 10 – Residências analisadas  
Fonte: Os autores (2018).

A Figura 11 mostra apenas uma das unidades de casa que compõem o conjunto de cinco conforme observado anteriormente.



Figura 11 – Entrada da Residência  
Fonte: Os Autores (2018).

A Figura 12 é a planta baixa da casa de 42 m<sup>2</sup> construída pela construtora. Inicialmente foi realizada a análise do projeto arquitetônico na plataforma CAD 2D, sendo o conjunto estudado de duas casas geminadas.

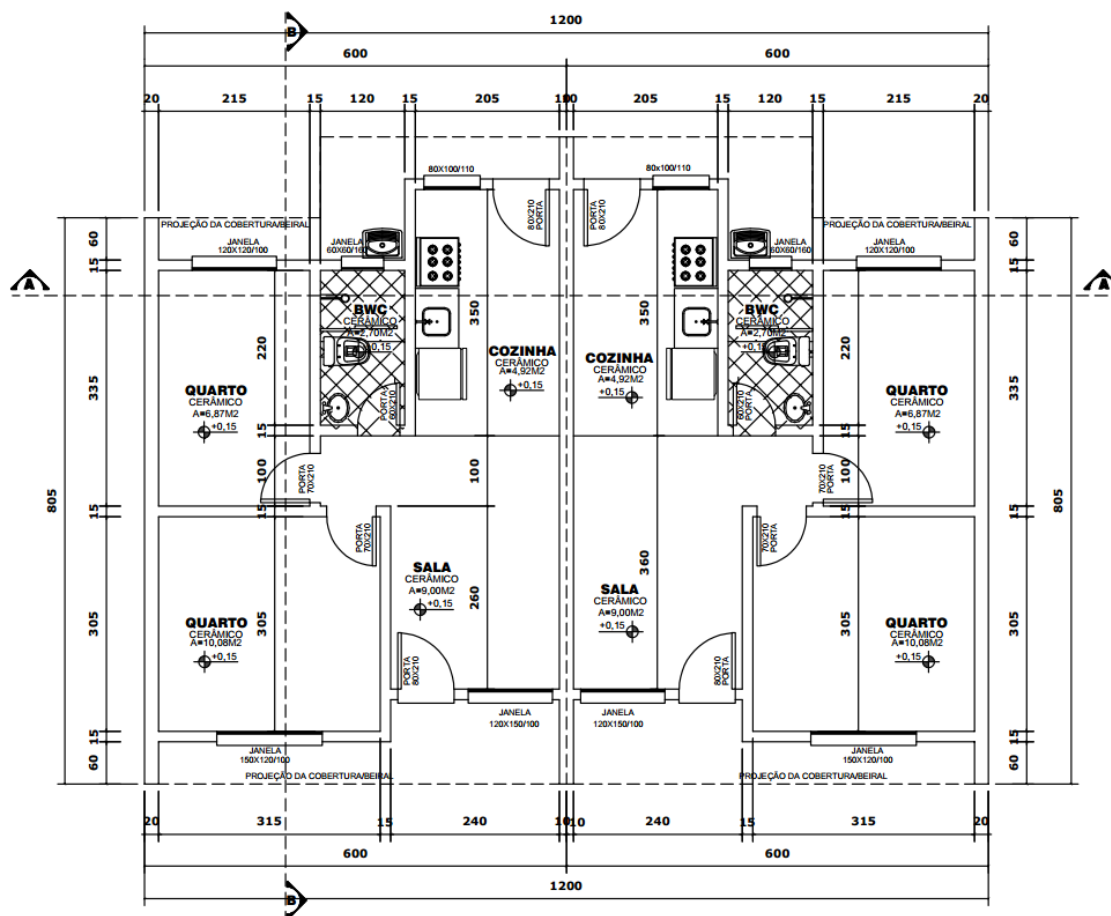


Figura 12 - Planta em CAD 2D  
Fonte: Os autores (2018).

Após a análise do projeto da unidade estudada foi iniciado o desenvolvimento do modelo arquitetônico BIM no *software* Revit 2016. A planta do projeto em CAD 2D foi importada para o Revit e serviu como base para a modelagem.

Foram inseridas no modelo as paredes, sendo a estrutura desse objeto a camada de alvenaria e de acabamentos, respeitando os revestimentos de cada cômodo da casa.

Os pisos, estrutura de concreto (pilares, vigas, lajes e fundação do tipo *radier*), esquadrias e portas foram inseridos na sequência. Posteriormente, a cobertura do telhado e o madeiramento foram inseridos, finalizando o modelo.

A Figura 13 apresenta a vista frontal de duas casas geminadas sendo a entrada da residência. A imagem foi gerada do modelo feito pelos autores com o *software* Revit.



Figura 13 - Vista Frontal  
Fonte: Os autores (2018).

Do mesmo modelo feito pelos autores no *software* Revit foi gerada a Figura 14, apresentando a perspectiva da parte dos fundos das duas casas geminadas que foram modeladas para a análise do trabalho.



Figura 14 - Vista Posterior  
Fonte: Os autores (2018).

A Figura 15 é uma representação no formato “caixa de corte” do modelo, uma situação possível de ser criada no *software* Revit que possibilita ver o interior da residência com seus ambientes e acabamentos. No processo de modelagem pode-se mobiliar os ambientes, mas para fins deste estudo não seria necessário por conta disso os ambientes apresentam-se vazios.



Figura 15 - Caixa de corte  
Fonte: Os autores (2018).

Uma vez concluída a modelagem, com cada classe de objeto com sua estrutura pré-definida e com suas propriedades atribuídas previamente, as tabelas de quantitativo foram geradas no Revit de acordo com cada grupo de componente criado para a modelagem, como pode ser observado na tabela 2, que exemplifica o levantamento relacionado aos materiais das paredes.

Todas as paredes do modelo criado no *software* Revit foram criadas como um objeto paramétrico, que possui previamente definida sua estrutura com os materiais constituintes dela, ou seja, todas as paredes possuem em seus dados a espessura do bloco de alvenaria, a espessura do chapisco, emboço e reboco que serão aplicados na sequência, assim como as camadas de acabamento de selador e tinta por exemplo.

Para cada parede de ambiente com espessura de parede diferente ou acabamento diferente dos objetos criados anteriormente foi criado um modelo

específico para serem diferenciadas. A Tabela 2 a seguir conforme citado anteriormente faz de forma automática a relação de quantitativo de serviços necessários para a construção de todas as paredes do empreendimento, pois mesmo que diferentes elas formam uma mesma família de objeto.

Tabela 2 – Exemplo de tabela de paredes extraída do Revit

| <TCC - Paredes>                          |                    |
|------------------------------------------|--------------------|
| A                                        | B                  |
| Material: Nome                           | Material: Área     |
| Alvenaria Cerâmica Externa de 11,5x19x29 | 66 m <sup>2</sup>  |
| Alvenaria Cerâmica Interna de 9x19x29    | 175 m <sup>2</sup> |
| Azulejo de Parede                        | 64 m <sup>2</sup>  |
| Emboço Externo 2.5                       | 53 m <sup>2</sup>  |
| Emboço Externo 2cm                       | 28 m <sup>2</sup>  |
| Emboço Externo 3cm                       | 42 m <sup>2</sup>  |
| Emboço Externo 4cm                       | 37 m <sup>2</sup>  |
| Emboço Interno 2.5cm                     | 164 m <sup>2</sup> |
| Emboço Interno 2cm                       | 50 m <sup>2</sup>  |
| Emboço Interno 3cm                       | 37 m <sup>2</sup>  |
| Massa Látex PVA                          | 190 m <sup>2</sup> |
| Pintura Branca Interna                   | 190 m <sup>2</sup> |
| Textura Externa                          | 157 m <sup>2</sup> |

Fonte: Os autores (2018).

Com a finalidade de simplificar a modelagem da edificação no *software* Revit e também a análise quantitativa, no presente estudo comparativo foram quantificados os seguintes elementos: alvenaria (m<sup>2</sup>), telhas (m<sup>2</sup>), azulejos e piso cerâmico (m<sup>2</sup>), textura externa (m<sup>2</sup>), massa corrida (m<sup>2</sup>), pintura látex (m<sup>2</sup>) e concreto para a laje (m<sup>3</sup>).

A fim de comparar com maior exatidão o quantitativo, os itens analisados foram calculados pelos autores pela forma convencional, manual, a partir do projeto em CAD 2D. Portanto o trabalho tem como base comparativa três levantamentos quantitativos finais: o orçamento disponibilizado pela construtora, o quantitativo fornecido pela modelagem no *software* Revit e o cálculo do orçamento de forma manual via CAD 2D.

#### 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a obtenção dos quantitativos através do método convencional e da extração a partir do software Revit iniciou-se a análise dos resultados. Essa análise feita é quantitativa e qualitativa, ou seja, os dados quantitativos são os valores numéricos resultantes dos levantamentos e os dados qualitativos são as comparações dos processos utilizados de levantamento de dados.

A Tabela 3 a seguir apresenta os quantitativos gerados pelos três métodos estudados.

Tabela 3 - Quantitativos obtidos através da orçamentação da construtora, Revit e convencional

| SERVIÇO                                    | CONSTRUTORA | REVIT | CONVENCIONAL |
|--------------------------------------------|-------------|-------|--------------|
| Alvenaria (m <sup>2</sup> )                | 230         | 241   | 240,65       |
| Telhas (m <sup>2</sup> )                   | 113,82      | 112   | 106,78       |
| Azulejos + Piso Cerâmico (m <sup>2</sup> ) | 150         | 136   | 138,58       |
| Textura Externa (m <sup>2</sup> )          | 160         | 157   | 163,33       |
| Massa Corrida (m <sup>2</sup> )            | 306         | 272   | 278,43       |
| Pintura Látex (m <sup>2</sup> )            | 330         | 272   | 278,43       |
| Concreto para laje (m <sup>3</sup> )       | 8           | 10,47 | 10,47        |

FONTE: Os autores (2018).

Para melhor compreender as diferenças apresentadas pelos quantitativos foram elaborados os orçamentos com base nos quantitativos apresentados na Tabela 3 e nos custos unitários base utilizados na planilha de orçamento da construtora na época em que a obra foi executada. Esses orçamentos estão apresentados no anexo I do presente trabalho.

Pode-se perceber que a maior diferença (R\$458,95) entre os orçamentos foi entre o orçamento com base nos dados do Revit e o com base nos dados da construtora, o que representa aproximadamente 5% do orçamento. Considerando que o orçamento avaliado abrange apenas 7 componentes necessários a edificação esse percentual se apresenta elevado.

A Tabela 4 na sequencia demonstra a variação percentual entre os métodos analisados no estudo, sendo entre o levantamento quantitativo da construtora com o extraído do Revit; entre o convencional feito pelos autores e o extraído do Revit e por último entre o levantamento da construtora e o levantamento convencional dos autores.

Tabela 4 - Variação entre métodos de levantamento

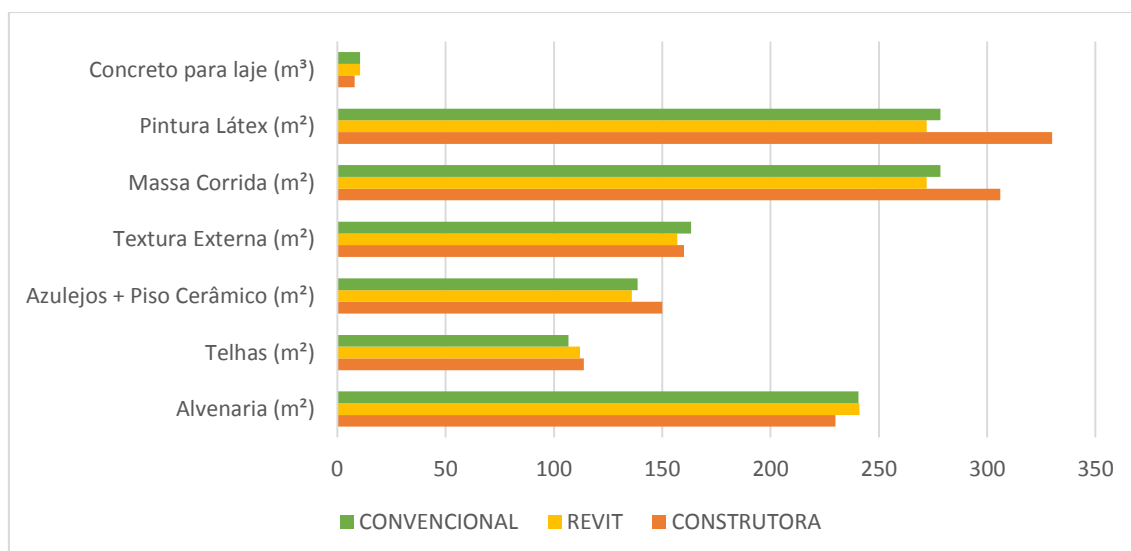
| SERVIÇO                                    | $\Delta$<br>Construtora/Revit | $\Delta$<br>Convencional/Revit | $\Delta$<br>Construtora/Convencional |
|--------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Alvenaria (m <sup>2</sup> )                | -4,56%                        | -0,15%                         | -4,43%                               |
| Telhas (m <sup>2</sup> )                   | 1,62%                         | -4,66%                         | 6,59%                                |
| Azulejos + Piso Cerâmico (m <sup>2</sup> ) | 10,29%                        | 1,89%                          | 8,24%                                |
| Textura Externa (m <sup>2</sup> )          | 1,91%                         | 4,03%                          | -2,04%                               |
| Massa Corrida (m <sup>2</sup> )            | 12,50%                        | 2,36%                          | 9,90%                                |
| Pintura Látex (m <sup>2</sup> )            | 21,32%                        | 2,36%                          | 18,52%                               |
| Concreto para laje (m <sup>3</sup> )       | -23,59%                       | 0,00%                          | -23,59%                              |

FONTE: Os autores (2018).

A precisão dos levantamentos fica explícita nos dados apresentados. Observa-se que o levantamento convencional, manual, gera valores diferentes do modelo BIM. Esse levantamento pode apresentar falhas humanas de quantificação que podem ser propagadas, como por exemplo, a quantidade levantada de alvenaria pode ser usada para calcular as quantidades de revestimento e pintura necessárias. Se a alvenaria foi quantificada de forma errada, consequentemente o que derivar desse valor estará falho também.

O Gráfico 3 apresenta um comparativo item a item entre o quantitativo manual fornecido pela construtora, o manual executado de forma convencional e o extraído pelo *software* Revit.

Gráfico 3 - Comparativo entre quantitativos extraídos pela orçamentação manual e pelo Revit



FONTE: Os autores (2018).

A partir de uma análise simplificada pode-se perceber que os valores encontrados no Revit e no cálculo convencional do quantitativo feito pelos

autores se aproximam em quase todos os itens, tendo como maior discrepância o quantitativo de telhas, com  $\Delta = 4,66\%$  em módulo. A diferença pode ter sido ocasionada por falha humana no momento do levantamento, uma vez que os valores encontrados no Revit e no orçamento fornecido pela construtora possuem um  $\Delta$  de apenas 1,62%. A menor diferença está no concreto para a laje, onde os valores se equipararam, gerando um  $\Delta = 0$ .

Já na comparação do quantitativo feito pela construtora e o extraído do Revit o item com maior discrepância entre os resultados é o concreto para a laje, apresentando uma variação percentual em módulo de 23,59%. Tal diferença pode ser atribuída, por exemplo, a alguma área desconsiderada durante o levantamento manual de quantidades, erro da espessura considerada para cálculo do concreto, etc. Considerando que a estrutura é uma das partes mais caras de uma obra, a variação citada pode ser responsável por um significativo impacto nos custos do empreendimento e por isso merece atenção especial. Pois se não for corretamente calculado, causará um grande custo a mais do que foi previsto, diminuindo a margem de lucro de um eventual investidor ou ocasionando complicações financeiras para o construtor.

Ainda comparando o quantitativo da construtora e o do Revit ao contrário do concreto para a laje, o item com menor diferença entre os quantitativos foram as telhas, isto pode ser devido a simplicidade da arquitetura do telhado do modelo estudado, que não apresenta muitos recortes.

Apesar de não apresentar a maior variação, a pintura látex também exibiu uma diferença considerável de 21,32%. A incorreta quantificação deste pode ser responsável por desperdícios e também problemas ambientais. Segundo a Resolução nº307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), as tintas, solventes, óleos, etc, estão enquadrados na classe D como resíduos perigosos oriundos do processo de construção e estes, por sua vez, devem ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidades com as normas técnicas específicas. Este tipo de resíduo, por exigir maiores cuidados, são responsáveis também por maiores custos de destinação final, o que também corrobora com a importância de uma quantificação mais exata.

Comparando o quantitativo da construtora com o convencional feito pelos autores, a menor diferença se deu no quantitativo das telhas, com um  $\Delta$

= 2,04% em módulo, enquanto a maior pode ser verificada no concreto para laje,  $\Delta = 23,59\%$  em módulo, pela mesma razão da diferença encontrada na comparação do quantitativo da construtora com o extraído do Revit.

Após todas as considerações explanadas e levando-se em conta que os valores extraídos pelo Revit se aproximaram do quantitativo levantado pela equipe, pode-se afirmar que este é um método de análise seguro.

Ambos os métodos apresentaram qualidades e defeitos durante a pesquisa. O processo de orçamento manual apresentou-se mais fácil de executar considerando que não exige o conhecimento de ferramentas avançadas de tecnologia da informação como o software Revit, mas é um processo mais lento e oneroso de se executar pois todos os elementos quantificados devem ser medidos individualmente e seus valores transferidos a outro *software* manualmente, surgindo neste momento a possibilidade da transcrição de dados erroneamente. A modelagem BIM, apesar de precisar de *softwares* de cara aquisição e também de uma mão de obra mais especializada e consequentemente, mais cara, gera quantitativos de forma instantânea, até mesmo quando há alterações nos projetos, enquanto que a forma convencional necessita de tempo e esforço adicional para reanalisar todas as pranchas do projeto e refazer o trabalho.

A partir das características apresentadas dos dois métodos de orçamentação, acredita-se que estes se apresentam viáveis para diferentes portes de obras. As de grande porte e com dificuldades construtivas mais elevadas tornam o custo da modelagem BIM menos relevante no custo global, fazendo com que esta se torne mais atrativa que a orçamentação manual e que também se apresente mais útil no decorrer da obra, pois irá auxiliar durante toda a construção evitando interferências e custos desnecessários com retrabalhos, etc. Já em obras de pequeno porte, onde o orçamento é reduzido, dificilmente o custo da modelagem passará despercebido no orçamento, fazendo com que muitas vezes o orçamento manual seja a melhor opção.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A etapa da orçamentação de um empreendimento é extremamente importante, pois estamos inseridos em um mercado competitivo e assim um eventual erro no orçamento pode gerar grandes riscos para as empresas envolvidas no projeto até inviabilizar o empreendimento em questão.

O objetivo do trabalho foi comparar os métodos de obtenção de quantitativos manual e a partir de um modelo BIM para a elaboração de orçamentos para então conseguir qualificar cada um.

Foi observado que podem existir grandes diferenças entre os quantitativos elaborados por meio do método convencional e extraídos por meio da modelagem BIM. Pois o método tradicional depende da interpretação e anotação manual das informações obtidas de uma planta 2D, o que pode frequentemente ser vítima de erros humanos. E como muitos insumos de uma planilha de orçamento estão inter-relacionados, pode-se ainda propagar um erro eventual de digitação por toda a planilha, gerando erros subsequentes.

A metodologia que utiliza o modelo BIM gera quantitativos exatos por ser um processo automático do software. Mas cabe ressaltar que os quantitativos gerados são decorrentes do modelo que foi elaborado, portanto se a modelagem for falha a relação de quantitativo não será fiel a realidade, mas se a modelagem foi feita corretamente o quantitativo será exato.

Outra vantagem em utilizar a metodologia BIM é a velocidade no processo de quantificação. Pois o software faz de forma rápida por ser automático o que um orçamentista levaria muito mais tempo analisando diversas plantas, e mensurando item por item dos projetos. Além de que quando um projeto é alterado no método convencional o orçamentista deve reanalisar todas as pranchas para alterar os quantitativos o que no modelo BIM acontece de forma automática.

Mas para se elaborar um modelo completamente fiel ao que será construído é necessário utilizar softwares que deem suporte a todos os itens projetados. E isso é um ponto de desvantagem da metodologia BIM, pois nem sempre o projetista tem disponível ou domina os softwares necessários.

Ainda hoje o custo para se ter um software de modelagem BIM é alto, sendo aproximadamente de R\$5.000,00/ano. Por conta disso muitos projetistas

que trabalham com pequenos empreendimentos como o analisado nesse trabalho não aderiram ainda a utilização dessa metodologia mesmo sabendo que a metodologia BIM apresenta muitas vantagens sobre a metodologia de orçamentação convencional, dentre elas a precisão dos dados e a velocidade de quantificação. Mas como toda tecnologia, se espera que no futuro seu custo seja mais acessível e assim torne-se mais utilizado para que exista no mercado modelos bem elaborados na plataforma BIM.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se abaixo algumas proposições para novos trabalhos relacionados ao presente estudo:

- Comparar os quantitativos feitos para a elaboração de orçamento com o que foi realmente utilizado na execução da obra;
- Analisar as diferenças de quantitativos utilizando um empreendimento de grande porte;
- Medir o tempo gasto para fazer os levantamentos quantitativos pelos diferentes métodos;
- Quantificar e caracterizar o perfil das empresas que utilizam a modelagem BIM em seus trabalhos;
- Analisar a modelagem de projetos complementares comparando o levantamento quantitativo pelos dois métodos.

## REFERÊNCIAS

- ADDOR, M. R. A; CASTANHO, M. D. A; CAMBIAGHI, H; DELATORRE, J. P. M; NARDELLI, E. S; OLIVEIRA, A. L. Colocando o “i” no BIM. **Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo**, v.4, p.104-115, 2010.
- ALDER, M. A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to onscreen takeoff for a quantity takeoff on a conceptual estimate**. 2006. Dissertação (Master of Science). School of Technology Brigham Young University, Provo, EUA, 2006.
- ANGELIM, V. L. **Planejamento e controle da produção de obra baseado nos princípios da construção enxuta**. 2009. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**. Informação e Documentação – Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12721**. Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSUMPÇÃO, J. F. P; FUGAZZA, A. E. C. **Execução de Orçamento por Módulos para Construção de Edifícios**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador, 2000.
- AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- AYRES FILHO, C; SCHEER, S. **Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico**. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2007, Curitiba. **Anais** Curitiba, 2007.
- AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM – Building information modeling da direção técnica de obras**. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2009.
- BAIA, D. V. S; MIRANDA, A. C. O; LUKE, W. G. **Uso de ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da construção civil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (CONBREPRO), 2014, PONTA GROSSA- PR; ENGENHARIAS NA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS, 2014.
- BALLOU, R. H. **Logística Empresarial: Transportes, Administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.
- BEBER, M; SCHEER, S; WILLE, S. A. C. **Uso da tecnologia da informação como auxiliadora da gestão da comunicação em escritórios de arquitetura**. In: III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2007. Porto Alegre, 2007.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção**. 2001. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BEZERRA, L. **Como Funciona o Controle de Estoque na Construção Civil?**. 2017. Disponível em:

<<http://blog.comprasdiretodefabrica.com.br/2017/02/15/como-funciona-o-controle-de-estoque-na-construcao-civil/>> Acesso em 29 de maio de 2017.

BOSSI, A. **A importância da Gestão de Custos na tomada de decisão**. 2010. Disponível em:

<<http://contabilidadecustouna.blogspot.com.br/2010/06/contabilidade-de-custos.html>>. Acesso em 09 de abril de 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, 17 de julho de 2002.

BRESSIANE, L; ROMAN, H. R; HEINECK. **Curvas de agregação de recursos: uma análise de situações reais em obras residenciais**. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 2010. CANELA, 2010.

CABRAL, J. G. D. **A Importância da Gestão de Custos em Empresa de Construção Civil**. 2015. Artigo Técnico – Instituto de Educação Tecnológica, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Tabela PIB Brasil e Construção Civil**. 2016. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

CARDOSO, R. S. Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a engenharia de custos. São Paulo: **PINI**, 2009.

CICHINELLI, G. Orçamentação com BIM. **Construção Mercado**, outubro, 2012. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/135/orcamentacao-com-bim-engenheiro-explica-as-vantagens-e-os-299649-1.aspx>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

COELHO, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. 2003. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COSTA, J. M; SERRA, S. M. B. **Comparação de processos de levantamento de quantitativos: tradicional e BIM**. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Maceió, p.2862-2871, nov. 2014. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.336>>. Acesso em 18 de junho de 2016.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. Dissertação (Mestrado). Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro, Ouro Preto, 2013.

EASTMAN, C; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. New Jersey: John Wiley and Sons, 2008.

FARIA, R. Construção integrada: novos softwares permitirão que todas as equipes de engenharia e arquitetura trabalhem no mesmo arquivo eletrônico. Conceito promete revolucionar segmento de projetos. **Téchne**, outubro, 2007.

Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/127/artigo286443-1.aspx>>. Acesso em: 12 de junho de 2016.

FARIA, R; VENTURINI, J. Curva ABC: tabela mostra quais são os itens que mais pesam no orçamento da obra. Dados ajudam na escolha de insumos, mão de obra e equipamentos. **Equipe de Obra**, maio, 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/36/curva-abc-tabela-mostra-quais-sao-os-itens-que-216021-1.aspx>>. Acesso em: 03 de maio de 2017.

FERREIRA, S. L. **Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa**. In: VII WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2007. Curitiba, 2007.

FILHO, A. G. N; ANDRADE, B. D. S. **Planejamento e controle em obras verticais**. UNAMA/ CCET. Belém, 2010.

FILHO, J. I. P; ROCHA, R. A; SILVA, L. M. **Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil para Gerenciamento de Custos**. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004. Florianópolis, 2004.

FLORIO, W. **Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura**. In: III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2007. Porto Alegre, 2007.

GIAMMUSSO, S. E. Orçamento e custos na construção civil. São Paulo: **PINI**, 181 p, 2. ed, 1991.

GOLDMAN, P. Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira. São Paulo: **PINI**, 4. ed, 2004.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras**. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 49 p. 2008.

GRILO, A; JARDIM-GONÇALVES, R. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. **Automation in Construction**, v.19, n.5, p.522-530, 2010.

HEINECK, L. F. M. **Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 1996. **Anais**. Florianópolis, 1996.

HERNANDES, F. S. **Análise da importância do planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras**. 2002. Dissertação (Mestrado). Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

INSTITUTO DE ENGENHARIA, **Norma técnica para elaboração de orçamento de obras de construção civil**, 2011. Disponível em: <<http://ie.org.br/site/ieadm/arquivos/arqnot7629.pdf>>. Acesso em 02 mai. 2017.

JACOSKI, C. A. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações: uma implementação com IFC/XML**. 2003. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

JUNIOR, E. C. T. A contribuição do building information modeling para a gestão de projetos. 2013. **Revista Especialize On-line IPOG**. Goiânia, 7 ed, n.7, vol.01/2014, Julho/2014.

JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para Redução dos Custos de Produção da Casa 1.0®**. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2006.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. 2005. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KERZNER, H. **Project Management – A systems approach to planning, scheduling, and controlling**. 2009. John Wiley & Sons, Inc. 10 ed, New Jersey, EUA. 2009.

KNOLSEISEN, P. C. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LANTELME, E. M. V; TZORTZOPOULOS, P; FORMOSO, C. T. **Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LAVAGNOLI, S. **Sustentabilidade e BIM – os temas badalados da arquitetura e construção**. 2013. Disponível em: <<http://bimbetter.blogspot.com.br/2013/08/sustentabilidade-e-bim-os-temas.html>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

LAUFER, A; TUCKER, R. L. **Is Construction Planning Really Doing its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. Construction Management and Economics**. Londres, 1987.

LEITE, M. **Gestão de custos: tudo que você precisa saber!**. 2016. Disponível em: <<http://www.artsoftsistemas.com.br/blog/gestao-de-custos-tudo-o-que-voce-precisa-saber>>. Acesso em 10 abr. 2017.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificação**. 2009. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARIA, M. M. **Tecnologia BIM na arquitetura**. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

MASOTTI, L. F. C. **Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil**. 2014. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MATTEI, P. L. R. **BIM e a informação no subsector de edificações da indústria da construção civil**. 2008. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MATTOS, A. D. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. São Paulo: Editora PINI, 2006.

MATOS, J. C. G de. **Implementação do BIM numa grande construtora francesa**. Universidade do Porto, 2014.

MAZIERO, L. T. P. **Aplicação do Conceito do Método da Linha de Balanço à Programação de Obras Repetitivas. Um Levantamento das Decisões Fundamentais para sua Aplicação**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

MENEZES, G. L. B. B. Breve histórico de implementação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v.18, n.22, 21º sem. 2011.

MENEZES, G. L. B. B. **BIM: um novo paradigma na academia e no mundo do trabalho**. In: VII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO (CONNEPI), 2012. Palmas, 2012.

MULLER, M. F. **A interoperabilidade entre sistemas CAD de projeto de estruturas de concreto armado baseada em arquivos IFC**. 2011. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MUTTI, C. N. **Planejamento e Controle da Construção**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

NASCIMENTO, L. A; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003.

OLIVEIRA, G. G. **Coordenação de projeto de obra de edificação: Proposta de ferramenta computacional para programação e controle do fluxo de informações com uso de sistema colaborativo**. 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

PEREIRA, M. **O uso da curva ABC nas empresas**. 1999.

PEREIRA, P. P. K. **Implementação do BIM no setor de planejamento e controle de uma construtora**. 2014. Monografia (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PISSARRA, N. M. M. **Utilização de plataformas colaborativas para o desenvolvimento de empreendimentos de engenharia civil**. 2010. Dissertação (Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

PMBOK. **PMI – Project Management Institute**. 2014. Disponível em: <[http://www.buscadaexcelencia.com.br/wp-content/uploads/2015/05/PMBOK\\_5a\\_Edicao\\_Portugues-BR.pdf](http://www.buscadaexcelencia.com.br/wp-content/uploads/2015/05/PMBOK_5a_Edicao_Portugues-BR.pdf)>. Acesso em 08 abr. 2017.

PMBOK. **PMI MG – Project Management Institute Brazil Minas Gerais Chapter**. 2000. Disponível em: <<http://www.jcoltro.com.br/project2000/pmbok.pdf>>. Acesso em 10 nov. 2017.

RIBEIRO, B. **BIM e Sustentabilidade, 2014**. Disponível em: <<https://prezi.com/no9cb-hs29ix/bim-e-sustentabilidade/>>. Acesso em: 11 de junho de 2016.

ROCHA, R. M. **Gerenciamento dos riscos – Uma abordagem de processos e práticas para aplicação junto às empreiteiras de obras públicas de infra-**

**estrutura urbana no município de São Paulo.** 2005. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SABOL, L. Challenges in cost estimating with building information modeling. **Design + Construction Strategies**, 2008. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ec82/52eeb9aadca36f7d385c6125fa20e96983b2.pdf>>. Acesso em: 28/08/2017.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM) – Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil.** 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SALIH, J. BIM and Sustainable Design. **Design News**, jan. 2013. Disponível em: <<http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/bim-and-sustainable-design>>. Acesso em: 12 de junho de 2016.

SANTOS, A. P. L; ANTUNES, C. E; BALBINOT, G. B. Levantamento de quantitativos de obras: Comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering (IJIE)**, Florianópolis, Santa Catarina, vol. 6, nº12, p. 134-155, 2014.

SANTOS, A. P. L; WITICOVSKI, L. C; GARCIA, L. E. M; SCHEER, S. A utilização do BIM em projetos de construção civil. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering (IJIE)**, Florianópolis, Santa Catarina, vol.1, nº 2, p. 24-42, dez. 2009. Disponível em: <[http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/171/pdf\\_49](http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/171/pdf_49)>. Acesso em 18 de junho de 2016.

SANTOS, J. A; CARVALHO, H. G. **Referencial Brasileiro de Competências em Gerenciamento de Projetos.** Curitiba, Brasil: Associação Brasileira de Gerenciamento de Projetos, 2006. 125p.

SIENGE. **Qual a importância da engenharia de custos na obra?**. 2016. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/engenharia-de-custos-qual-a-importancia/>>. Acesso em 10 abr. 2017.

SZAJUBOK, N. K; ALENCAR, L. H; ALMEIDA, A. T. **Modelo de Gerenciamento de Materiais na Construção Civil Utilizando Avaliação Multicritério.** Vol. 16, nº 2, São Paulo. maio/agosto, 2006.

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

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas.** Brasília, 2014.

TRENTIM, M. H. **Gerenciamento de Custos.** 2015. Disponível em: <<http://www.blog.mundopm.com.br/2013/08/29/gerenciamento-de-custos-parte-2/>>. Acesso em: 10 abr. de 2017.

TORANZO, B. **A Importância do Controle de Estoque na Construção Civil.** 2016. Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/a-importancia-do-controle-de-estoque-na-construcao-civil/>>. Acesso em 29 de maio de 2017.

VASCONCELOS, T. M. N. R. F. **Building information model – Avaliação do seu potencial como solução para os principais atrasos e desperdícios na**

**construção portuguesa.** 2010. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

VASCONCELOS, H. **Curva S no Microsoft Project (pt-BR).** Microsoft TechNet, 2012. Disponível em <http://social.technet.microsoft.com/wiki/contents/articles/10185.curva-s-no-microsoft-project-pt-br.aspx>. Acesso em 04 de maio de 2017.

VARGAS, R. V. Construindo previsões de custo final do projeto utilizando análise de valor agregado e simulação de Monte Carlo. 2004. **Revista Brasileira de Gerenciamento de Projetos**, Curitiba, 2004.

VARGAS, R. V. Análise de valor agregado: revolucionando o gerenciamento de prazos e custos. Rio de Janeiro. **Brasport**, 6° ed, 2013.

ZANLUZA, J. de S. [s. d.]. **Custos fixos e variáveis.** Disponível em: <http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/custo-fixo-variavel.htm>. Acesso em: 09 abr. 2017.

ZOPPA, A. [s.d]. **Desmistificando a ferramenta Curva S no planejamento.** Techoje. Disponível em: [http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/1726](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1726)>. Acesso em 04 de maio de 2017.

## APÊNDICE 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO

Com a finalidade de se ter mais fonte de comparação entre os dados fornecidos pela construtora e os extraídos do *software* Revit foi realizado o recálculo dos insumos abordados neste estudo comparativo. É importante salientar que para o levantamento dos quantitativos não foram consideradas perdas.

- ALVENARIA

Para levantamento quantitativo da alvenaria principal primeiramente levantou-se o perímetro das edificações, para posteriormente multiplicar pelo pé-direito das mesmas.

$$\text{Área de alvenaria principal} = 76,9 * 2,65 = 203,79 \text{ m}^2.$$

Após quantificado a área da alvenaria principal (abaixo da laje) iniciou-se o levantamento da alvenaria de fechamento lateral dos telhados, como todas possuem formato triangular o seu comprimento foi dividido por dois para então ser multiplicado pela altura.

$$\begin{aligned} \text{Área de alvenaria de fechamento lateral dos telhados} &= (9,02/2) * 2,39 + \\ & (8,05/2) * 2,39 * 2 = 30,02 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

A terceira e última parte levantada refere-se à alvenaria executada para apoiar o telhado nas extremidades da edificação, para tal foi multiplicado seu comprimento pela altura construída.

$$\text{Área de alvenaria para apoio do telhado} = 22,8 * 0,30 = 6,84 \text{ m}^2.$$

Para obtenção da área total somou-se a área da alvenaria, a área de alvenaria de fechamento lateral dos telhados e a área de alvenaria para apoio do telhado.

$$\text{Área de alvenaria} = 203,79 + 30,02 + 6,84 = 240,65 \text{ m}^2.$$

- TELHAS

Para o cálculo da área do telhado multiplicou-se o comprimento do telhado já considerando sua inclinação pela sua largura. Como as casas estudadas são iguais, multiplicou-se o resultado por dois para se ter a área total das telhas.

$$\text{Área de telhas} = [ (4,4 * 5,7) + (4,4 * 2,3) + (5,35 * 3,4) ] * 2 = 106,78 \text{ m}^2.$$

- AZULEJOS + PISO CERÂMICO

Para obtenção da área de azulejos e piso cerâmico somou-se a área revestida das paredes do banheiro e da cozinha com a área do piso. A área revestida das paredes foi obtida multiplicando-se o perímetro das mesmas pelo pé-direito da edificação. Como as casas estudadas são iguais, multiplicou-se o resultado por dois para se ter a área total de azulejos e piso cerâmico.

$$\text{Área de azulejo do banheiro} = 6,8 * 2,65 = 18,02 \text{ m}^2;$$

$$\text{Área de azulejo da cozinha} = (3,5 + 2,05) * 2,65 = 14,71 \text{ m}^2;$$

$$\text{Área do piso cerâmico} = 36,56 \text{ m}^2.$$

$$\text{Área de azulejos e piso cerâmico} = (18,02 + 14,71 + 36,56) * 2 = 138,58 \text{ m}^2.$$

- TEXTURA EXTERNA

A quantificação da textura externa foi obtida através do cálculo da área externa da fachada, para tanto multiplicou-se o perímetro das elevações frontal, posterior, direita e esquerda, por sua altura e também a área do fechamento lateral do telhado, que por possuir formato triangular, o seu comprimento foi dividido por dois para então ser multiplicado pela altura.

$$\begin{aligned} \text{Área fachadas} &= (8,1 * 3,14 * 2) + (8,05 * 3,14 * 2) + (8,05 * 2,65) + (8,05 * 2,65) \\ &= 144,09 \text{ m}^2; \end{aligned}$$

$$\text{Área fechamento lateral do telhado} = (8,05/2) * 2,39 * 2 = 19,24 \text{ m}^2;$$

$$\text{Área textura externa} = 144,09 + 19,24 = 163,33 \text{ m}^2.$$

- MASSA CORRIDA E PINTURA LÁTEX

A área de massa corrida e pintura látex são as mesmas visto que a preparação da parede para receber a pintura látex é a aplicação da massa corrida. Para o levantamento da área de massa corrida e pintura látex considerou-se a área das paredes internas que não receberam revestimento cerâmico (multiplicou-se o perímetro das paredes pelo pé-direito) e também a área do teto. Como as casas estudadas são iguais, os resultados foram multiplicados por dois para se ter a área total.

$$\text{Área das paredes} = 38,85 * 2,65 * 2 = 205,91 \text{ m}^2;$$

$$\text{Área do teto} = (9,6+7,2+2,64+16,82) * 2 = 72,52 \text{ m}^2;$$

$$\text{Área total de massa corrida e pintura látex} = 205,91 + 72,52 = 278,43 \text{ m}^2.$$

- CONCRETO PARA LAJE

A obtenção da quantidade concreto necessário para execução da laje deu-se através da multiplicação da área da laje pela sua espessura. Como as casas estudadas são iguais, os resultados foram multiplicados por dois para se ter a quantidade total.

$$\text{Volume de concreto para laje} = 104,7 * 0,10 = 10,47 \text{ m}^3.$$

## APÊNDICE 2 – ORÇAMENTOS ELABORADOS

| COMPARAÇÃO DOS ORÇAMENTOS ANALISADOS |                          |                      |         |                              |         |         |                |              |               |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|---------|------------------------------|---------|---------|----------------|--------------|---------------|
| Orçamento                            | Serviço                  | Quantidade levantada | Unidade | Componente                   | Consumo | Unidade | Custo unitário | Custo total  | Total         |
| CONSTRUTORA                          | Alvenaria                | 230                  | m²      | Bloco cerâmico 11,5x19x29 cm | 3220    | und     | R\$ 1,05       | R\$ 3.381,00 | R\$ 10.949,00 |
|                                      | Telhas                   | 113,82               | m²      | Telha cerâmica               | 1400    | und     | R\$ 1,60       | R\$ 2.240,00 |               |
|                                      | Azulejos + Piso Cerâmico | 150                  | m²      | Azulejos + Piso Cerâmico     | 150     | m²      | R\$ 14,00      | R\$ 2.100,00 |               |
|                                      | Textura Externa          | 160                  | m²      | Textura (sc 20 kg)           | 24      | sc      | R\$ 20,00      | R\$ 480,00   |               |
|                                      | Massa Corrida            | 306                  | m²      | Massa corrida (sc 15 kg)     | 36      | sc      | R\$ 13,00      | R\$ 468,00   |               |
|                                      | Pintura Látex            | 330                  | m²      | Tinta PVA 18l                | 2       | und     | R\$ 200,00     | R\$ 400,00   |               |
|                                      | Concreto para laje       | 8                    | m³      | Concreto 20 Mpa              | 8       | m³      | R\$ 235,00     | R\$ 1.880,00 |               |
| REVIT                                | Alvenaria                | 241                  | m²      | Bloco cerâmico 11,5x19x29 cm | 3374    | und     | R\$ 1,05       | R\$ 3.542,70 | R\$ 11.407,95 |
|                                      | Telhas                   | 112                  | m²      | Telha cerâmica               | 1378    | und     | R\$ 1,60       | R\$ 2.204,80 |               |
|                                      | Azulejos + Piso Cerâmico | 136                  | m²      | Azulejos + Piso Cerâmico     | 136     | m²      | R\$ 14,00      | R\$ 1.904,00 |               |
|                                      | Textura Externa          | 157                  | m²      | Textura (sc 20 kg)           | 24      | sc      | R\$ 20,00      | R\$ 480,00   |               |
|                                      | Massa Corrida            | 272                  | m²      | Massa corrida (sc 15 kg)     | 32      | sc      | R\$ 13,00      | R\$ 416,00   |               |
|                                      | Pintura Látex            | 272                  | m²      | Tinta PVA 18l                | 2       | und     | R\$ 200,00     | R\$ 400,00   |               |
|                                      | Concreto para laje       | 10,47                | m³      | Concreto 20 Mpa              | 10,47   | m³      | R\$ 235,00     | R\$ 2.460,45 |               |
| CONVENCIONAL                         | Alvenaria                | 240,65               | m²      | Bloco cerâmico 11,5x19x29 cm | 3370    | und     | R\$ 1,05       | R\$ 3.538,50 | R\$ 11.370,40 |
|                                      | Telhas                   | 106,78               | m²      | Telha cerâmica               | 1314    | und     | R\$ 1,60       | R\$ 2.102,40 |               |
|                                      | Azulejos + Piso Cerâmico | 138,575              | m²      | Azulejos + Piso Cerâmico     | 138,575 | m²      | R\$ 14,00      | R\$ 1.940,05 |               |
|                                      | Textura Externa          | 163,3265             | m²      | Textura (sc 20 kg)           | 25      | sc      | R\$ 20,00      | R\$ 500,00   |               |
|                                      | Massa Corrida            | 278,425              | m²      | Massa corrida (sc 15 kg)     | 33      | sc      | R\$ 13,00      | R\$ 429,00   |               |
|                                      | Pintura Látex            | 278,425              | m²      | Tinta PVA 18l                | 2       | und     | R\$ 200,00     | R\$ 400,00   |               |
|                                      | Concreto para laje       | 10,47                | m³      | Concreto 20 Mpa              | 10,47   | m³      | R\$ 235,00     | R\$ 2.460,45 |               |