



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**Estudo comparativo para análise de gerenciamento tradicional:
Indicação de aplicação da tecnologia BIM**

Arthur Guilherme Griesang

Lajeado, Novembro de 2017

Arthur Guilherme Griesang

**Estudo comparativo para análise de gerenciamento tradicional:
Indicação de aplicação da tecnologia BIM**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Etapa II, do Curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Vagner Gonçalves Wojcickoski

Lajeado, Novembro 2017

RESUMO

O trabalho apresenta ao leitor o desenvolvimento da tecnologia Building Information Modelling (BIM) e a sua eficiência no gerenciamento de projetos. Aponta os benefícios e desafios caso fosse aplicado à uma obra que utilizou um sistema de gerenciamento tradicional. Ao longo da monografia são analisados 4 critérios no gerenciamento de uma obra (cronograma da obra, levantamentos quantitativos, compatibilização de projetos e orçamentos), que são analisados em um empreendimento administrado tradicionalmente. A obra que foi gerenciada de forma tradicional foi comparada com demais obras que utilizaram o sistema de gerenciamento com BIM.

“[...]definir elementos de forma interativa... deriva[ndo] seções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos... qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes... qualquer tipo de análise quantitativa poderia ser ligada diretamente à descrição... fornecendo um único banco de dados automatizado na prefeitura ou no escritório do arquiteto. Empreiteiros de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para a programação e para os pedidos de materiais. ”
(Eastman, 1975).

Palavra-chave: *Building Information Modelling*, gerenciamento de obras, *Last Planner System*, PPC, compatibilização de projetos, cronograma e levantamento quantitativos.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 – Níveis hierárquicos do sistema de planejamento (*Last Planner System*);
- Figura 02 – Tabela eletrônica de controle de atividades semanais para execução do PPC;
- Figura 03 – MS Project: Planilha gerada para o controle e gestão da obra estudada pelo trabalho;
- Figura 04 – Planilha Eletrônica: Planilha gerada para o controle e gestão da obra estudada pelo trabalho;
- Figura 05 – Processo de gerenciamento (médio prazo e curto prazo);
- Figura 06 – Representação da Linha de Balanço;
- Figura 07 – Linha de Balanço conceitual para um processo;
- Figura 08 – Planilha eletrônica para realização do levantamento quantitativo;
- Figura 09 – Capacidade de influência no custo final de uma obra;
- Figura 10 – Custos diretos e indiretos;
- Figura 11 – Sistema de gerenciamento com BIM;
- Figura 12 – Dimensões do sistema de gerenciamento com BIM;

Figura 13 – Projeto apresentado no programa Navisworks utilizando a ferramenta de pré-visualização na parte superior e verificando os gráficos de Gantt Chart na base inferior;

Figura 14 – Projeto apresentado no programa Revit no centro da imagem e ao lado direito está apresentado o resultado do levantamento quantitativo automatizado;

Figura 15 – Fluxo de trabalho, custos gerados pela modificação do projeto pelas diferentes etapas do empreendimento;

Figura 16 – Disposição das edificações da Obra Analisada;

Figura 17 – Sede Social;

Figura 18 – Auditório (Vista do Palco);

Figura 19 – Prédio empresarial e Agência Bancária;

Figura 20 – Disposição e reponsabilidades de cada membro envolvido na obra;

Figura 21 – Organização da equipe de trabalho no gerenciamento da Obra;

Figura 22 – Cronograma da obra analisada;

Figura 23 – Resultados do mapeamento do relatório de PPC das semanas 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61;

Figura 24 – Número médio de funcionários presentes na obra e número de atividades listadas;

Figura 25 – Levantamentos quantitativos realizados;

Figura 26 – Comunicação interna entre funcionários da gerenciadora da obra sobre a alterações de projetos;

Figura 27 – Projeto da Fábrica da General Motors;

Figura 28 – Cronograma comparativo de execução da Fábrica da General Motors;

Figura 29 – Fábrica concluída da General Motors;

Figura 30 – Projeto do Centro Médico Camino;

Figura 31 – Projeto do estacionamento do Centro Médico Camino;

Figura 32 – Cronograma comparativo de execução do Centro Médico Camino;

Figura 33 – Projeto e perspectiva da Torre Comercial One Island East;

Figura 34 – Cronograma da execução do One Island East;

Figura 35 – Projeto da Torre Comercial One Island East;

Figura 36 – Diferenças entre os critérios analisados entre o sistema de gerenciamento tradicional e BIM;

Figura 37 – Pontos críticos e positivos entre o sistema de gerenciamento tradicional e BIM;

Figura 38 – Necessidade de informações para desenvolvimento de um projeto em cada sistema analisado;

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Quantitativo de funcionários por empresa na obra;

Tabela 02 – Obras estudadas por Eastman (Gerenciadas por BIM);

Tabela 03 – Benefícios obtidos pelas obras estudadas por Eastman em 2014;

Tabela 04 – Motivos de escolhas dos empreendimentos analisados por Eastman para análise;

Tabela 05 – Critérios analisados pelo trabalho que estão presentes nas obras analisadas por Eastman;

Tabela 06 – Causas apontadas no PPC para justificativa de atividades não executadas;

Tabela 07 – Mapeamento do relatório de PPC das semanas 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61;

Tabela 08 – Resultados do mapeamento do relatório de PPC das semanas 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61;

Tabela 09 – Número médio de funcionários presentes na obra nas seguintes semanas: 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61;

Tabela 10 – Desafios da implantação do sistema de gerenciamento com BIM na obra analisada de acordo com as obras estudadas por EASTMAN em 2014;

Tabela 11 – Argumentos para a aplicação do BIM na obra analisada de acordo com as obras estudadas por EASTMAN em 2014;

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- LPS – *Last Planner System* (Último Sistema do Planejador);
- PPC – Percentual de Pacotes Concluídos;
- PIB – Produto Interno Bruto;
- LB – Linha de Balanço;
- BIM – *Building Information Modelling* (Modelagem da de Informação da Construção);
- RVT – Extensão de arquivo de Autodesk Revit Architecture (.rvt);
- CAD – *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador);
- DWG – Extensão de arquivo de AutoCad (.dwg);
- DOS – *Disk Operation System*;
- ERP – *Enterprise Resources Planning* (Planejamento dos Recursos da Empresa);
- AIA – *American Institute of Architects* (Instituto Americano de Arquitetos);
- 2D – Duas dimensões: projeto bidimensional;
- 3D – Três dimensões: projeto tridimensional;
- 4D – Quatro dimensões: 3D e tempo de obra;

5D – Cinco dimensões: 4D e orçamento global;

6D – Seis dimensões: 5D e sustentabilidade do projeto;

7D – Sete dimensões: 6D e manutenção da edificação;

nD – Número não presumível de dimensões;

LEED – *Leadership in Energy and Environmental* (Liderança em Energia e Meio Ambiente). Certificação para obras sustentáveis;

MOD – Mão de obra direta;

MOI – Mão de obra indireta;

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Definição do Tema	14
1.2 Objetivo	16
1.3 Justificativa.....	16
1.4 Estrutura do Trabalho.....	17
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2. Sistema de Gerenciamento Tradicional	20
2.1 Cronograma – Sistema de Gerenciamento Tradicional.....	21
2.2 Levantamento Quantitativo de Materiais – Sistema de Gerenciamento Tradicional.....	29
2.3 Compatibilização de Projetos – Sistema de Gerenciamento Tradicional	30
2.4 Orçamento da obra – Sistema de Gerenciamento Tradicional.....	32
3. Sistema de Gerenciamento com BIM.....	34
3.1 Cronograma – Sistema de Gerenciamento com BIM.....	42
3.2 Levantamento Quantitativo de Materiais – Sistema de Gerenciamento com BIM	44
3.3 Compatibilização de Projetos – Sistema de Gerenciamento com BIM.....	46
3.4 Orçamento da Obra – Sistema de Gerenciamento com BIM	47
METODOLOGIA	50
4. Dados Analisados	51
4.1 Obra utilizada como referência – Sistema de Gerenciamento Tradicional...51	
4.2 Obras utilizadas como referências – Sistema de Gerenciamento com BIM.58	
ESTUDO DE CASO	62
5.1 Obra Analisada – Sistema de Gerenciamento Tradicional.....	62
5.1.1 Cronograma – Obra Analisada	62

5.1.2	Levantamento Quantitativo de Materiais – Obra Analisada.....	68
5.1.3	Compatibilização de Projetos – Obra Analisada.....	70
5.1.4	Orçamento – Obra Analisada	73
5.2	E01 – Fábrica da General Motors	74
5.2.1	Cronograma – E01	76
5.2.2	Levantamento Quantitativo de Materiais – E01	76
5.2.3	Compatibilização de Projetos – E01	77
5.2.4	Orçamento da Obra – E01.....	78
5.3	E02 – Centro Médico Camino	79
5.3.1	Cronograma – E02	80
5.3.2	Levantamento Quantitativo de Materiais – E02	81
5.3.3	Compatibilização de Projetos – E02	81
5.3.4	Orçamento da Obra – E02.....	82
5.4	E05 – Torre Comercial One Island East.....	83
5.4.1	Cronograma – E05	84
5.4.2	Levantamento Quantitativo de Materiais – E05	85
5.4.3	Compatibilização de Projetos – E05	85
5.4.4	Orçamento da Obra – E05.....	86
5.5	Comparação entre os métodos estudados.....	87
5.5.1	Cronograma.....	89
5.5.2	Levantamentos Quantitativos	90
5.5.3	Compatibilização de Projetos	90
5.5.4	Orçamento.....	91
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
	ANEXO 01 – Levantamentos Quantitativos	104
	ANEXO 02 – Solicitações de Informações de Projeto	106

INTRODUÇÃO

O trabalho procura apresentar ao leitor o desenvolvimento da tecnologia BIM e a sua eficiência no gerenciamento de projetos caso fosse aplicado à uma obra que utilizou um sistema de gerenciamento tradicional de gestão. Ao longo do trabalho referências foram feitas para destacar as diferenças entre o sistema de gestão tradicional e o *Building Information Modelling* (BIM). Este estudo faz uma análise comparativa que pretende apresentar os impactos da aplicação de uma tecnologia que pode apresentar pontos críticos ou positivos. Tais vantagens ou desvantagens serão argumentadas e descritas na monografia.

A adoção de novas tecnologias tende a melhorar de forma econômica e eficiente, na adoção de um novo sistema se houver impacto direto no fluxo de informação entre a empresa ou empresas (MORAES et al. 2006).

De acordo com a publicação feita por Moraes, Guerrini e Serra em 2006, a aplicação de novas tecnologias, em diferentes setores, pode resultar em grandes melhorias nos seguintes aspectos:

- Redução no tempo e no custo devido a eliminação de retrabalho, graças a identificação precoce de erros, reduzindo também o conflito de informações entre diferentes setores;
- Melhorias na integração e comunicação interna, acrescentando produtividade;
- Rapidez e eficácia na elaboração de projetos;
- Simplificação na comunicação entre membros de equipes devido a integração virtual;

- Qualidade no processo de decisões e aprimoramento do aprendizado organizacional devido aos relatórios, de tomadas de decisões anteriores, integrados ao projeto;
- Imponente flexibilidade operacional e facilidade para associação de tarefas.

Também os mesmos autores, na mesma publicação, apresentaram alguns obstáculos para aplicação de uma tecnologia, inovadora, em um sistema de gerenciamento que já é adotado há anos. Alguns dos pontos são:

- Incertezas a respeito de dados obtidos através da nova tecnologia aplicada;
- O avanço na tecnologia na indústria deve ser o mesmo nos seus fornecedores para que continue fluindo o ciclo de produção e para obtenção de uma padronização;
- Alto custo no desenvolvimento de equipes para adoção de uma nova tecnologia.

O BIM é a referência a *softwares* voltados a construção civil de base de dados, em formato digital apontados em projeto digital, considerados para a construção de uma edificação. O BIM tende a integrar todos os dados informados em projetos (parâmetros). Tal integração de dados em alguns *softwares* pode apontar automaticamente ao projetista alguns erros de projeto ou até auxiliar automatizando levantamentos quantitativos ou outras funções (CARDOSO et al. 2013).

Visto que em certos países, como Holanda, Finlândia, Noruega e Inglaterra, existem políticas públicas que recomendam a utilização do BIM (NBS Report) para desenvolvimento de projetos de edificações, no mercado nacional deve tornar-se uma tendência, a qual se deve aprofundar e estudar cada vez mais para se estar preparado à aplicação deste novo sistema.

1.1 Definição do Tema

O processo tradicional de gerenciamento de uma obra é um processo baseado em projetos desenvolvidos em duas dimensões (2D). Os projetos 2D são menos informativos porque contam somente com o desenho baseado em linhas. O BIM busca

a interação de informações ao projetar uma casa e expande as possibilidades de desenho para além das três dimensões (X, Y, e Z). Quando desenvolvido em uma plataforma BIM o projeto pode auxiliar o projetista a obter automatização dos dados, quantitativos e algumas pranchas de projeto, assim como apontar incompatibilidades de projetos.

O trabalho busca apresentar ao leitor as diferenças que poderiam ser obtidas na aplicação do BIM no gerenciamento de uma obra que foi administrada de forma tradicional. Os resultados, da substituição de um sistema de gerenciamento pelo outro, podem ser tanto positivos quanto negativos. Para entender o resultado da aplicação de uma outra tecnologia, foi realizado comparações através de levantamento de dados.

É importante salientar que para a comparação da obra analisada e gerenciada tradicionalmente com as obras que utilizaram o sistema de gerenciamento com BIM não se deve considerar questões relacionadas no tipo de material utilizado por cada empreendimento, ou pelo país onde cada um foi executado. O enfoque deste trabalho pretende analisar a eficiência do gerenciamento da obra a partir das seguintes questões:

- O cronograma previamente definido atendeu as expectativas?
- O levantamento quantitativo previamente definido estava correto?
- O orçamento pré-estipulado estava correto?
- A compatibilização entre os projetos estava de acordo?

Caso negativa as respostas, será buscado os motivos e analisados se serão ou não supridos pela tecnologia BIM. Visto que não se deve neste trabalho criar os seguintes enfoque:

- Obra A realizou paredes pré-moldadas e a obra B moldadas *in-loco*:
 - A diferença entre a execução de um método com o outro gera grandes diferenças de tempo de execução, porém, independente do material, a obra A deve ter o levantamento quantitativo de paredes pré-moldadas exato assim como a obra B. O cronograma é outro ponto que pode ser diferente nos dois modelos, porém se para um modelo é preciso um mês então se deve prever um mês, assim como

se no modelo 2 é preciso de 3 meses então deve-se prever 3 meses no cronograma.

- Obra A foi realizada no país X e a obra B no país Y:
 - A diferença entre localidades de obras não deve ser motivo para apontar que a obra A ou B pode ter falhas no gerenciamento, ou que são incomparáveis gerencialmente. Com a globalização, o acesso à tecnologia é o mesmo para cada canto do planeta. Porém se para executar um empreendimento no país Y é necessário de mais tempo que no país X, deverá ser previsto no cronograma não sendo motivo para falhas.

1.2 Objetivo

O principal objetivo do trabalho será investigar a possível eficiência do gerenciamento tradicional e a influência da substituição do método de gerenciamento tradicional por um modelo paramétrico de gerenciamento. O estudo será realizado a partir da análise de pontos específicos na gestão de uma obra concluída, gerenciada tradicionalmente, e comparados aos impactos que seriam causados caso fosse implantado BIM no mesmo projeto.

1.3 Justificativa

Cerca de 13,50% da força de trabalho no país está empregada no setor da construção civil. Se separarmos a fração colaborado, pelas indústrias fornecedoras de materiais para a construção civil e as construtoras: é o equivalente à 51,40% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil [valores apresentados pelo governo brasileiro para o primeiro trimestre de 2015]. A evolução e a busca de novas tecnologias para auxiliar este setor pode gerar grandes benefícios para a economia nacional (GONZÁLES, 2008).

A aplicação do BIM desde a análise de um pré-projeto até a conclusão de uma edificação, pode impactar na melhoria e corrigir as falhas causadas por análise humana. A evolução no setor da construção civil pode auxiliar no crescimento do

capital de uma construtora e conseqüentemente ajudar a economia do país. É necessário que as construtoras utilizem cada vez mais novas tecnologias para reduzir os erros comuns de orçamento, compatibilização de projetos, levantamentos quantitativos e de execução de cronogramas incorretos (PULZATTO, 2005).

A aplicação da tecnologia BIM em uma empresa pode auxiliar na integração de informações e na automatização de obtenção de dados. O novo sistema procura cada vez mais integrar as informações. O BIM ajuda a reduzir erros em obtenção de dados de projetos e tais erros, se não previstos, podem ocasionar enormes prejuízos financeiros (EASTMAN et al. 2014).

É necessário que as construtoras busquem novas tecnologias para melhorar os métodos construtivos de forma mais racionalizada, para que tenham um impulso positivo financeiramente. Porém a implementação de uma nova tecnologia supre um grandioso volume em investimentos no treinamento de equipes e na aquisição de equipamentos. Devido a isto, tal investimento deve ser analisado (PULZATTO, 2005).

1.4 Estrutura do Trabalho

A monografia inicia-se com um aprofundamento no assunto referente ao gerenciamento de obras. Ao longo do texto é apresentado o modo de execução do gerenciamento tradicional de obras e depois aprofunda-se no assunto sobre *Building Information Modelling*.

Durante o aprofundamento no sistema de gestão tradicional é apresentado, em imagens, alguns programas e métodos utilizados pela obra na qual será realizado um estudo de caso. O estudo de caso é apresentado no final do trabalho.

O trabalho divide-se nas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica;
 - Revisão bibliográfica baseada em sistema de gerenciamento tradicional;
 - Revisão bibliográfica baseada em sistema de gerenciamento com BIM;

- Estudo de caso;
 - Coleta de dados e análise de uma obra gerenciada tradicionalmente no Val do Taquari;
 - Coleta de dados e análises de obras que utilizaram a metodologia BIM;
- Comparação dos métodos de gerenciamento;
- Conclusões.

A obra estudada já está concluída. Nela foram utilizados recursos do sistema de gestão tradicional presentes no mercado. A análise procurará discutir a eficiência se fosse aplicado o sistema de gerenciamento com BIM na execução da mesma edificação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O gerenciamento de um projeto procura definir a sequência lógica de sua execução, define parâmetros do que fazer, quando, onde e como. O objetivo principal de um planejamento eficaz da execução de um empreendimento é procurar estabelecer o maior rendimento possível com o mínimo custo necessário (SILVA FILHO, 2004).

A gestão de uma obra demanda uma análise de grande quantidade de dados (que muitas vezes não se consegue verificá-los completamente). As verificações dos elementos de uma obra para a execução do cronograma de gerenciamento são suscetíveis a erros humanos o que impossibilita o alcance em um controle eficaz (EASTMAN et al. 2014).

A presente revisão bibliográfica procura convidar o leitor para compreender alguns métodos de gerenciamento aplicados na construção civil. Ao longo da monografia, aprofunda-se ao início no desenvolvimento e entendimento, a partir da revisão bibliográfica do assunto, primeiramente sobre gerenciamento tradicional. Após o debate ao gerenciamento tradicional, procura-se aprofundar no assunto do gerenciamento utilizando plataformas BIM.

A proposta deste trabalho é aprofundar-se tanto no gerenciamento tradicional, quando no gerenciamento que utiliza *softwares* BIM. É um convite ao leitor para descobrir os possíveis benefícios dos diferentes modos de gerenciamento, a partir de dados empíricos e revisão bibliográfica.

2. Sistema de Gerenciamento Tradicional

Em algumas bibliografias encontramos alguns modelos de gestão tradicional. A escolha de um modelo correto de gestão para cada projeto se dá devido à característica do empreendimento. As aplicações de modelos tradicionais de gestão devem ser cuidadosamente analisadas, mesmo que aplicados com sucesso, pois poderá deixar de abranger algum setor da edificação em alguns casos (REZENDE, 2008).

Cada empreendimento tem suas características específicas a serem analisadas e modelos totalmente genéricos não estão programados para ver esses pontos específicos. Assim como um auditório é voltado para a plateia, uma residência é voltada para uma pessoa ou família. São dois projetos completamente diferentes a serem edificados. Deve-se analisar as características únicas dos projetos e aplicar um sistema específico para a eficácia (REZENDE, 2008).

O sistema de gestão vem a ser mais complexo e criterioso, caso seja aplicado à um projeto com um valor mais elevado. O gerenciamento visa principalmente reter possíveis erros para que a obra não gere prejuízo devido aumento total no custo final da obra (CARVALHO, 2012).

No início da década de 90 foi destacado que os principais motivos de atrasos na construção e falhas no acompanhamento em obras são: problemas no orçamento, aumento do custo estimado para materiais e equipamentos utilizados, complexibilidade de execução e compreensão dos sistemas de gestão. Devido aos atrasos em obras, conseqüentemente há diminuição da margem de lucros e aumento no custo total do empreendimento gerenciado (TRAUNER, 1990).

Além dos pontos mostrados por Trauner, Cabrita (2008) destacou também que a falta de integração entre as empresas gestoras e terceirizadas pode impactar diretamente na administração de uma construção. Isso pode gerar conseqüências diretas no custo da obra e ocasionar em atrasos e má imagem do empreendimento no mercado.

O planejamento de uma obra busca definir metas para que sejam alcançadas. As metas são uma maneira de buscar o tempo mínimo na execução de um

empreendimento. O controle da obra por sua vez vem a gerenciar os processos produtivos e controlar a eficiência da equipe avaliando o desempenho geral da obra (BALLARD, 1997).

Embora existam peculiaridades de acordo com o tipo de edificação, algumas características semelhantes serão analisadas neste capítulo:

- Cronograma;
- Levantamento quantitativo de materiais;
- Compatibilização de projetos;
- Orçamento da obra.

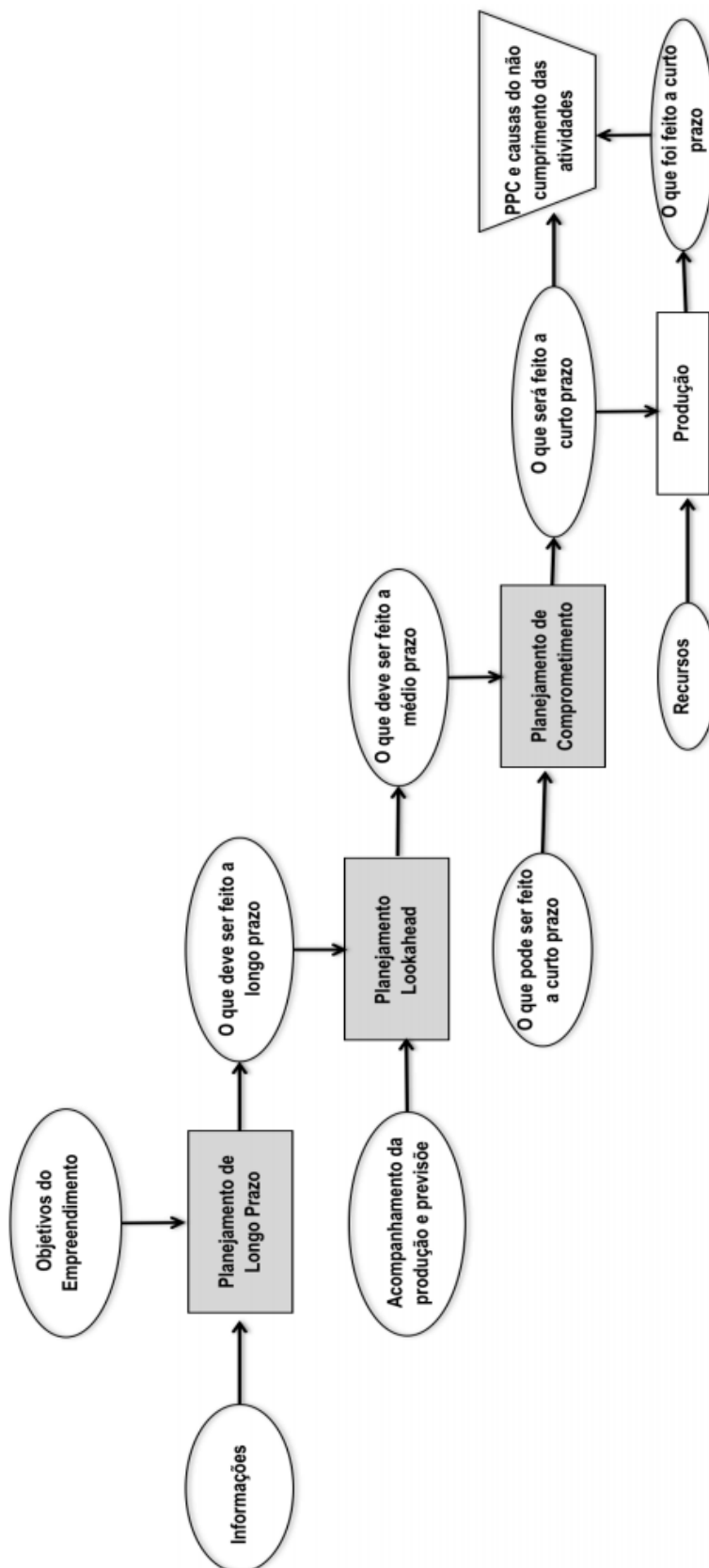
2.1 Cronograma – Sistema de Gerenciamento Tradicional

Para obter-se um cronograma eficiente, o sistema eficaz de controle prático do cronograma da obra, deve atender 4 (quatro) quesitos: o que fazer (atividades), como realizar (métodos), quem irá executar (recursos) e quando (cronograma) (LAUFER et al. 1987).

Entre os diferentes modelos para gerenciar um projeto de forma convencional, temos o *Last Planner System* (LPS)¹, desenvolvido pela Engenharia de Produção. No sistema LPS as metas são definidas de acordo com a obtenção de informações atuais do projeto. Em um acordo hierárquico previamente definido são realizadas as metas necessárias. A hierarquização do processo ajuda a evitar o detalhamento excessivo do gerenciamento visando somente um ponto ou mais ao final da filtragem para proceder a obra (BALLARD, 2000).

¹ *Last Planner System* é um sistema de planejamento para controlar a produção que procura suavizar a quantidade de informações. O sistema foi desenvolvido pelo *Lean Construction Institute* por Glenn Ballard e Greg Howell.

Figura 01 – Níveis hierárquicos do sistema de planejamento (*Last Planner System*)



Fonte – Adaptado pelo autor com base em BALLARD 1997.

O Médio Prazo, ou *Lookahead*², detalha e ajusta os períodos entre cada etapa definida no Plano Mestre (planejamento de longo prazo). Durante o processo de descrição das atividades no Médio Prazo, é possível identificar e buscar soluções para as restrições que venham a causar impacto no cronograma (BALLARD et al. 1997).

O planejamento em longo prazo registra as datas de atividades importantes a ocorrer durante o processo de construção, por exemplo: a concretagem de cada pavimento no caso de uma edificação de múltiplos andares. Entre a concretagem de cada pavimento há uma flexibilidade para execução das etapas intermediárias ou mais simples, porém é necessário que não escape dos prazos estimados às grandes atividades definidas neste ponto. Esta etapa do planejamento pode servir para elaboração do orçamento do empreendimento (BALLARD et al. 1997).

O plano de trabalho ou listagem das tarefas que serão executadas, é realizado no Planejamento de Comprometimento ou Planejamento de Curto Prazo. Esse planejamento pode ser semanal, definindo cada atividade a ser executada na semana. Como prescrito, a eficiência desta etapa só é certa se for predefinido um Planejamento Médio que venha a identificar as possíveis falhas e que se baseia em um Plano Mestre (de longo prazo) (BALLARD et al. 1997).

Todas essas etapas são geradas através de análise humana e podem gerar falhas nos cronogramas pré-estimados. Devido as possíveis falhas geradas em períodos anteriores, pode haver incertezas na equipe para definições dos períodos futuros, o que diminui a confiabilidade do todo (BALLARD, 2000).

A elaboração de um Planejamento de Curto Prazo deve ser eficaz e as falhas que acarretam interrupção nas atividades não realizadas devem ser identificadas e corrigidas. A medição da eficiência do Planejamento de Comprometimento é realizada e medida através do indicador denominado como Percentual de Pacotes Concluídos (PPC)³, que é a porcentagem de atividades concluídas dividido pelo total de atividades planejadas (BALLARD, 2000).

² *Lookahead* é a fase de um planejamento, ou uma programação, onde é necessário planejar através das informações anteriores visando as consequências no passo seguinte.

³ O PPC refere-se ao termo Percentual de Pacotes Concluídos que significa a quantidade em porcentagem das tarefas que foram concluídas. A avaliação ocorre a partir da listagem de um número de tarefas a serem realizadas.

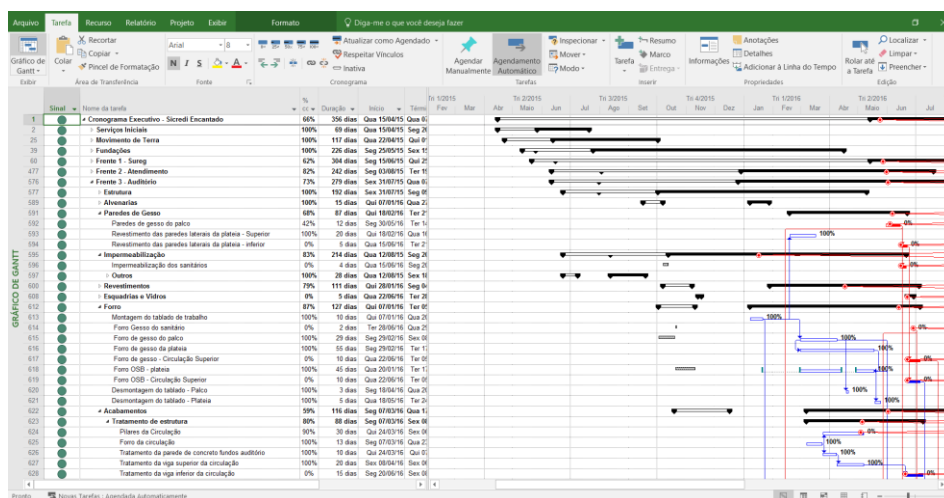
Na figura 02 vemos um exemplo de PPC utilizado por uma empresa gaúcha que atua no gerenciamento de obras desde 1948. Os números sinalizados de 01 à 09 foram anexados pelo autor para uma breve explicação da funcionalidade da tabela que é a seguinte:

- 01 - Informações prévias da Obra e do período do PPC;
- 02 - Informações das empresas envolvidas na programação de curto prazo;
- 03 - Legenda de causas de atrasos. Os números referentes as causas são anexadas à coluna a direita do campo 09 casos a atividade não seja concluída completamente.
- 04 - Causas pontuais de atrasos e devidas ações específicas a serem tomadas para o período seguinte;
- 05 - Informações gerais das atividades;
- 06 - Atividade/ Frente de trabalho descrita a ser executada no período analisado descrito no campo 01;
- 07 - Dia da semana em que a atividade deverá ser executada;
- 08 - Empresa ou pessoa responsável pela atividade;
- 09 - Avaliação de conclusão e causas caso a atividade não seja totalmente concluída.

Para a elaboração de um médio prazo, pode-se utilizar de um sistema através de MS Project (figura 03), planilhas eletrônicas (figura 04) ou gráficos interativos como no sistema Linha de Balanço criado através do conceito *Lean Construction*⁴. A Linha de Balanço busca deter os problemas e as dificuldades que possam ocorrer durante a execução da obra. É primordial determinar neste método o que fazer, quando e em que prazo (MATOS, 2006).

⁴ O termo *Lean Construction* refere-se a uma maneira de gerenciar o empreendimento através de sistemas de gerenciamento simples e práticos. O termo traduzido literalmente do inglês para o português significa Construção Enxuta

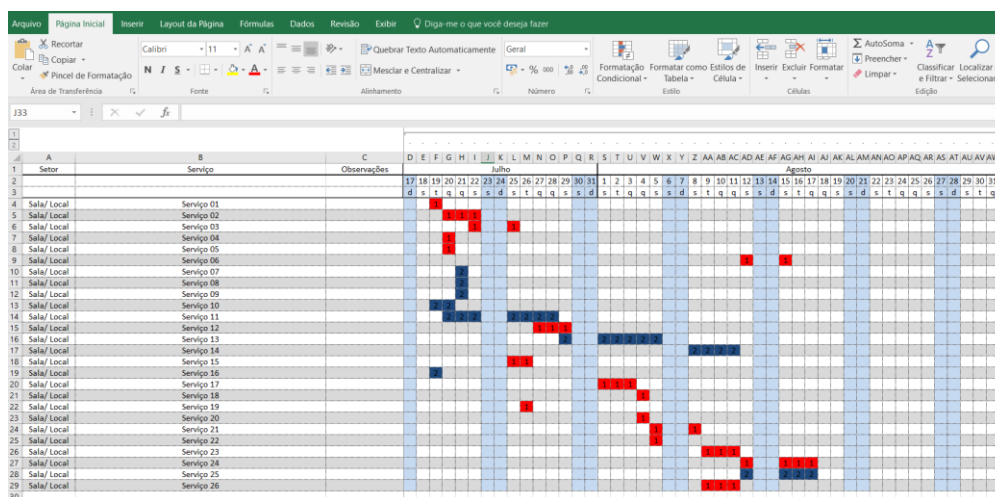
Figura 03 – MS Project: Planilha gerada para o controle e gestão da obra estudada pelo trabalho



Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Para o monitoramento do fluxo de uma obra existem vários *softwares*. O mais popular e utilizado para descrever o cronograma é o MS Project. É um software desenvolvido inicialmente para versão DOS⁵ em 1985 que tem grande valia para definir tempo, etapas e controlar custos de projeto (SAMPAIO, 2009).

Figura 04 – Planilha Eletrônica: Planilha gerada para o controle e gestão da obra estudada pelo trabalho



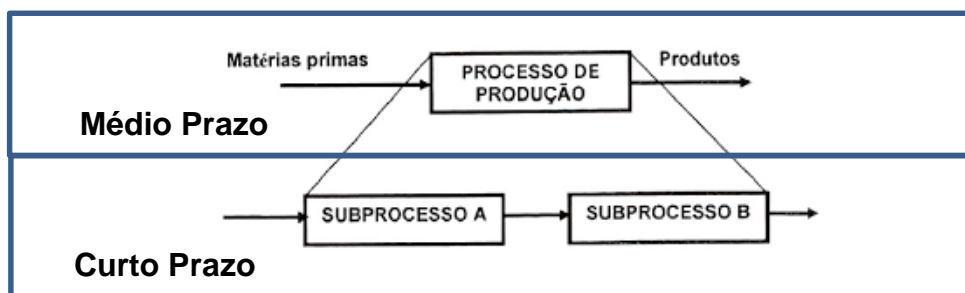
Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

⁵ DOS, sigla para *Disk Operation System* ou sistema operacional em disco é um acrônimo para vários sistemas operativos desenvolvidos inicialmente para computadores da IBM entre os anos de 1981 e 1995, ou até 2000 quando se refere aos programas que também eram compatíveis com as versões do Windows

Na figura 04 é apresentado um exemplo de um cronograma de médio prazo gerado para uma empresa terceirizada, que forneceu para a obra 2 equipes. Na tabela realizada, apresentava o serviço, local da obra, a data e qual equipe iria executar: equipe 01 (quadrados vermelhos) ou equipe 02 (quadrados azuis) (Construtora analisada pelo trabalho, 2017).

As atividades descritas no planejamento de Médio Prazo não são detalhadas como em um planejamento de Curto prazo. Como destacado na figura 05, para a execução de um produto no médio prazo define-se as metas para execução do Processo de Produção, no curto prazo é definido datas específicas para a execução do Subprocesso A e B (MATOS, 2006).

Figura 05 – Processo de gerenciamento (médio prazo e curto prazo)

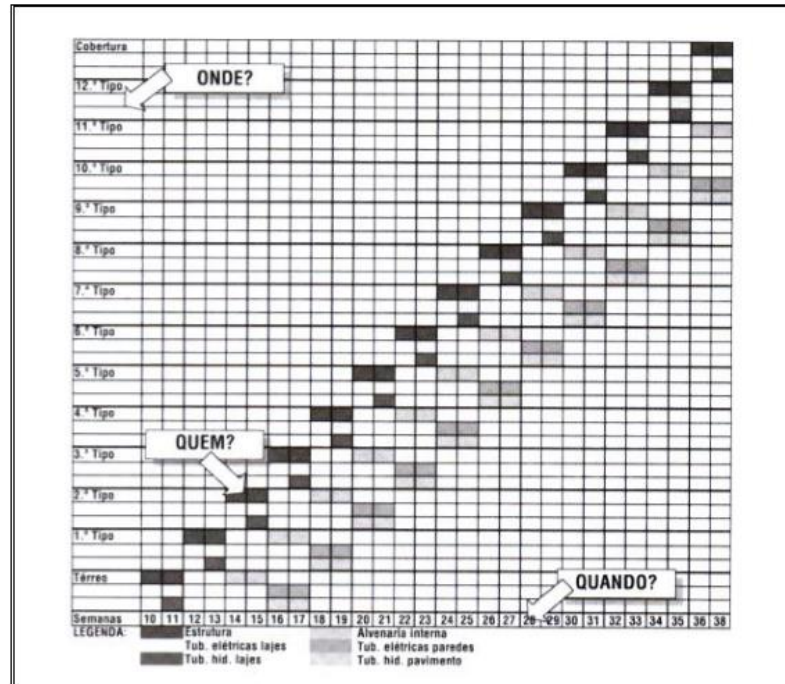


Fonte – Adaptado pelo autor com base em MATOS, 2006.

O sistema de gerenciamento de longo, médio ou curto prazo deve ser estipulado e seguido de forma correta, respeitando as datas e sendo atualizado constantemente. Estabelecer um cronograma e segui-lo, é uma forma de manter o controle em uma obra e incorporar o empreendimento a cada equipe de forma sistemática. Quando não se estabelece um rumo ou um cronograma que integre cada setor de um empreendimento, cada equipe que é responsável por uma parte do projeto tende a visar e desenvolver somente o seu serviço sem se importar pelo trabalho das outras frentes (MATOS, 2006).

A Linha de Balanço (LB), é outro modelo para gerenciar o prazo da obra. Foi criada como um modelo de gestão de obras rápido e eficaz de ser gerado. A vantagem na utilização da Linha de Balanço está na facilidade de planeja-la para períodos maiores. O gráfico é simples e apresenta com clareza e agilidade as tarefas a serem executadas por quem, quando e onde (BERNARDES, 2003).

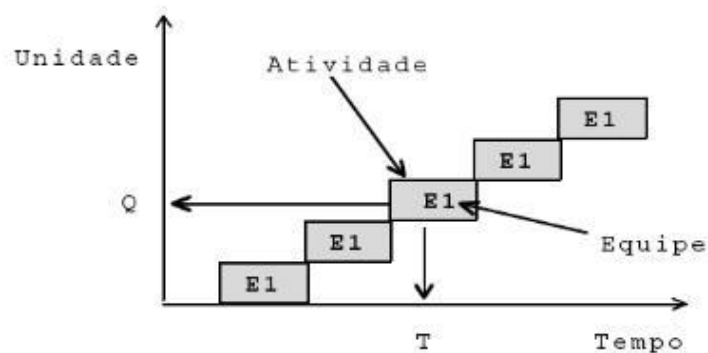
Figura 06 – Representação da Linha de Balanço



Fonte – BERNARDES, 2003.

A linha de balanço se baseia no cronograma de médio prazo, não detalhando especificamente cada etapa como no curto prazo. O sistema desenvolvido através da ideologia de *Lean Construction* busca uma eficácia e uma simplicidade para definir e planejar os fluxos de materiais e de trabalhos, que é demorado e na prática pouco realizado (KOSKELA, 1992).

Figura 07 – Linha de Balanço conceitual para um processo



Fonte – PRADO, 2002.

A imagem anterior simplifica o entendimento de um planejamento a médio prazo realizado no sistema Linha de Balanço. O eixo vertical Q representa o local onde a atividade será realizada (pavimento ou unidade). Já no eixo tempo é descrito quando a atividade será realizada, em qual período pré-estimado. Em cada quadro temos as seguintes informações: qual atividade é executada e por qual equipe. No caso da imagem anterior, a atividade é a E que será realizada pela equipe 1, na unidade Q no tempo T . Essa técnica de gerenciamento a médio prazo pode ser aplicada em obras com operações repetitivas, como conjuntos habitacionais (PRADO, 2002).

2.2 Levantamento Quantitativo de Materiais – Sistema de Gerenciamento Tradicional

O levantamento quantitativo em uma obra é a análise de cada elemento e a avaliação de sua quantidade total necessária para execução de um projeto. O método de quantificação dos materiais é utilizado para obter o custo da construção e está diretamente relacionado com: a qualidade dos projetos, o tempo disponível do analista para verificar e quantificar os materiais e o uso a que se destina o levantamento (PARISOTTO, 2003).

Na forma tradicional de gerenciamento da execução da edificação, o levantamento quantitativo constitui-se de um processo de contagem de componentes. A contagem é realizada através da interpretação de um conjunto de projetos e informações, que se obtém através dos projetos e memoriais descritivos. Este processo é realizado manualmente e está sujeito a erros humanos (SABOL, 2008).

Toda edificação está sujeita a possíveis alterações ao longo da execução. Para futuras alterações, é indicado a quantificação em planilhas eletrônicas e detalhadas. Os registros dos itens levantados de forma detalhada e eletronicamente permitem futuras alterações, caso alguma mudança de característica ou dimensão ocorra. Planilhas eletrônicas, como a vista na figura 08, são umas das principais ferramentas utilizadas da quantificação (MATTOS, 2006).

Figura 08 – Planilha eletrônica para realização do levantamento quantitativo

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE ESQUADRIAS																
TIPO E Nº	MATERIAL	FUNCIONAMENTO	LOCAL	DIMENSÃO			QUANT.	ÁREA		VIDROS		FERRAGENS		PINTURA	PEITORIL	VERGA
				LARG. cm	ALT. cm	u		UNITÁRIA m ²	TOTAL m ²	TIPO	ÁREA m ²	TIPO	QUANT. u	m ²	m	CONTRAV. m
1					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
2					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
3					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
4					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
5					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
6					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
7					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
8					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
9					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
10					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
11					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
12					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
13					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
14					x			0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
15								0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
16								0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
17								0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
18								0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
19								0,00	0,00					0,00	0,00	0,00
20								0,00	0,00					0,00	0,00	0,00

Fonte – Notas de aula do Prof. Ms. João Batista Gravina, 2017.

A utilização de tabelas eletrônicas é uma maneira de gerar uma automatização no somatório final do quantitativo. Se alterado alguma medida ao longo da obra em algum projeto devido as modificações de projetos, é viável em uma planilha eletrônica alterar somente os dados de medida do elemento modificado, obtendo automaticamente o novo resultado. Porém os dados de medida, como largura, comprimento e altura, devem ser alimentados manualmente (MATTOS, 2006).

2.3 Compatibilização de Projetos – Sistema de Gerenciamento Tradicional

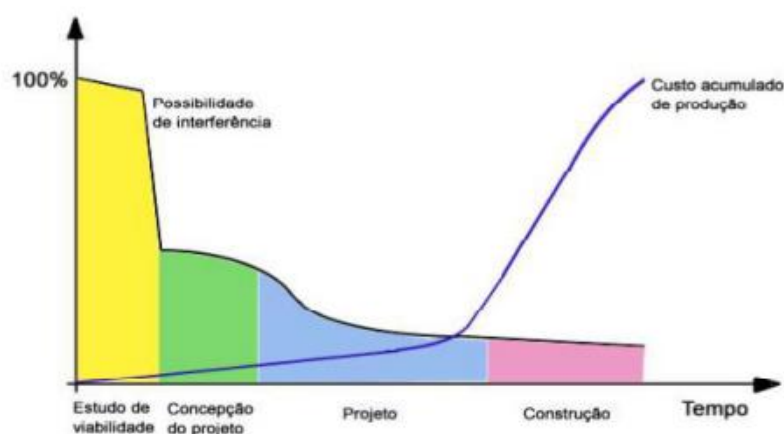
A elaboração de um projeto é uma antecipação e idealização de um objeto a ser construído. Em um projeto deve-se respeitar todos os princípios técnicos existentes e normas regulamentadoras. As etapas devem ser descritas e no caso de uma edificação, deve-se salientar desde o levantamento topográfico até o projeto final para execução (NBR 13.531:1995).

Um produto a ser construído passa por etapas durante a obra e a sua idealização exata é dificultada muitas vezes devido as ambições dos clientes. No anteprojeto inicial é apresentado ideias do que se quer e o que se sonha, porém tudo gera custos

e eventualmente o cliente esquece do poder de barganha. Isso pode implicar diretamente em alterações de projetos que vão em busca de materiais acessíveis ao proprietário. Em alguns casos o anteprojeto tende a ser bem dessemelhante ao *AsBuilt* (projeto que representa como foi construído) (FABRÍCIO, 2002).

As alterações, dependendo do momento a serem geradas, podem implicar no custo da obra. Conforme se inicia a concepção do projeto, dificulta-se a possibilidade de interferência como visto na figura 9. Exemplificando, tem-se um gráfico representativo de custo por tempo, onde a medida que as etapas vão avançando, menor é o poder de antecipação dos problemas e das possíveis alterações de correção em obra. Análises e compatibilizações mais aprofundadas no início do projeto tendem a gerar maior economia ao empreendimento (ÁVILA, 2006).

Figura 09 – Capacidade de influência no custo final de uma obra



Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

Uma obra, pode ser composta por mais de uma equipe e por diferentes projetistas (estruturais, arquitetônicos, hidráulicos, elétricos...). Compatibilizar projetos é verificar se entre um projeto hidráulico e um estrutural, por exemplo, os sistemas denominados não venham a ocupar o mesmo espaço, de maneira conflitante entre si. Além disto, projetos compatíveis garantem que os dados compartilhados tenham confiabilidade e consistência para as equipes de trabalho (GRAZIANO, 2003).

A compatibilização estabelece soluções que integram as diversas áreas que abrangem um empreendimento. De acordo com a pesquisa de Harmmarlund, a não compatibilização e a falta de informações em projetos são as principais causas das

falhas de execuções em obras, totalizando em sua pesquisa 51% dos problemas de gerenciamento nos empreendimentos (GRAZIANO, 2003).

As modificações em obras são constantemente geradas ao decorrer da execução do empreendimento. Em gerenciamento tradicional, cada prancha de projeto correlacionada a prancha alterada deve ser modificada. Devido aos *softwares* utilizados pelo sistema de gerenciamento tradicional, a modificação em cada prancha correlacionada é manualmente e não automaticamente como em plataformas paramétricas. A verificação e alterações fica sujeita a erros humanos, por exemplo: esquecimento de modificação do projeto elétrico, quando a arquitetura foi alterada. Devido aos erros de compatibilização ou esquecimento de atualizações das pranchas, involuntariamente os levantamentos quantitativos podem apresentar erros no orçamento final (GRAZIANO, 2003).

2.4 Orçamento da obra – Sistema de Gerenciamento Tradicional

Para uma obra, parte significativa dos custos, de energia e água gasta e de resíduos gerados pode ser definido a partir dos projetos apresentados. Quando os projetos bem planejados inicialmente, parte das possíveis falhas são identificadas e corrigidas no início do processo. Isto não implica em alterações frequentes que possam gerar mais custos. Como visto na figura 9, conforme evolui-se na execução de uma edificação, mais caro torna-se as alterações necessárias (GONZÁLES, 2008).

O prazo de execução de um projeto tem uma ligação próxima ao custo da obra. Recursos utilizados como equipamentos e mão de obra envolvida geram uma despesa mensal para o empreendimento. Um mês de atraso significa uma grande diferença no orçamento final. Portanto é necessário que seja cumprido adequadamente o plano e cronograma de obra que é definido antes da execução (GONZÁLES, 2008).

O orçamento é uma estimativa do custo necessário para a execução de uma obra. Já o total é o valor final pago para a conclusão do empreendimento. Um orçamento pode ser superestimado, de modo que as vezes o total seja menor que o orçado. Ou

um orçamento pode ser definido de forma errada e apresentar falhas, sendo assim o orçamento será menor que o total executado (GONZÁLES, 2008).

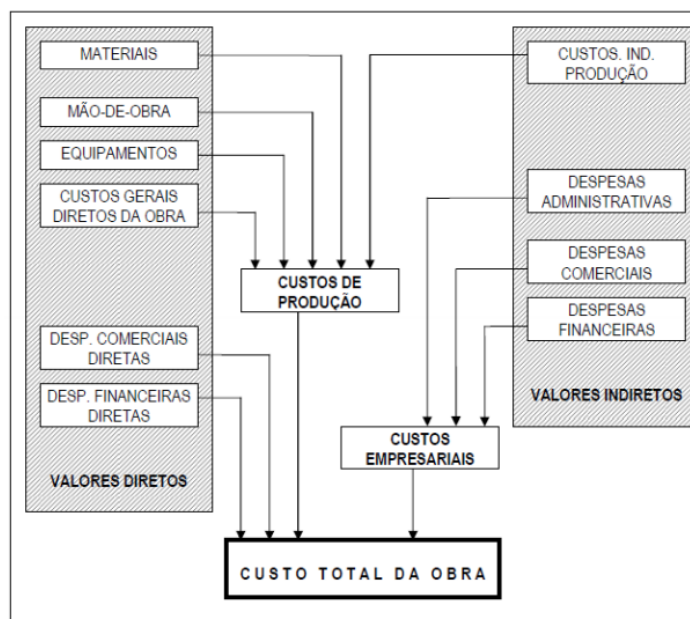
Junto ao orçamento é anexado o lucro pretendido pela construtora. Na maioria dos casos onde há falhas em orçamento, parte do lucro acaba sendo direcionada para a execução do imóvel, de modo que a empreiteira venha a adquirir um lucro menor do que o pretendido. De qualquer forma, o orçamento deve ser realizado antes do início da obra, para que seja realizado um planejamento adequado de execução e de maneira que funcione como ferramenta de controle do empreendimento (GONZÁLES, 2008).

O sistema de gerenciamento tradicional é um sistema simples e rápido de se aplicar, porque não é necessário a anexação de boa parte das informações da edificação no projeto inicial, diferente do sistema de gerenciamento com BIM. Na maioria dos empreendimentos deixa-se para escolher o material de acabamento ao longo da obra. A funcionalidade do sistema é bastante susceptível a erros humanos devido à grande necessidade de análise humana e a falta de informações ao longo do processo (MATTOS, 2006).

O orçamento é composto por custos diretos e indiretos, que segundo Cabral (1998) são:

- **CUTOS DIRETOS:** são as despesas que podem ser identificadas previamente em uma obra, relacionado com o produto a ser executado. São as despesas fixas necessárias para obtenção de materiais para a execução do empreendimento e também as despesas necessárias para custear a mão de obra direta.
- **CUSTOS INDIRETOS:** são os custos que não se relacionam diretamente com o produto executado. Por exemplo, são os custos gerados devido ao aluguel de máquinas para serviços em especiais. São as despesas que não são possíveis de serem obtidos previamente, sendo assim é necessário que muitas vezes se acrescente uma margem as despesas em custos diretos para suprirem os gastos indiretos.

Figura 10 – Custos diretos e indiretos



Fonte – CABRAL, 1988

3. Sistema de Gerenciamento com BIM

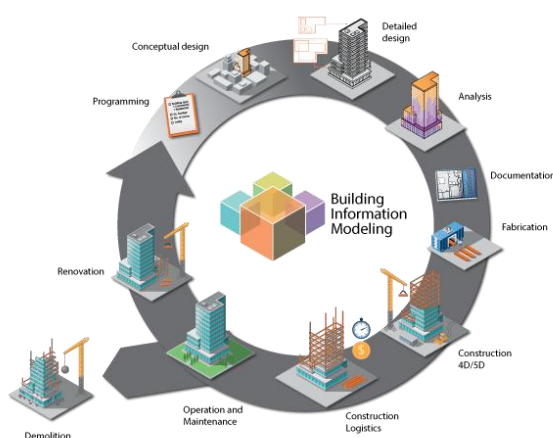
A nomenclatura *Building Information Modeling* se refere à *softwares* que permitem os seus usuários não só realizar um projeto de uma edificação, mas acrescentar informações importantes. As informações anexadas ao projeto são informações relevantes ao objeto projetado. O BIM é um conjunto de informações sobre uma edificação, a partir do qual é possível criar um modelo digital 3D que integra todas as informações relacionadas ao mesmo projeto. O projeto 3D pode ser considerado como *projeto mãe* e partir do qual é obtido todas as demais pranchas de desenho e informações de gerenciamento (CARDOSO et al. 2013).

Os projetos desenvolvidos em plataforma BIM são modelagens paramétricas. Projetos parametrizados, são desenhos não compostos somente por linhas, mas além de linhas contêm informações detalhadas de cada elemento desenhado. Antes de desenhar uma parede de uma edificação no período de projeto, por exemplo, deve-se informar quais são os elementos que compõem a parede, como: alvenaria, o traço da argamassa de assentamento e de reboco, o tipo, etc... (EASTMAN et al. 2014).

Um planejamento de uma edificação com o auxílio de um sistema paramétrico, pode auxiliar e trazer grandes benefícios para a equipe como: interação e compatibilização automática de projetos, obtenção de quantitativos automaticamente, conferência automática de erros em projetos e possibilidade de interação entre diferentes projetistas em uma plataforma digital de projetos. Mas também a tecnologia pode apresentar desafios na sua aplicação, os dois principais exemplos são: elevado investimento e necessidade de treinamento de equipes (EASTMAN et al. 2014).

Como percebe-se na figura 11, o *Building Information Modeling* procura integrar todas as fases de um projeto em uma única plataforma, em uma única base de trabalho digital que funcione de forma integrada. O BIM procura integrar pontos como: o design preliminar e detalhado, a realização de análises, geração de documentos, pré-fabricação de peças, execução e logística da obra, operação e manutenção da edificação e execução de reformas (LOYD'S REGISTER, 2016).

Figura 11 – Sistema de gerenciamento com BIM



Fonte - LOYD's REGISTER, 2016

É possível que o mesmo projeto possa imergir por um ambiente tridimensional, onde já no projeto conceitual, o resultado final pode ser visualizado durante a fase do detalhamento do projeto. É possível verificar qualquer vista externa ou interna e até mesmo a orientação solar de acordo com a hora e época escolhida (CROTTY, 2012).

O investimento para desenvolver um imóvel em um sistema paramétrico, pode facilmente retornar ao investidor. O consumo de energia de uma residência pode reduzir em 10% quando realizado análises como luminotécnico e de eficiência

energética (análises possíveis de serem feitas em *softwares* BIM). Essa redução, nos EUA é o equivalente de 8 a 10 mil dólares anuais para um ambiente de 4.645 metros quadrados (50.000 pés quadrados) (HODGES et al. 2005).

Também o BIM pode auxiliar equipes de trabalho formadas por diferentes nacionalidades a superar as barreiras de linguagem. Serviços executados em CAD, no canteiro de obras, sofrem anotações específicas sobre as pranchas realizadas pelos próprios funcionários, que utilizam a própria linguagem. O BIM pode ser utilizado como uma maneira intercambiável de comunicação entre os funcionários estrangeiros e auxiliá-los na comunicação em geral. O BIM permite que dentro de um *software* projetistas criem um grupo de trabalho e interajam juntos desenvolvendo uma edificação (SAWYER, 2006).

O BIM surgiu nos países mais desenvolvidos tecnologicamente, para facilitar a execução de projetos e alterações em obras, devidos as grandes exigências solicitadas por empresas para as mudanças em projetos de edificações durante a execução, na década de 70. Apresentado inicialmente pela *Enterprise Resources Planning* (ERP - Planejamento dos recursos da empresa), o Modelo de Informação da Construção pode ser utilizado em diferentes fases do projeto e da obra (CAMPESTRINI et al. 2015).

A referência mais antiga que se conhece hoje como BIM é o protótipo *Building Description System*⁶ publicado no jornal *American Institute of Architects (AIA)*⁷ pelo norte-americano Charles M. Eastman em 1975⁸. O trabalho publicado descrevia noções rotineiras de projetos como planos e perspectivas baseados em elementos modelados para evitar o redesenho, quando necessárias modificações. Também descrevia a análise de levantamentos quantitativos automatizados através

⁶ *Building Description System* ou sistema de descrição da construção é um conceito criado por uma equipe de estudiosos para descrever inicialmente projetos desenvolvidos em computadores com a anexação de informações referentes ao desenho, ou modelagem paramétrica.

⁷ O *American Institute of Architects*, ou instituto americano de arquitetos, foi fundado em 1857 por 13 arquitetos e hoje conta com mais de 90.000 membros. Com central em Washington, EUA, tem como objetivos buscar melhorias em projetos, discutir novas tecnologias e buscar avanços na área de projetos

⁸ Na época, 1975, Eastman estudava na Carnegie-Mellon University.

de projetos executados com dados paramétricos, facilitando a estimativa de custos e de materiais (MENEZES, 2011).

A tecnologia BIM começou a desenvolver-se principalmente na Europa, em especial no Reino Unido. O primeiro surgimento da tecnologia se deu em âmbito acadêmico através de trabalhos semelhantes ao de Eastman. Já no início de 1980 foi estudado e desenvolvido pelos norte-americanos, descrito pelos mesmos como *Building Product Models* (Modelo de Produto da Construção). Enquanto na mesma época os finlandeses estudavam e desenvolviam a mesma tecnologia, descrevendo-a como *Product Information Models* (Modelos de Informação da Construção) (MENEZES, 2011).

Em 2005, Laiserin e Eastman, em conjunto com Teicholz, organizaram a *Fisrt Industry-Academic Conference* em BIM. A partir de então, começou-se a divulgar a plataforma BIM em *software* específico e acessível à construtoras para a simulação em 4D-CAD⁹ pela *Comany Common Point, Inc.* (MÜLLER, 2015).

Projetos que utilizam a tecnologia BIM podem custar a partir de 20% a mais que projetos desenvolvidos em CAD, porém Gonzales destacou em 2017, na sua publicação da revista publicada pela editora PINI, que o retorno é garantido devido as seguintes vantagens:

- Desenvolvimento de automação das edificações;
- Simulação simultânea ao projeto dos custos de obra;
- Identificação automática de interferência em projetos;
- Plataforma interativa entre construtores, arquitetos, engenheiros, entre outros;
- Possibilidade de realização de simulações energéticas com maior precisão;
- Possibilita o maior controle de obras públicas evitando fraudes em projetos, orçamentos e controlando assim o desvio de verbas públicas.

⁹ O 4D-CAD foi a possibilidade de anexar o fator tempo junto à um projeto desenvolvido em plataforma CAD utilizando as 3 dimensões do espaço euclidiano. Na quarta dimensão, com a anexação do tempo de execução de cada etapa da obra, é possível de acompanhar o desenvolvimento da obra e a sua evolução em um programa compatível.

De acordo a um estudo realizado pela *Experiences Exchange in BIM*, a indústria da construção civil brasileira está entre as maiores do mundo, sendo responsável por 2% do setor global. Porém infelizmente no Brasil, a nova plataforma ainda é apenas uma tendência. O que mostra que o mercado nacional está em estágio inicial na busca de tecnologias e recursos que otimizem os processos construtivos (GONZALES, 2017).

O BIM apresenta as seguintes características:

Dimensões – 2D/ 3D/ 4D/ 5D/ 6D/ e 7D

Nos primeiros passos da implantação desta nova tecnologia por construtoras era utilizado somente para extração de plantas bidimensionais (2D) integradas a partir de modelos tridimensionais (3D) projetados. Após alguns anos as dimensões de um projeto evoluíram de forma que o desenho interagisse com os contratos, levantamentos quantitativos, análises, acompanhamento em obras entre outros recursos. Também foi necessário que mais informações fossem anexadas para que pudesse usufruir de todas as dimensões possíveis do planejamento de uma edificação (CARDOSO et al. 2013).

O setor dimensional de um modelo pode ir além das dimensões do espaço euclidiano. Algumas bibliografias se referem aos projetos mais ousados como “nD”, para mostrar a adição de novos parâmetros, não conseguindo presumir o número de dimensões estimadas do projeto (CARDOSO et al. 2013).

Quanto mais dimensões obtiver um projeto, mais informações são anexadas ao mesmo. Os parâmetros pré-estabelecidos em cada uma das dimensões podem auxiliar bastante na execução da obra, na obtenção de detalhamentos, na análise do gerenciamento da construção, na sustentabilidade da edificação e até nos relatórios para obtenção de certificado LEED¹⁰ (*Leadership in Energy and Environmental*) (CAMPESTRINI et al. 2015).

¹⁰ LEED é um certificado mundialmente conhecido concedido a edificações sustentáveis pela organização não governamental norte americana *Green Building Council* (USGBC), de acordo com os critérios de racionalização (energia, água, etc.) atendidos pela edificação avaliada.

Figura 12 – Dimensões do sistema de gerenciamento com BIM



2D – Duas Dimensões

Um projeto bidimensional é um desenho que envolva duas dimensões do espaço euclidiano, assim como uma planta baixa desenvolvida em CAD, como no sistema de gerenciamento tradicional. Nos modelos realizados em BIM, com mais de 2 dimensões, pode-se obter a partir de simples comandos plantas de projeto assim como no sistema tradicionais utilizadas normalmente em canteiro de obras (RIBEIRO, 2015).

3D – Três Dimensões

Um projeto tridimensional abrange todas as dimensões do espaço euclidiano. Quando modelado em 3D, o desenho de uma edificação permite ao usuário uma percepção maior do elemento. Na elaboração de rodovias, costuma-se utilizar plataformas 3D para a escolha do traçado, pois é possível ver o ambiente onde será realizada a obra, o que facilita a compreensão dos fatores ambientais (RIBEIRO, 2015).

Em 2007 nos Estados Unidos, foi indicado um decréscimo de 40% nas mudanças de projeto durante a obra devido ao uso de modelos 3D. A redução condigna a possibilidade de o cliente conseguir compreender melhor o objeto ao visualiza-lo em uma plataforma de três dimensões. Também gerou uma economia de 10% do valor de contrato, devido a visualização precoce de possíveis interferências (SMART MARKET REPORT, 2007).

O projeto dimensionado em três dimensões tende a ser mais demorado de executar que em duas dimensões como em CAD. O *clash detection*¹¹ (detecção de conflitos) é uma das grandes vantagens de se modelar em 3D. Esta ferramenta tende a identificar inconsistências entre o projeto, como um duto que foi projetado em um ponto onde se encontra um pilar estrutural (MATTOS, 2014).

¹¹ O *clash detection* é a realização automática da compatibilização de projetos, o qual se realiza visualmente quando projetamos em CAD. O termo refere-se à identificação de conflitos entre projetos de forma automática, assim como é realizado no sistema de gerenciamento com BIM.

4D – Quatro Dimensões

A quarta dimensão é o fator tempo anexado as três dimensões já descritas. A edição do fator tempo ao projeto permite retratar o ciclo de vida da construção, também uma visão singular da evolução no decorrer da obra, o passo a passo ou até mesmo dia a dia. Também é possível estimar melhor a posição de equipamentos temporários como guias ou guindastes (CARDOSO et al. 2012).

O cronograma da obra pode ser automaticamente formulado a partir do sistema de gerenciamento com BIM 4D. Os elementos paramétricos são atrelados ao cronograma do empreendimento e a correlação torna possível ao gestor acompanhar tecnologicamente o avanço físico da obra. Além de ser uma ferramenta de auxílio no gerenciamento, a quarta dimensão pode servir como ferramenta mercadológica também porque proporciona a montagem de vídeos da evolução do empreendimento para apresentação ao cliente (MATTOS, 2014).

5D – Quinta Dimensão

Na quinta dimensão é possível anexar valores aos objetos empregados em obra. Pode-se tabelar o preço de um simples prego como o utilizado na montagem de um caibro do telhado. Com o levantamento quantitativo automatizado do BIM, associado aos valores dos materiais pré-estabelecidos, é possível obter de forma segura o custo do projeto. Com isso se agiliza a forma de obter o orçamento e os processos de especificação de custos de um empreendimento orçado (CARDOSO et al. 2012).

6D – Sexta Dimensão

Para se obter informações do uso e da eficiência da edificação, utiliza-se a sexta dimensão em um projeto. Nesta dimensão é possível anexar informações como a validade dos materiais para estimar os ciclos de manutenção. Também viabiliza a análise dos fatores energética, luminotécnicos, acústicos, de ventilação, solar, entre outros fatores que possam influenciar na sustentabilidade da edificação. Modelos projetados nestas dimensões podem auxiliar na obtenção de custos de operação e manutenção do projeto após concluído (CAMPESTRINI et al. 2015).

Um projeto executado em BIM, na sexta dimensão, pode custar no mínimo 40% a mais que projetos em CAD. O preço do investimento se paga ao longo do ciclo de vida da edificação, por exemplo: uma análise energética viabiliza o posicionamento ideal de luminárias e o dimensionamento correto dos sistemas de calefação auxilia em uma melhor ventilação natural. Ao longo do tempo a economia dos custos em energia tendem a subsidiar os gastos realizados em estudos prévios de sustentabilidade da edificação (GONZALES, 2017).

7D – Sétima Dimensão

A sétima dimensão procura anexar ao projeto todos os aspectos de gestão de informação de ciclo de vida. Pode-se anexar laudos de garantias dos equipamentos e manuais para poder programar possíveis manutenções preventivas. Informações referentes aos fabricantes e fornecedores dos produtos utilizados são implantados ao projeto nesta dimensão, onde é importante a compreensão do conceito ao formato *Construction Operations Building Information Exchange* (COBir – subconjunto das informações necessárias para a gestão e operação do edifício) (RIBEIRO, 2015).

Com a sétima dimensão de um projeto, é possível obter um manual interativo da edificação executada. Devido a anexação das informações de cada fornecedor, nesta dimensão é possibilitado ao proprietário a obtenção de um sistema que alerta os períodos que devem ser realizados as manutenções periódicas de uma edificação. Isto possibilita uma maior vida útil de uma edificação (RIBEIRO, 2015).

Independente do porte da empresa, o que realmente importa para detectar falhas executivas é a compreensão dos processos. Através do BIM é possível otimizá-los de diferentes formas, tendo ao final da obra resultados positivos. Com o BIM é possível a identificação de pequenos à grandes obstáculos (GONZALES, 2017).

3.1 Cronograma – Sistema de Gerenciamento com BIM

Entre os grandes benefícios na utilização de plataforma BIM, está a possibilidade da redução do cronograma do projeto devido à possibilidade de pré-fabricação de peças com as dimensões exatas. Pode-se também obter estimativas de custos

confiáveis e precisos, devido aos parâmetros pré-estabelecidos no desenho (EASTMAN et al. 2014). Para auxílio na formulação do cronograma de construção, algumas plataformas BIM oferecem os seguintes recursos:

Ferramentas de Pré-Visualização

Softwares com aplicação BIM possibilitam ao usuário pré-visualizar o provável status da obra. Por exemplo, no *Navisworks*¹² da Autodesk, de acordo com a fabricante, a ferramenta que possibilita a pré-visualização é nomeada de TimeLiner:

Com a ferramenta TimeLiner é possível analisar o estado da obra, de maneira tridimensional e visual. Isto permite ver o efeito do planejamento no modelo e comparar as datas planejadas com as datas atuais. Junto a tarefa também podem ser atribuídos os custos, verificando também a alteração dos custos indiretos da obra.

A aplicação do TimeLiner pode ser útil para análise da instalação de uma grua ou posicionamento adequado de um guindaste móvel para que atenda um ponto sem a necessidade de vários deslocamentos. Isto pode auxiliar na agilidade da execução da obra. A locação de uma grua em uma obra de forma adequada pode ser realizada a partir do TimeLiner, verificando o crescimento da obra e se haverá ou não interferências.

Gráficos de *Gantt Chart*

Assim como no *MS Project*, utilizado com frequência nos sistemas de gerenciamento tradicional, nos *softwares* com base BIM é possível obter os gráficos de *Gantt Chart* de maneira automática, como no *Navisworks*. Todas alterações, como remoção de pilares, troca de posição de paredes e substituição de materiais, implica automaticamente na alteração dos gráficos de *Gantt Chart*, diferente do *MS Project* que não é automatizado e onde os dados precisam ser alimentados manualmente. No caso do *Navisworks*, os gráficos de *Gantt Chart* ficam visíveis na guia, abaixo do projeto, chamada como *Tasks* (AUTODESK, 2013).

¹² *Softwares* como o da Autodesk, o *Navisworks Simulate*, são ferramentas para os profissionais projetarem e controlarem o cronograma conforme são realizados os desenhos e as alterações parametrizadas de projeto durante a obra. A aplicação de um *software* que integra os projetos de três dimensões, as geometrias e as informações pode aprimorar a produtividade e a qualidade do projeto.

Figura 13 – Projeto apresentado no programa Navisworks utilizando a ferramenta de pré-visualização na parte superior e verificando os gráficos de *Gantt Chart* na base inferior



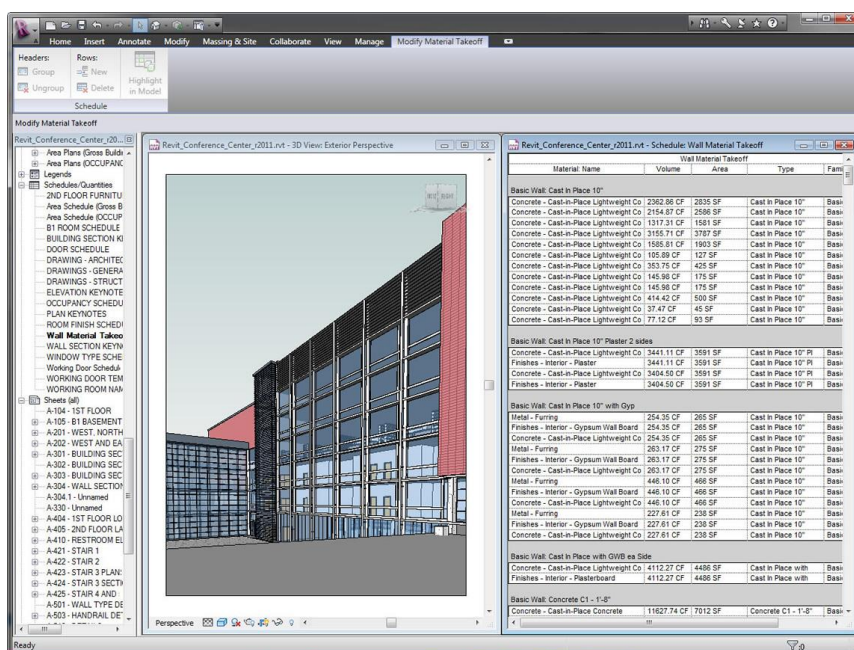
Fonte – EVANS, 2011.

3.2 Levantamento Quantitativo de Materiais – Sistema de Gerenciamento com BIM

No estudo de Alder (2006), foi comparado o tempo e a precisão entre o levantamento quantitativo utilizando CAD 2D e utilizando *software* BIM. Ao longo do estudo e da análise gerada por Alder, foi possível afirmar que através da tecnologia BIM é mais preciso e rápido de ser obtido os dados quantitativos, porém é necessário que ao longo do projeto seja anexado todas as informações dos materiais necessários.

Para gerarmos desenhos paramétricos definimos cada item antes de iniciar a modelagem. Os *softwares* BIM vão ao longo do projeto definindo de forma automática a quantidade de cada material. As deficiências dos levantamentos quantitativos tradicionais, gerados a partir de CAD 2D, destacam falta de imprecisão e confiabilidade das informações, por serem gerados a partir de análises manuais (ROGINSKI, 2011).

Figura 14 – Projeto apresentado no programa Revit no centro da imagem e ao lado direito está apresentado o resultado do levantamento quantitativo automatizado



Fonte – BEST SOFTWARE, 2017.

Estudos comparativos entre o levantamento quantitativo utilizando BIM ou CAD 2D gerados na cidade canadense de Vancouver, mostraram que os levantamentos obtidos dos programas BIM são mais precisos e confiáveis. Foi destacado também que para obtermos tal automatização e agilidade no levantamento é preciso que os projetos sejam alimentados pelas informações corretas. Isto significa um maior esforço e investimento de tempo ao longo da modelagem de um empreendimento, onde devemos definir os materiais (AMIRI, 2012).

Quanto mais preciso um levantamento quantitativo, mais sucesso financeiro é possível obter na execução de um projeto. O orçamento é executado e condicionado totalmente ao levantamento quantitativo, porque se deve saber a quantidade de materiais e seus valores exatos para obter o preço a ser gasto em material para a execução do empreendimento (XAVIER, 2008).

3.3 Compatibilização de Projetos – Sistema de Gerenciamento com BIM

Muitas alterações solicitadas em obra, pelos investidores, leva a equipe de execução à análise de possibilidade e a nova quantificação de custos. Esse procedimento necessita de tempo para o estudo de viabilidade de implantar a modificação solicitada na edificação, quando analisado em um desenvolvedor não paramétrico. O tempo de estudo pode ocasionar também em custos e atrasos, porém quando analisados em um projeto BIM, o resultado financeiro das possíveis modificações solicitadas pode ser obtido no prazo de minutos, assim como a modificação nos demais projetos referentes ao item alterado (EASTMAN et al. 2014).

Na fase final da execução, no sistema de projeto tradicional, é solicitado mais prazo para os engenheiros e desenhistas para a execução das modificações e dos desenhos conforme as instalações técnicas foram executadas na edificação (*AsBuilt*¹³), que é entregue junto a todos os manuais e equipamentos instalados ao proprietário. Quando executado o acompanhamento da obra no novo sistema discutido nesse trabalho, a execução de um projeto *AsBuilt* é quase desnecessário, visto que os mesmos já estarão concluídos após o término da obra. O sistema de gerenciamento BIM possibilita o acompanhamento e a atualização das modificações e execuções em uma maneira unificada que atenda todos os projetos simultaneamente (EASTMAN et al. 2014).

Entre as vantagens significativas do sistema de modelagem 3D a nD paramétrico, está a detecção de interferência entre objetos, que pode ser do tipo *hard* (ex.: um duto que tende a atravessar uma viga) ou do tipo *soft* (objetos que se encontram com uma distância menor que a mínima um do outro. Ex.: espaçamento entre as armaduras menor que o necessário para a passagem do agregado). A análise de interferências paramétricas está de acordo com a quantidade informações e regras dos objetos em específicos anexados ao desenho (EASTMAN et al. 2014).

O desenvolvimento de um projeto em plataforma BIM é a idealização de um desenho piloto, ou projeto mão, do qual é obtido todo e qualquer tipo de planta

¹³ *AsBuilt* é uma expressão inglesa que significa “como construído” muito utilizado no setor da Construção Civil. O termo refere-se aos projetos finais que mostram como exatamente foi construído uma edificação. O termo *AsBuilt* é encontrado na NBR 14.645-1.

necessária como: corte, fachada, planta baixa, estrutural ou de instalações. A automatização das outras pranchas, através do modelo paramétrico, descarta a necessidade de um profissional que execute manualmente a compatibilização entre projetos, o que diminui a probabilidade de erros (EASTMAN et al. 2014).

3.4 Orçamento da Obra – Sistema de Gerenciamento com BIM

O tipo de orçamento varia de acordo com as finalidades, níveis de informação e compreensão técnica dos programas ou dos técnicos que geram. A elaboração de um orçamento confiável e com o mínimo de erros possíveis determina o sucesso, ou o fracasso, de uma empresa (XAVIER, 2008).

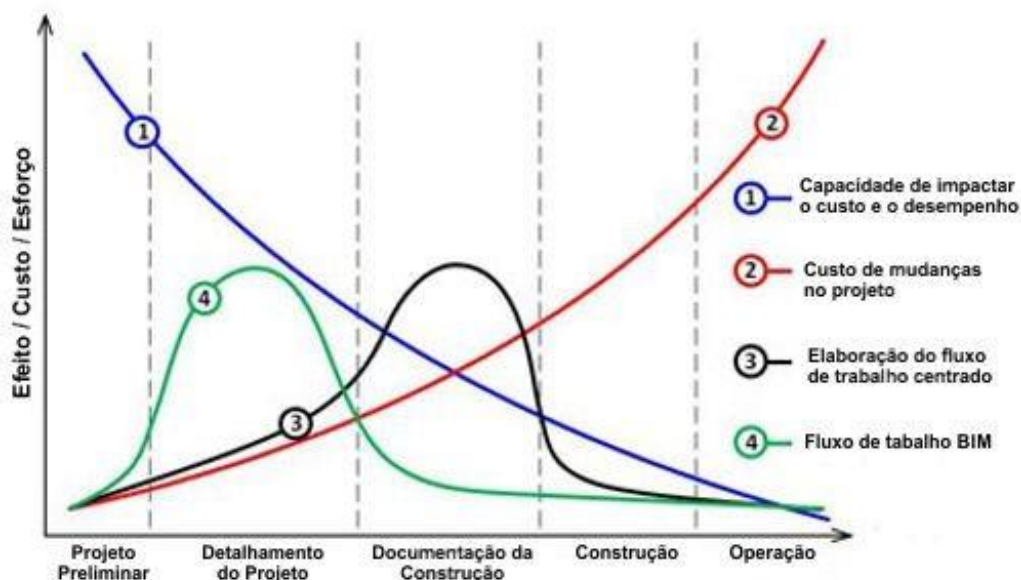
À medida que o projeto avança, quando executado em um modelo paramétrico, é possível obter estimativas convincentes de quantitativo e de custos simultaneamente. Assim, esse novo processo permite tomar decisões de alterações dentro das limitações propostas e no prazo considerado. Isso melhora na colaboração durante o projeto, reduz o tempo de análise e gera uma maior precisão nos resultados (EASTMAN et al. 2014).

O BIM pode reduzir os custos diretos de engenharia, devido a redução do tempo de equipes de engenheiros, nas seguintes maneiras: na utilização de automação das alterações dos projetos, na produção quase totalmente automatizada na geração de desenhos, nos levantamentos quantitativos automatizados, no retrabalho reduzido em razão ao controle dos projetos de qualidade e na coordenação eficaz de empreendimento (EASTMAN et al. 2014).

Conforme o fluxo da execução de uma edificação vai chegando ao final, o custo devido as mudanças em algum ponto do projeto tendem a aumentar exponencialmente e diminui da mesma maneira a capacidade das mudanças, como percebe-se na figura 15. O fluxo de trabalho BIM, por exigir a integração de todos os dados inicialmente, faz com que o anteprojeto seja tão completo quanto o projeto final. Devido a anexação de todos os dados é viável identificarmos possibilidades de alterações, para melhorias, antes do início da execução do empreendimento. Sendo

assim impactando as alterações no ponto onde modificações implicam um menor custo para o proprietário (COURT, 2006).

Figura 15 – Fluxo de trabalho, custos gerados pela modificação do projeto pelas diferentes etapas do empreendimento



Fonte – EASTMAN et al., 2014

Com a obtenção do quantitativo automatizado através dos programas BIM, é possível ter um resultado financeiro mais significativo e com menores discrepâncias finais. Ao anexar o valor em uma peça ou produto obtém-se através de multiplicação do quantitativo o resultado do orçamento direto da obra (EASTMAN et al. 2014).

De acordo com diferentes bibliografias, o orçamento obtido através da tecnologia BIM é um dos mais precisos. Visto que a obtenção do levantamento quantitativo, quando gerado em modelo BIM, apresenta uma maior precisão ao usuário (ANDRADE et al. 2002).

Além de se destacar a precisão, o orçamento pode ser atualizado a qualquer tempo devido a automatização do levantamento quantitativo. Sempre que houver a alteração do projeto, tanto arquitetônica ou de materiais pré-determinados, o custo final tende a se atualizar automaticamente, quando inserido os valores dos materiais. Isto viabiliza ao projetista simular diferentes preços e desenvolver o melhor custo da composição unitária da obra (GONZALES, 2017).

O BIM é um excelente sistema que pode melhorar os custos finais de um projeto. Porque, devido à precisão dos projetos e do orçamento e planejamento, é possível evitar desperdício de materiais e retrabalho, isto gera redução de custos. Devido ao uso do modelo virtual de projeto no BIM é possível prever falhas e antecipar diversos problemas que surgem ao longo da execução de um empreendimento (GONZALES, 2017).

O BIM, para ser aplicado por uma construtora demanda treinamento e customização. No mercado existem mais de duzentos softwares voltado à nova tecnologia, porém cada um atende uma específica área e a maioria é voltado à setores totalmente diferentes. Cada empresa deve buscar a melhor plataforma BIM que atenda às suas necessidades (GONZALES, 2017).

De acordo com Gonzales (2017), uma construtora de pequeno porte, que utiliza um sistema não integrado para projetar, tende a perceber que a obra tem um valor superior ao planejado somente ao longo da execução. Com o BIM é possível sanar esta dificuldade de gerenciamento, assim como outros possíveis, devido as precisões em projetos, orçamentos, dos controles de qualidades e dos controles de desperdícios de materiais.

METODOLOGIA

No primeiro momento desta monografia foi realizado uma revisão bibliográfica e aprofundamento no assunto, com o enfoque à gestão de obras e na tecnologia BIM. Foi apontado ao longo do trabalho as características de cada modelo estudado. Já na segunda etapa, foi realizado um estudo de caso a partir do levantamento de dados de uma obra concluída que utilizou o gerenciamento tradicional e que utilizou sistemas durante a construção como: projetos em CAD 2D, planilhas eletrônicas em excel, levantamentos quantitativos manuais e cronogramas em MS Project. A obra analisada é comparada a outras que utilizaram tecnologia BIM na gestão.

A partir dos dados coletados, foi realizado um levantamento das falhas que causaram impacto direto ao orçamento do empreendimento. O enfoque principal do contexto é o gerenciamento e forma analisados 4 critérios em específico:

1. Cronograma da obra;
2. Levantamento quantitativo de materiais;
3. Compatibilização de projetos;
4. Orçamento da obra.

Após a análise de dados, é realizado uma comparação com obras que utilizaram BIM através de levantamentos de dados Empíricos. As obras que utilizaram as plataformas paramétricas foram fontes de estudos de caso de Eastman para a publicação do livro *Manual de Bim: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. O livro utilizado como referência foi publicado por Eastman em 2014 e é uma referência global sobre o assunto BIM.

4. Dados Analisados

Para uma análise completa da obra, e para o auxílio da análise, no estudo de caso serão levantados os seguintes dados:

- Informações gerais;
- Guia mostrando as várias fases do projeto;
- Participantes e executores da obra, sendo apresentado os modos utilizados de integração entre as diferentes equipes;
- Os *softwares* empregados para a administração do projeto e as suas intercambiabilidades entre as equipes de trabalho;
- *Softwares* aplicados, em cada área de atuação.

A partir do levantamento de dados, será realizado uma análise do gerenciamento e uma busca dos pontos positivos e negativos no sistema de administração genérico utilizado na obra. A partir de dados empíricos será apresentado uma maneira de como suprir os erros obtidos na gestão do projeto, caso fosse aplicado o sistema de gerenciamento com BIM.

As diferenças entre o contratado e o executado serão apresentadas e em caso de discrepância nos resultados será buscado, através dos relatórios da construtora, as falhas e os erros significativos do sistema de gerenciamento utilizado. As falhas serão analisadas e será demonstrado, de forma sugestiva, como seriam corrigidos caso fosse adotado a tecnologia BIM.

Os possíveis impactos que a tecnologia BIM poderá causar à obra estudada, serão obtidos através de dados empíricos de estudos de casos realizados em obras onde foram aplicados o sistema de gerenciamento com BIM.

4.1 Obra utilizada como referência – Sistema de Gerenciamento Tradicional

Optou-se por estudar um empreendimento que poderia abordar diferentes aspectos e trazer ao estudo diferentes contextos. A obra escolhida apresentou uma complexibilidade de gerenciamento por tratar-se de um empreendimento com 4 diferentes ambientes edificados sendo eles: prédio empresarial, sede social, auditório

e agência bancária. Além do curto prazo, outro ponto que se destacou neste projeto foi a incompatibilização de diferentes projetos executivos.

Optou-se por escolher a obra para análise pelos seguintes motivos:

- Localiza-se no Vale do Taquari (Mesma região da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES);
- Atende mais de um tipo de edificação (auditório, sede social, prédio emprearia e agência bancária), tornando o trabalho um material mais amplo.

O empreendimento em questão foi executado por uma construtora brasileira, gaúcha, que pertence a acionistas alemães. A obra é composta por quatro edificações, sendo elas:

- Auditório com capacidade para 600 (seiscentas) pessoas;
- Prédio empresarial de 6 (seis) pavimentos;
- Agência bancária térrea;
- Complexo esportivo de 2 (dois) pavimentos.

Ao todo, o complexo possui mais de nove mil metros quadrados edificados, em uma cidade do Vale do Taquari. Durante a administração da execução do projeto, foram utilizados recursos do método tradicional de gerenciamento de obras. O trabalho apresenta os métodos utilizados e também apresenta o impacto causado a partir da aplicação do BIM.

A empresa que gerenciou a obra tem sede na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. A construtora atua 69 anos no ramo da construção civil, até então a companhia vem se destacando pelas obras que realiza e que já realizou. Ao longo dos anos recebeu diferentes prêmios significativos. A empresa já atuou nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Bahia, Sergipe e Distrito Federal.

Por motivos de sigilo, submetidos junto ao grupo, não será permitido a identificação da empresa proprietária do empreendimento, assim como a construtora neste trabalho.

Optou-se em um empreendimento que adotasse mais de um tipo de edificação ao mesmo tempo, para o trabalho poder ser utilizado em diferentes setores construtivos. Para o trabalho foi separado uma obra que apresentou destaque no Vale do Taquari. Uma nova sede à um Banco composta por um prédio administrativo de 6 pavimentos, uma agência bancária, um auditório e uma sede campestre conforme o zoneamento na figura 16.

Figura 16 – Disposição das edificações da Obra Analisada



Fonte – Construtora analisada pelo trabalho, 2017.

As figuras a seguir destacam o empreendimento ao todo, mostrando cada prédio edificado para se ter uma melhor compreensão do empreendimento. As figuras de 11 à 18 foram geradas pela equipe de arquitetura, a qual, por motivos acadêmicos, será também mantida em sigilo neste trabalho, assim como qualquer empresa envolvida no projeto.

Figura 17 – Sede Social



Fonte – Construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Figura 18 – Auditório (Vista do Palco)



Fonte – Construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Figura 19 – Prédio empresarial e Agência Bancária



Fonte – Construtora analisada pelo trabalho, 2017.

O contrato realizado entre o cliente e a empresa foi do tipo Empreitada Global¹⁴ constituído de projetos, construção, provisão e instalações. O contrato foi um importante material, pois serviu como base a partir do qual foi estabelecido todas as posições entre as empresas envolvidas no empreendimento e em cada etapa. No documento estava previsto:

- Trabalhos Cíveis: terraplenagem, estruturas em concreto armado e metálicas, fechamentos de parede em alvenaria, pele de vidro, bloco celular ou gesso

¹⁴ O contrato de Empreitada Global é um contrato de execução de uma obra com o preço fixo determinado com o cliente antes do início da execução.

cartonado, revestimentos diversos, pavimentação externa, paisagismo, cercamento da área e serviços complementares;

- Instalação: entrada de energia de média tensão, subestação, gerador, iluminação, instalações elétricas, hidrossanitárias, pluviais, sistema de climatização, cabeamento estruturado, sistema de prevenção e combate à incêndios, elevadores, infraestrutura para automação e para monitoramento por câmeras.

A mão de obra contratada pela construtora era dividida entre mão de obra própria direta (MOD¹⁵) e indireta (MOI¹⁶):

Tabela 01 – Quantitativo de funcionários por empresa na obra

MÃO DE OBRA	SERVOÇO - EMPRESA	Nº DE FUNCIONÁRIOS
MOI Construtora	Administrativo	11 funcionários
MOD Construtora	Organização do canteiro de obras	4 funcionários
MOD Terceirizada	Acabamento e Nivelamento de Piso de Concreto	10 funcionários
MOD Terceirizada	Cercamento, Gradeamento e Guarda-corpos	6 funcionários
MOD Terceirizada	Colocação de Basalto e Granito	10 funcionários
MOD Terceirizada	Colocação de Carpete	4 funcionários
MOD Terceirizada	Colocação de Porcelanato	5 funcionários
MOD Terceirizada	Instalação de Divisórias Internas de Vidro	2 funcionários
MOD Terceirizada	Esquadrias de Madeira	2 funcionários
MOD Terceirizada	Esquadrias de Vidro	7 funcionários
MOD Terceirizada	Fundações	7 funcionários
MOD Terceirizada	Gesso Acartonado (DryWall)	21 funcionários
MOD Terceirizada	Guindastes e Serviços de Movimentação de Cargas	5 funcionários
MOD Terceirizada	Impermeabilização	5 funcionários
MOD Terceirizada	Instalação de Ar Condicionados	6 funcionários
MOD Terceirizada	Instalação de Cabeamento Estruturado	5 funcionários
MOD Terceirizada	Instalação Elétricas e Hidrossanitárias	15 funcionários
MOD Terceirizada	Jardinagem	2 funcionários
MOD Terceirizada	Limpeza do Canteiro de Obras	1 funcionários
MOD Terceirizada	Limpeza Final da Obra	5 funcionários
MOD Terceirizada	Mão de Obra Civil - Empresa 01	40 funcionários
MOD Terceirizada	Mão de Obra Civil - Empresa 02	32 funcionários
MOD Terceirizada	Mão de Obra Civil - Empresa 03	13 funcionários
MOD Terceirizada	Montagem de Elevadores	3 funcionários
MOD Terceirizada	Montagem de Estruturas Metálicas	7 funcionários
MOD Terceirizada	Montagem de Balancins	3 funcionários
MOD Terceirizada	Muro de Gabião	4 funcionários
MOD Terceirizada	Pavimentação	8 funcionários
MOD Terceirizada	Pintura	11 funcionários
MOD Terceirizada	Revestimentos de Alumínio Externos	2 funcionários
MOD Terceirizada	Revestimentos de Madeira Internos	6 funcionários
MOD Terceirizada	Revestimentos Diversos Externos	5 funcionários
MOD Terceirizada	Terraplenagem	5 funcionários
MOD Terceirizada	Topografia	3 funcionários
MOD Terceirizada	Zeladoria	2 funcionários
TOTAL =		277 funcionários

Fonte – Adaptado pelo autor com base na Construtora analisada, 2017.

¹⁵ MOD: funcionários contratados pela construtora, ou por empresas terceirizadas que prestavam serviço a obra. A mão de obra direta caracterizava-se pelos funcionários que atuavam diretamente no empreendimento;

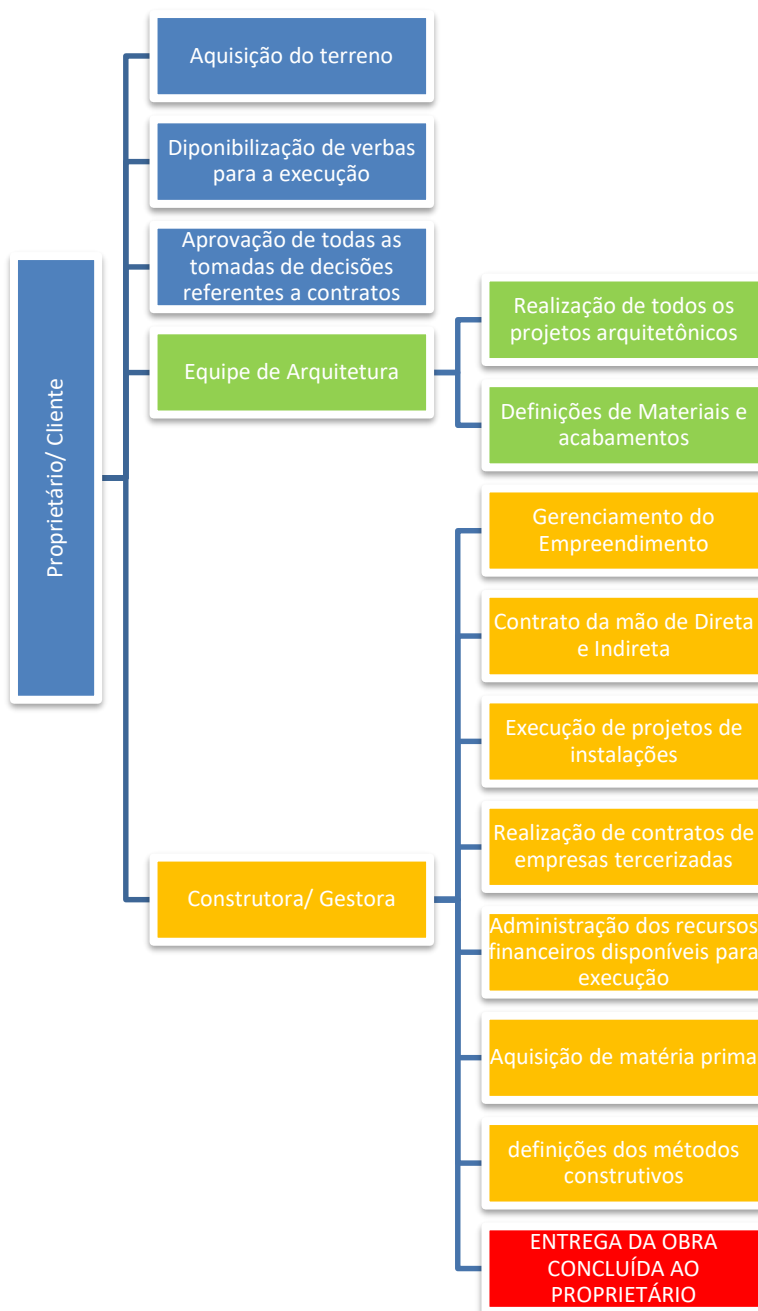
¹⁶ MOI: funcionários contratados pela empresa que exerciam funções administrativas ao empreendimento.

Durante a execução, foram utilizados os seguintes métodos construtivos:

- Estaca tipo raiz em rochas;
- Blocos de coroamento;
- Vigas de fundação;
- Cortinas e muros de contenção;
- Lajes nervuradas, maciças ou com painéis treliçados moldados *in loco* em concreto armado;
- Muro de gabião em pedra basáltica e tela armada;
- Coberturas em estrutura metálica;
- Telhas termoacústicas com poliuretano e manta acústica;
- Paredes em blocos cerâmicos ou gesso acartonado;
- Revestimento de alvenaria em argamassa;
- Fachadas em pele de vidro, miniwave, screenpanel ou brise B57 da Hunter Douglas;
- Piso em porcelanato, vínico, tabuado ou carpete.

O figura 20 destaca a funcionalidade entre a construtora e os demais envolvidos na concepção do projeto.

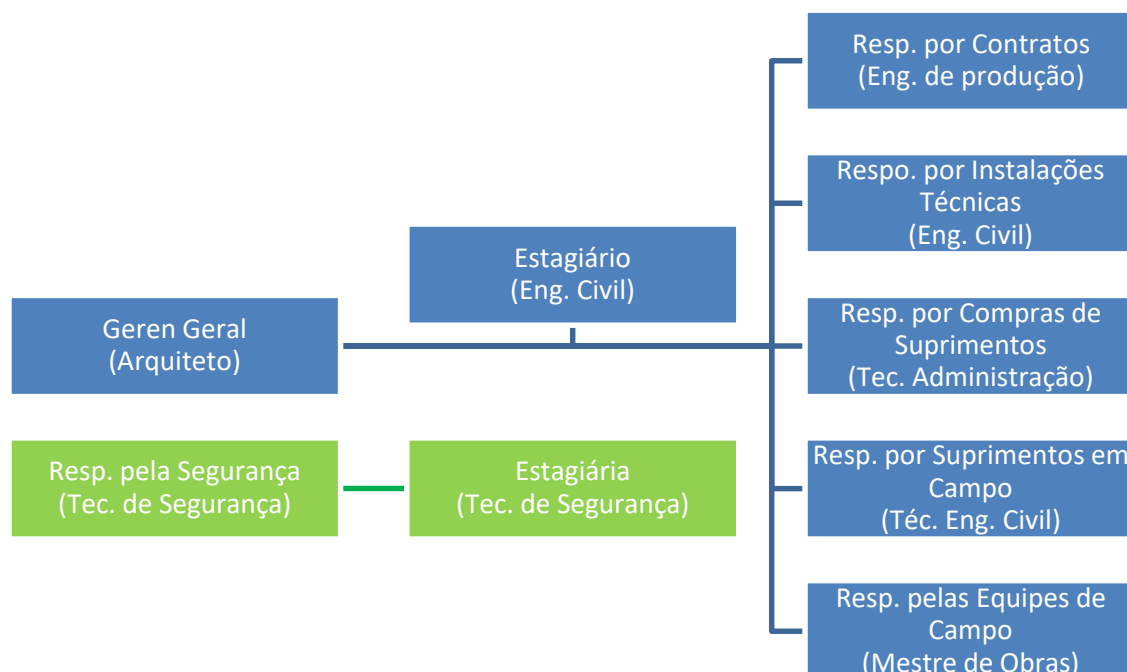
Figura 20 – Disposição e reponsabilidades de cada membro envolvido na obra



Fonte – Adaptado pelo autor com base na Construtora analisada, 2017.

A obra contava com 11 funcionários, contratados pela construtora, para ser gerenciada. A disposição de cada funcionário seguia o esquema representado na figura a seguir.

Figura 21 – Organização da equipe de trabalho no gerenciamento da Obra



Fonte – Adaptado pelo autor com base na Construtora analisada, 2017.

4.2 Obras utilizadas como referências – Sistema de Gerenciamento com BIM

Para comparar a produtividade de uma obra BIM, utilizou-se referências bibliográficas devido à falta de empreendimentos adeptos à tecnologia que vai além do 4D na região. Durante a execução do trabalho de conclusão, foi realizada uma pesquisa por obras que fossem gerenciadas a partir do BIM. Infelizmente não foi encontrado algum empreendimento que utilizasse a tecnologia BIM.

Os estudos de caso utilizados para demonstrar as eficiências das plataformas tecnológicas parametrizados, foram realizados por Eastman em seu livro Manual de BIM. Como Eastman discute em seu livro publicado em 2014, nenhum projeto até o momento da publicação conseguiu concretizar todos os benefícios do BIM, assim como é improvável comprovar que todos os benefícios da mesma tecnologia já tenham sido identificados, como discutido na revisão bibliográfica sobre as dimensões além das 7 estimadas (EASTMAN et al. 2014).

Durante o estudo de caso de Eastman, foram analisadas 10 obras conforme a tabela 02, porem em somente 6 obras tiveram a participação do construtor no estudo de caso. Como a análise desta monografia abrange somente o sistema de gerenciamento da execução na fase de concepção da obra, a construção e a produtividade da construtora, foi optado por analisar os empreendimentos estudados por Eastman que atenderam a fase do envolvimento. Das 10 obras, portanto somente seis poderão ser utilizadas como referência para este trabalho, como destacado na tabela a seguir.

Tabela 02 – Obras estudadas por Eastman (Gerenciadas por BIM)

Identificador para a Monografia:	E01	E02	E03	E04	E05	E06				
	Fabrica da General Motors (Michigan, EUA)	Plan. de Facilidades da Guarda Costeira (Diferentes locais - EUA)	Centro Médico Camino (California - EUA)	Centro Aquatico Ncional (Pequim - China)	Edificio de Escritórios do Governo Federal (California - EUA)	Edificio Residencial na 11º Avenida, 100 (New York - EUA)	Torre Comercial One Island East (Hong Kong - China)	Estutura do Estacionamento Penn National (PA - EUA)	Empreendimento Comercial Hillwood (Texas - EUA)	Tribunal Federal (Mississippi - EUA)
Fases participantes										
Proprietário/ incorporadora	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Arquiteto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Engenheiro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Construtor	✓		✓	✓	✓		✓	✓		
Subempreiteiro/ fabricante	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Operação/ usuário final	✓	✓							✓	

Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

Das obras E01, E02, E03, E04, E05 e E06 (referidos pelo autor as obras como E para Eastman e o número para uma sequência), Eastman analisou e destacou os seguintes benefícios obtidos pela implantação do BIM de acordo com a tabela 03.

Tabela 03 – Benefícios obtidos pelas obras estudadas por Eastman em 2014

Identificador para a Monografia:	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Fase: Execução da construção/ Coordenação	Fabrica da General Motors (Michigan, EUA)	Centro Médico Camino (California - EUA)	Centro Aquatico Ncional (Pequim - China)	Edifício de Escritórios do Governo Federal (California - EUA)	Torre Comercial One Island East (Hong Kong - China)	Empreendimento Comercial Hillwood (Texas - EUA)
Colaboração das múltiplas disciplinas do projeto desde o início	✓	✓	✓	✓		
Sincronização de projeto e planejamento da construção	✓	✓			✓	
Erros descobertos antes da construção (detectação de interferências)	✓	✓		✓	✓	
Acionamento da fabricação e maior uso de componentes prefabricados		✓	✓			
Suporte às técnicas de construção enxuta	✓	✓				
Coordenação/ Sincronização de suprimentos	✓	✓	✓			

Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

Posteriormente foi optado por discutir neste trabalho somente 3 obras das 6. Foram os seguintes empreendimentos: E01, E02 e E05. As 3 obras foram selecionadas por se caracterizarem obras de contratos semelhantes a analisada. Todos os empreendimentos foram executados por construtoras gerenciadoras terceirizadas. O arquiteto, terreno, as definições de custos foram tomadas pelo cliente, assim como descrito na obra analisada (Figura 20). As 3 obras também foram selecionadas pelos seguintes motivos apontados na tabela 04 e por atender os critérios de análise apontados pela tabela 05.

Tabela 04 – Motivos de escolhas dos empreendimentos analisados por Eastman para análise

Identificador para a Monografia:	E01	E02	E05
Motivos de escolha dos empreendimentos para análise			
Quantidade de informações.	✓	✓	
Vários de benefícios obtidos, por adotar a tecnologia BIM, de acordo com a tabela 03.	✓	✓	✓
De acordo com Eastman, a obra apresentou poucos benefícios como visto na tabela 03.			✓
Os projetos foram primeiramente concebidos em tecnologia 2D e depois adaptados a tecnologia BIM.		✓	✓
Assim como a obra que será analisada a produtividade do gerenciamento, o empreendimento foi composto por diferentes prédios com diferentes funções.			
Alta complexibilidade de gerenciamento e execução do empreendimento.			
Obra realizada por uma empresa que não estava adaptada à tecnologia BIM antes de executar o empreendimento. A empresa optou por adotar a tecnologia durante o empreendimento.		✓	
Uma obra que foi realizado de maneira extremamente rápida, com o ganho estimado de mais de 50% do prazo de execução, se executada de maneira tradicional.	✓		

Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

Tabela 05 – Critérios analisados pelo trabalho que estão presentes nas obras analisadas por Eastman

Identificador para a Monografia:	E01	E02	E05
Critérios analisados pelo trabalho			
1 Cronograma	✓	✓	✓
2 Levantamento Quantitativo de Materiais	✓		✓
3 Compatibilização de Projetos	✓	✓	✓
4 Orçamento da obra	✓	✓	✓

Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

ESTUDO DE CASO

5.1 Obra Analisada – Sistema de Gerenciamento Tradicional

Devido a solicitações de sigilo, este subcapítulo se nomeia como *Obra Analisada – Gerenciamento Tradicional*. Neste ponto do trabalho será analisado a efetividade da equipe de gerenciamento e do empreendimento, já descritos, de acordo com os pontos citados na metodologia:

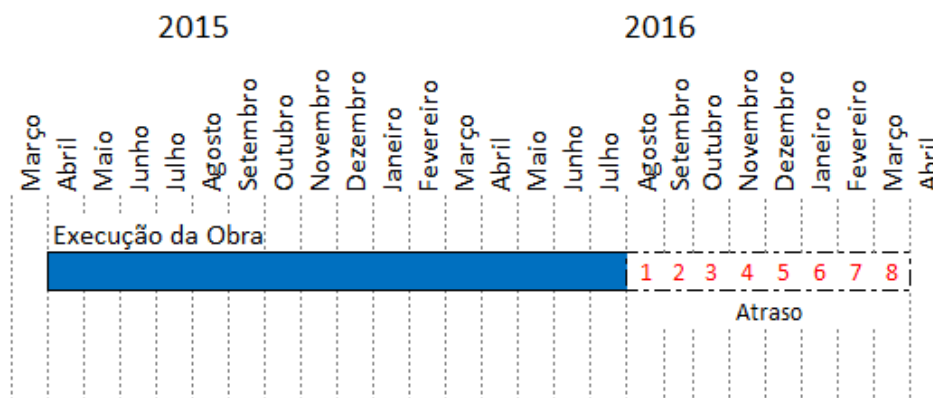
1. Cronograma da obra;
2. Levantamento quantitativo de materiais;
3. Compatibilização de projetos;
4. Orçamento da obra.

5.1.1 Cronograma – Obra Analisada

Todo o cronograma do empreendimento foi realizado com o auxílio de planilhas eletrônicas ou o programa *MS Project* desenvolvido pela Microsoft. O programa *MS Project* ou as planilhas eletrônicas eram alimentadas manualmente pela equipe de gerenciamento do empreendimento.

A obra iniciou no mês de abril de 2015, tendo firmado com o cliente o prazo máximo de 16 meses de obra. A entrega ao cliente estava estipulada para o mês de julho de 2016. A obra foi entregue pela equipe de gerenciamento no mês de março de 2017 (oito meses após o final do contrato) conforme apresentado na figura 22.

Figura 22 – Cronograma da obra analisada



Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

A produtividade do empreendimento foi controlada através do PPC (Percentual de Pacotes Concluídos) por períodos semanais. Cada equipe terceirizada envolvida no empreendimento foi acompanhada pela construtora de perto, a qual registrava as falhas e os motivos por não concluir as tarefas a cada semana.

Dos registros semanais de produção, foi possível obter os dados completos para análise das equipes de produção das seguintes semanas (todas no ano de 2016):

- 39: 11/01 a 17/01 (realizado a avaliação de cada atividade);
- 43: 08/02 a 14/02 (realizado a avaliação de cada atividade);
- 44: 15/02 a 21/02 (realizado a avaliação de cada atividade);
- 45: 22/02 a 28/02 (realizado a avaliação de cada atividade);
- 57: 16/05 a 22/05 (realizado a avaliação de cada atividade);
- 58: 23/05 a 29/05 (realizado a avaliação de cada atividade);
- 59: 30/05 a 05/06 (realizado a avaliação de cada atividade);
- 60: 06/06 a 12/06 (realizado a avaliação de cada atividade);
- 61: 13/06 a 19/06 (realizado a avaliação de cada atividade);

Nas semanas 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61 pode ser mapeado as falhas e motivos das tarefas não concluídas. De acordo com o PPC padrão gerado pela empresa analisada, as tarefas, ao passar da semana, eram classificadas como não concluídas (0%), parcialmente (20%) ou totalmente concluídas (100%). Das tarefas

não concluídas ou parcialmente concluídas eram anexadas um motivo da não efetividade, os motivos seguiam o seguinte padrão conforme a tabela 06.

Tabela 06 – Causas apontadas no PPC para justificativa de atividades não executadas

Causas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	Alt. Proj.-cliente	Alt. Proj. - Tedesco	MO própria	MO empreiteiro	Equipamento	Seg. Trab.	Clima	Aprovação do cliente	Licenças	Especificações	Material-Emp.	Material Ted.	Insp. desacordo	Alt. prioridade/cliente	Tarefa ant. ã concl.	Interf. de outra ativid.	Alt. Prioridade/Ted.	Falta de projeto	Erro sequenciamento	Superest. produtiv.	Falta Energia / Água	Falta de comprometimento	Interf. ativ. do cliente	Probi. contratação do emprei		

Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Deve-se destacar que após o mês de setembro, o responsável técnico pela execução das programações semanais e os devidos controles não se encontrava mais na obra. Também foi informado que o controle e a programação semanal em alguns períodos eram realizados, porém, não registrado os resultados do controle da produtividade na semana seguinte. O registro não era realizado por causa da falta de tempo da equipe e do elevado número de funções destinada aos envolvidos no gerenciamento.

Como apontado nas notas de aula pelo professor de gerenciamento Pregeli Neto da Universidade do Vale do Taquari em 2017:

O PPC é uma forma de controle totalmente eficaz. A programação semanal não serve somente para orientação das equipes de trabalho no que fazer, mas serve também como orientação à equipe de compras de suprimentos.

Tal programação semanal era também utilizada pelos responsáveis dos suprimentos da obra para saberem quando realizar a compra de cada material para não ocorrer falta durante as execuções dos serviços. Também era utilizado, como descrito no trabalho, para apontar as falhas e motivos das atividades que não foram 100% concluídas como pré-estimado. O apontamento de falhas servia de base de correção nas semanas seguintes para uma maior efetividade.

Das semanas que se pôde analisar a efetividade de não concluída, parcialmente concluída e concluída (39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61), pode-se mapear a seguinte produtividade geral da obra como mostra as tabelas 07 e 08 e a figura 23.

Tabela 07 – Mapeamento do relatório de PPC das semanas 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61

Semana	Período		Número de Atividades Listadas no PPC	Quantidade de atividades		
	Início	Final		Não Concluídas 0%	Parcialmente Concluídas 20%	Concluídas 100%
39	11/01/2016	17/01/2016	24	3	10	11
43	08/02/2016	14/02/2016	46	9	16	21
44	15/02/2016	21/02/2016	35	8	12	15
45	22/02/2016	28/02/2016	52	8	11	33
57	16/05/2016	22/05/2016	83	35	20	28
58	23/05/2016	29/05/2016	111	49	22	40
59	30/05/2016	05/06/2016	108	49	19	40
60	06/06/2016	12/06/2016	119	40	25	54
61	13/06/2016	19/06/2016	128	44	27	57

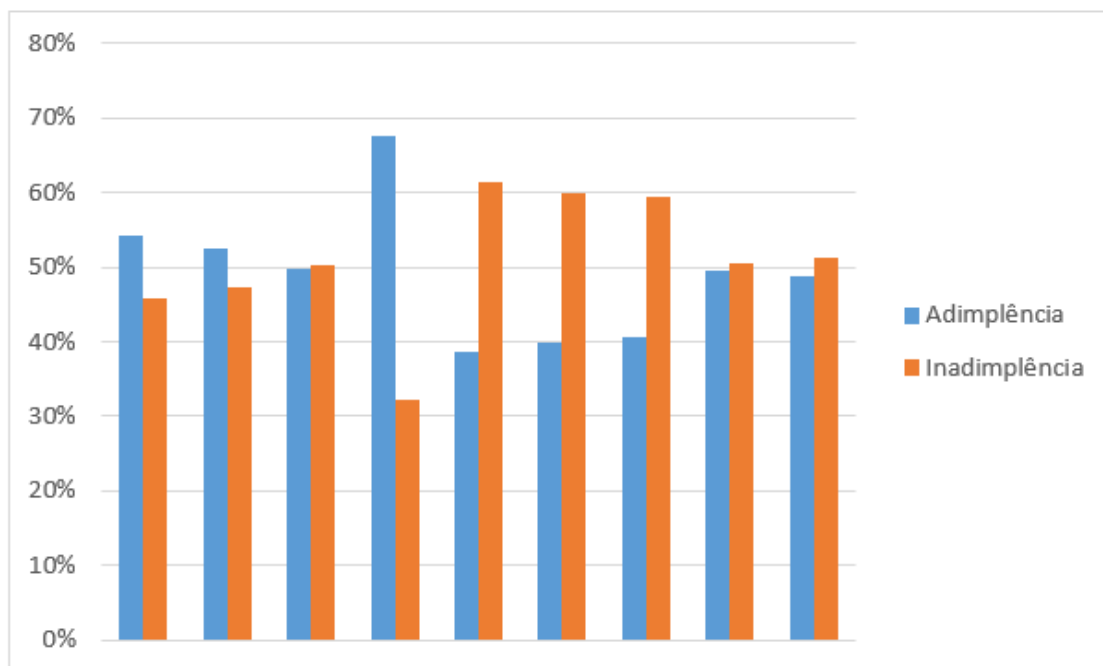
Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Tabela 08 – Resultados do mapeamento do relatório de PPC das semanas 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61

Semana	Período		Produtividade Geral		3 Principais motivos destacados da não conclusão das atividades		
	Início	Final	Inadimplência	Adimplência	1º	2º	3º
39	11/01/2016	17/01/2016	46%	54%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Produção Superestimada	Falta de Mão de Obra Própria
43	08/02/2016	14/02/2016	47%	53%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Tarefa Anterior Não Concluída	Inadimplência na Solicitação de Material
44	15/02/2016	21/02/2016	50%	50%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Tarefa Anterior Não Concluída	Tarefas Prioritárias atendidas na hora
45	22/02/2016	28/02/2016	32%	68%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Tarefa Anterior Não Concluída	Não listado uma terceira causa
57	16/05/2016	22/05/2016	61%	39%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Interferência do Outra Atividade	Produção Superestimada
58	23/05/2016	29/05/2016	60%	40%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Interferência do Outra Atividade	Produção Superestimada
59	30/05/2016	05/06/2016	59%	41%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Produção Superestimada	Interferência do Outra Atividade
60	06/06/2016	12/06/2016	50%	50%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Clima	Interferência do Outra Atividade
61	13/06/2016	19/06/2016	51%	49%	Falta de Mão de Obra - Empreiteira	Interferência do Outra Atividade	Comprometimento das Equipes

Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Figura 23 – Resultados do mapeamento do relatório de PPC das semanas 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61



Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Tanto em relatórios quanto em apontamentos por membros da equipe que gerenciava, a principal causa apontada e utilizada como argumento para a inadimplência de serviços foi a falta de mão de obra do empreiteiro. Entre outros motivos, houve também bastante argumentos apontando a interferência de outras atividades, como visto na tabela 08. Também por consequência, outro motivo apontado pela equipe foi a não conclusão de tarefas anteriores.

Existe um motivo, pouco listado na tabela 08, mas que em três semanas aparece (nas semanas que maior inadimplência a obra teve), o que deve apontar uma conclusão aos cronogramas mal formulados: PRODUÇÃO SUPERESTIMADA (Semana 57, 58 e 59).

Com a produção superestimada, pode-se supor que a falta da mão de obra do empreiteiro foi na verdade um argumento apontado pela equipe que formulava os cronogramas. Pode-se supor que foi uma falha humana superestimando tarefas para uma equipe que não conseguiria atender o solicitado, supercarregando as empreiteiras de serviço, caso contrário deveria ser corrigido e buscado mais mão de obra no mercado nas semanas seguintes.

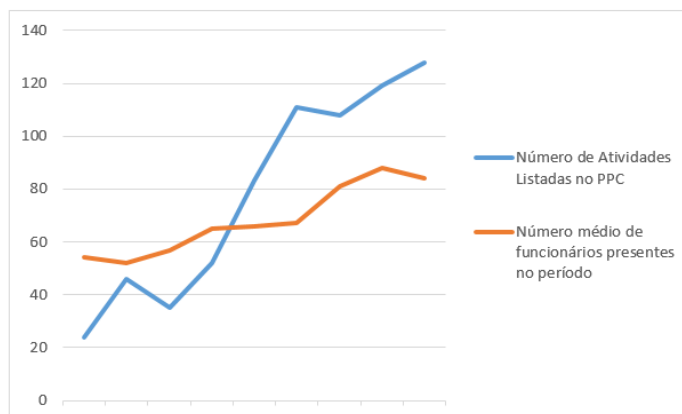
As atividades listadas em cada período semanal foram crescendo gradualmente. Para se comprovar a suposição, que as atividades listadas em cada período não concluídas foram devido à falta de mão de obra ou por superprodução estimada pela equipe de gerenciamento, foi analisado os dados do efetivo¹⁷ da construtora para verificar o número de funcionários médios em cada período em campo como mostra a tabela 09 e a figura 24.

Tabela 09 – Número médio de funcionários presentes na obra nas seguintes semanas: 39, 43, 44, 45, 57, 58, 59, 60 e 61

Semana	Período		Número de Atividades Listadas no PPC	Número médio de funcionários presentes no período	Produtividade Geral	
	Início	Final			Inadimplência	Adimplência
39	11/01/2016	17/01/2016	24	54	46%	54%
43	08/02/2016	14/02/2016	46	52	47%	53%
44	15/02/2016	21/02/2016	35	57	50%	50%
45	22/02/2016	28/02/2016	52	65	32%	68%
57	16/05/2016	22/05/2016	83	66	61%	39%
58	23/05/2016	29/05/2016	111	67	60%	40%
59	30/05/2016	05/06/2016	108	81	59%	41%
60	06/06/2016	12/06/2016	119	88	50%	50%
61	13/06/2016	19/06/2016	128	84	51%	49%

Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Figura 24 – Número médio de funcionários presentes na obra e número de atividades listadas



Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Nos 4 primeiros períodos analisados, o número de funcionários médio na obra foi maior que o número de atividade listadas. A adimplência das atividades não diminuiu nestes 4 períodos para menos de 50%, porém nas semanas seguinte o número de

¹⁷ O efetivo era o controle de funcionários realizado pela equipe de segurança da portaria da obra, a qual registrava a cada dia de serviço a entrada de cada funcionário.

atividades cresceu e o de funcionários não acompanhou, conseqüentemente nenhum período apresentou adimplência maior que 50%.

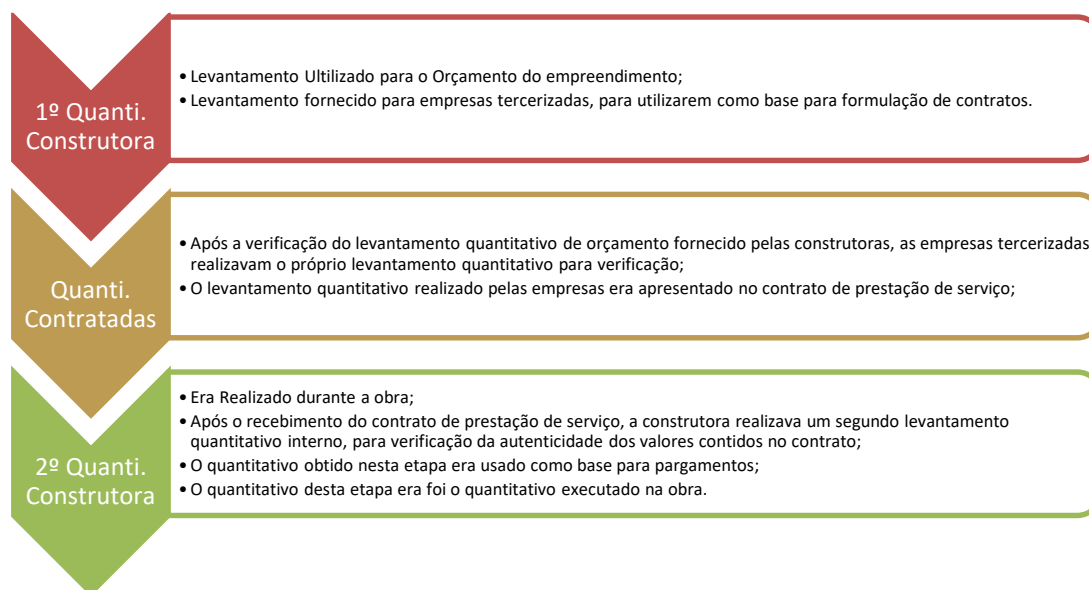
A análise concretiza a suposição em que a equipe de gerenciamento superestimou o número de atividades para uma equipe não preparada. Sendo assim alegou na maioria das vezes falta da mão de obra, sendo uma falha contínua onde não foi realizado correção. O PPC serve para cada semana verificar as falhas e corrigi-las, mas infelizmente não foi corrigido a falha da falta da mão de obra e mesmo assim continuou-se elevando o número de tarefas necessárias devido ao curto prazo estipulado pelo cliente.

5.1.2 Levantamento Quantitativo de Materiais – Obra Analisada

O levantamento quantitativo para o empreendimento foi realizado de forma manual, com verificação da planta visualmente, soma da área ou volumes e multiplicado pela quantidade de material necessário. O somatório era realizado com o auxílio de planilhas eletrônicas.

Para o empreendimento, foi primeiro realizado um levantamento quantitativo que serviu como base para o orçamento com empresas parceiras à construtora e contrato com o cliente. O levantamento quantitativo era fornecido as empresas terceirizadas contratadas para utilizarem como base nos contratos com a construtora. Cada empresa terceirizada, além de utilizar os arquivos da construtora, apresentava o seu próprio levantamento quantitativo e em seguida era gerado um segundo levantamento quantitativo pela construtora para verificação como mostra o esquema na figura 25.

Figura 25 – Levantamentos quantitativos realizados



Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Durante a execução, a construtora constatou diferentes resultados entre o levantamento quantitativo de orçamento e o desenvolvido pelas empresas terceirizadas. Em consequência a esses alertas, durante a obra foi realizado uma comparação geral dos quantitativos originais e buscado as falhas.

Entre o contratado e o realizado, pode-se obter através da empresa analisada os seguintes valores conforme o anexo 1. Os valores analisados são referentes a alguns materiais utilizados nas seguintes edificações: auditório, prédio empresarial e agência bancária.

Um dos motivos poderia ser a alteração de projetos durante a execução do empreendimento, momento em que era gerado o segundo quantitativo pela empresa. No entanto a alteração de projetos realizado foi somente estético e de pequenos ajustes de espaços, de modo que a alteração não seria motivo para gerar uma discrepância tão grande na diferença entre quantitativos.

Um exemplo de que as alterações não modificaram a edificação é um dos itens do revestimento de fachada, as chapas de *Mini Wave*¹⁸. Entre o projeto apresentado para

¹⁸ O *Mini Wave* é um revestimento desenvolvido pela Hunter Douglas. Constituem em placas com pequenas ondulações aplicadas na fachada de uma edificação que causam uma dupla camada, gerando ventilação entre as chapas e a parede externa.

o quantitativo 1 e os projetos executivos, não houve alteração na quantidade estipulada. Outra grande falha que se percebe dessa pequena parcela do quantitativo é o não levantamento, no quantitativo de orçamento, de alguns materiais como por exemplo:

- Cimento CPIII (Estaqueamento);
- Serviços de nivelamento de concretagem e desempenho mecânico de lâjeas (Piso em concreto armado);
- PM 03 Porta Madeira semi-oca 70x210 cm (Esquadrias);
- Argamassa elastomérica (Impermeabilizações);
- Granito preto São Gabriel (moldura das portas).

Foi apontado pela equipe envolvida no levantamento quantitativo de materiais que os projetos iniciais não ofereciam uma grande quantidade de informações. A falta de informações construtivas foi uma grande dificuldade para a equipe. Também é possível apontar que alguns materiais a serem utilizados como acabamento eram decididos no decorrer da execução da obra.

5.1.3 Compatibilização de Projetos – Obra Analisada

Para a obra executada no Vale do Taquari, os projetos arquitetônicos eram realizados por uma equipe de arquitetura diretamente contratada pelo proprietário/investidor do empreendimento. Já os projetos de instalações como: Elétrico, de Contêntes de Gabiões, dos Elevadores, das Estruturas Metálicas e de Concreto, de Instalações de Ar Condicionado, Hidrossanitárias e de Prevenção de Incêndios e Estudo Luminotécnico, eram de responsabilidade da construtora, realizados por equipes terceirizadas contratadas diretamente pela empresa que executou o empreendimento.

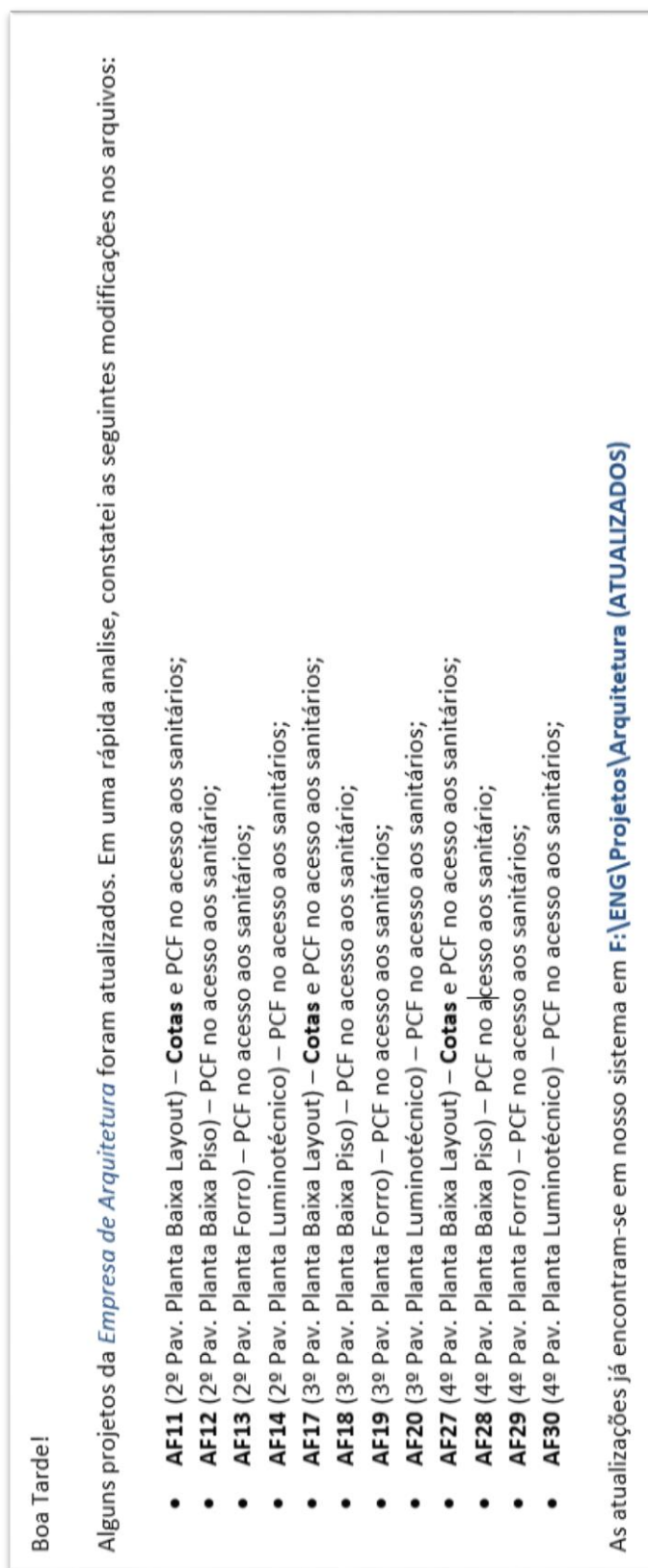
As atualizações dos projetos arquitetônicos durante a execução do empreendimento envolviam, a grande parte, de modificações estéticas realizadas a partir do projeto executivo. Para a construtora, não era dado início nas modificações dos projetos de instalação para não gerar custos adicionais, visto que as modificações arquitetônicas quando realizadas eram poucas, porém muito frequentes. Portanto

os projetos de responsabilidade da administradora do empreendimento foram executados a partir dos projetos executivos iniciais e modificados somente ao final para obtenção do *AsBuilt*, pela equipe de engenheiros da administradora da obra.

A falta de compatibilização entre projetos estruturais, de arquitetura e de instalações durante o decorrer do empreendimento, ocasionou em alguns imprevistos como: perfurações de diversas vigas para passagem da tubulação pluvial.

Pela equipe de arquitetura era mandado com frequência as modificações de projeto para a equipe de administração do empreendimento, porém as modificações realizadas não eram apontadas pelos arquitetos de forma clara. Tais modificações eram distinguidas através da análise de técnicos que comparavam as plantas arquitetônicas de antes e após a modificação. As modificações eram apontadas e passadas à equipe de campo como observações de destaque. Como apresentado no corpo do e-mail destacado na figura 26.

Figura 26 – Comunicação interna entre funcionários da gerenciadora da obra sobre a alterações de projetos



Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

Além da verificação das atualizações, era necessário modificar os quantitativos a cada modificação de projeto. A atualização constante dos quantitativos ocasionou custos em tempo e mão de obra especializada.

Outra grande dificuldade apresentada pela gerenciadora era a falta de informações nos projetos arquitetônicos. Tal motivo levava a gerenciadora sempre entrar em contato por e-mail solicitando informações de projetos para a equipe de arquitetos. O controle dos contatos, motivos e o prazo de retorno estão destacados na tabela do anexo 02. É importante salientar que para o fluxo da obra era necessário que fosse obtido a informação correta do que executar, e a definição de alguns elementos demorava mais do que semanas como destacado na tabela do anexo 2, o que implica também uma causa de falha no cronograma.

Sobre a compatibilização de projetos, tanto arquitetônicos quanto de instalações, pode se dizer que não houve grandes falhas na obra ou erros que pudessem ocasionar em grandes atrasos no empreendimento. Isto ocorreu devido a competência da equipe de gerenciamento em receber o projeto e no mesmo momento destacar a alteração e comunicar todos os demais envolvidos.

5.1.4 Orçamento – Obra Analisada

O orçamento apresentado inicialmente para a obra foi de aproximadamente 24 milhões. O contrato assinado entre o cliente e a construtora era um contrato de empreitada global, o que significa que o preço fechado, estipulado em contrato inicialmente, não seria extrapolado caso contrário a construtora deveria arcar com os custos. Porém os adicionais, quando fosse mudado algum material em acabamento ou dimensões de projetos, deveriam ser arcados pelo cliente do empreendimento.

A construtora não obteve lucros, pois conseguiu praticamente empatar os gastos com o valor cobrado ao cliente em 0 a 0. Mas destaca-se esse empate como uma vitória porque deixou de obter um grande desperdício devido as formulações erradas dos quantitativos.

O orçamento é diretamente ligado a formulação dos quantitativos realizados pela equipe de orçamentos da empresa. A empresa destacou que para orçar uma obra do

porte da analisada é necessário de 4 a 5 funcionários e praticamente 1 mês, período no qual é analisado todos os projetos e as solicitações do cliente. A falta de informação nos projetos foi um motivo agravante porque para os quantitativos iniciais, não continham informações suficientes para a definição dos materiais necessários para o empreendimento.

Já para os custos indiretos (custos relacionados à mobilização de equipes, ao aluguel de máquinas, equipamentos e despesas de administração) foram afetados devido ao atraso da obra. Como apresentado, a obra teve um atraso de 8 meses, que significa que o custo de aluguel de equipamentos ou de administração do empreendimento tiveram um acréscimo ao custo geral do empreendimento. Foram 8 meses do qual a construtora teve que suprir financeiramente a parte administrativa da obra.

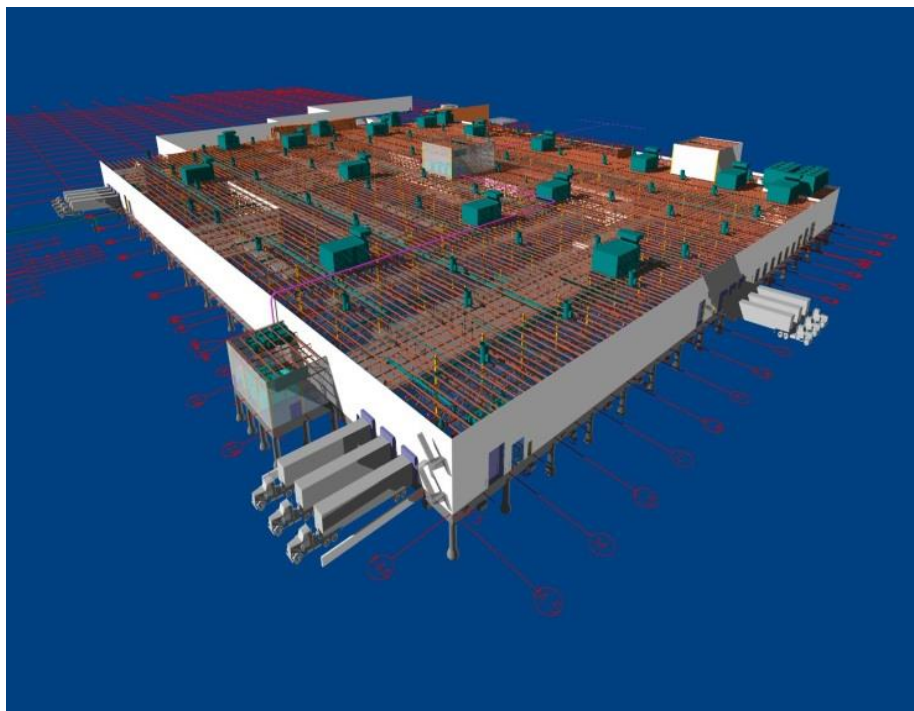
A construtora utiliza um *software* desenvolvido por uma parceira alemã no ramo para formular o valor do empreendimento e controlar os gastos. O *software*, chamado *iTwo*, é alimentado manualmente e sucinto a erros humanos. No *iTwo* é adicionado um elemento que será utilizado na obra com a composição de preço, após criar o elemento é anexado a quantidade e unidade de referência. O sistema, para a formulação do preço, já contém todos os índices atualizados mensalmente que são utilizados pela empresa para formulação final do valor.

O *software* é um excelente sistema que auxilia à equipe envolvida na obra a controlar os gastos, onde mostra aos técnicos o quanto é destinado para cada empresa e o quanto já foi gasto.

5.2E01 – Fábrica da General Motors

A expansão da fábrica em Flint do motor V6 Global da General Motors (GM), figura 27, foi um grande exemplo de agilidade e economia causada pelo BIM. A execução estabelecia um grande desafio, que era o cronograma bastante apertado para a conclusão do empreendimento. Consequentemente, foi dada preferência a contratar uma construtora com experiência suficiente em projetos de fábricas e no uso da tecnologia BIM.

Figura 27 – Projeto da Fábrica da General Motors



Fonte – EASTMAN et al., 2014.

Por obter-se dados comparativos entre a possível contratação de uma empresa para a execução de forma tradicional e a contratada para executar usando a tecnologia BIM, esta obra é um bom exemplo para citar os benefícios da plataforma este trabalho. Entre os benefícios, o grupo executor do empreendimento apontou as seguintes vantagens percebidas ao longo da execução:

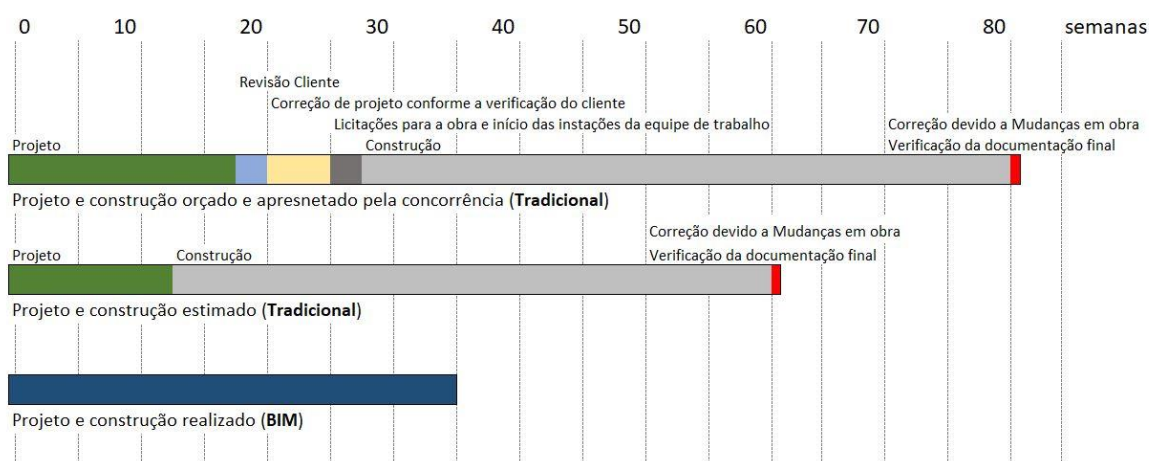
- Visualização simplificada e colaboração BIM 3D;
- Detecção de interferências no anteprojeto;
- Projetos coerentes a obra no final do ciclo construtivo (Documentação *as-built*);
- Construção enxuta;
- Processo *Just-in-time* (benefício no cronograma da execução);
- Fabricação de componentes pré-moldados precisos.

Para o sucesso desta obra, foi necessário que a empresa projetista fosse atrás de uma construtora adaptada à tecnologia BIM. Conseqüentemente a construtora, gerenciadora da obra, necessitou contratar subempreiteiras e empresas terceirizadas que também trabalhassem utilizando a mesma plataforma tecnológica.

5.2.1 Cronograma – E01

Eastman, em seu estudo, aponta que a construção do complexo de montagem da GM em LDT foi construído no menor prazo de construção até o momento da publicação de seu livro em 2014. De acordo com os estudos feitos, a obra de 41 mil metros quadrados levaria 80 ou mais semanas para ser executada, sem considerar falhas de execução, se projetada e executada de maneira convencional. Incrivelmente a execução do complexo durou somente 35 semanas do início da execução à conclusão conforme apresentado na figura 28.

Figura 28 – Cronograma comparativo de execução da Fábrica da General Motors



Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

Como percebe-se na figura 28, se o projeto fosse executado de forma tradicional, na pior das hipóteses como considerado na coluna superior demoraria mais de 80 semanas, ou seja, mais da metade do tempo de obra executada. A pior hipótese considera que o projeto inicial não fosse aceito pelo cliente e devesse passar por revisões, caso contrário o prazo seria menor como destacado na coluna intermediária, porém ainda assim superior ao sistema de gerenciamento com BIM.

5.2.2 Levantamento Quantitativo de Materiais – E01

A equipe responsável pelo gerenciamento apontou um grande ganho de tempo para a obtenção de levantamentos quantitativos para a obra. Foi possível também

obter uma grande precisão na quantidade de materiais, mas tal precisão só foi obtida devido à grande quantidade de informações corretas anexadas nos projetos.

A empresa contratada pela GM para a execução do projeto decidiu arriscar e investir algumas semanas iniciais, do curto prazo, para dar treinamento e gerar a integração BIM entre todas as empresas parceiras do empreendimento. A contratada reuniu todos os envolvidos em um único local e ofereceu treinamento e consultoria para quem não estivesse adaptado a tecnologia. Devido a centralização das equipes em um local, também foi possível agilizar a concepção dos projetos de instalação rapidamente, devido a participação de todos.

A concentração das equipes de projetistas envolvidos em um só local possibilitou que todos trabalhassem ao mesmo tempo no mesmo projeto. Ao longo dos treinamentos de adaptação da tecnologia BIM, foi utilizado os projetos da GM como base de treinamento. Devido a esse trabalho diário, foi possível estipular cada tipo de material e prever todos os possíveis erros de projeto com todas as equipes em conjunto.

Todos os projetos contavam com grande quantidade de informações, tanto de acabamento quanto de instalações. Devido à grande quantidade de informações, o levantamento quantitativo foi um sucesso para a obra.

5.2.3 Compatibilização de Projetos – E01

Ao longo da obra era realizado encontros semanais entre as equipes envolvidas para verificar a coesão dos projetos e verificar as possíveis interferências. A entrega da obra e da documentação (*as-built*) ao cliente foi simultaneamente à conclusão do projeto, visto que o projeto realizado estava completo e coerente com o executado. A coerência só ocorreu porque o projeto era atualizado constantemente na plataforma BIM utilizada.

Devido aos projetos parametrizados, o prazo reduziu. Foi possível repassar os projetos digitais às empresas de fabricação dos componentes metálicos, o que gerou uma maior agilidade da concepção de peças pré-moldadas e o descarte da compra

de peças padronizadas para o mercado. O tempo de concepção de leiaute de desenhos, impressões e envio de documentação também foi suprido. A empresa destacou uma grande agilidade na atualização de projetos, pois era necessário somente a modificação no modelo paramétrico e conseqüentemente todos as pranchas respectivas a modificação eram automaticamente mudadas.

5.2.4 Orçamento da Obra – E01

Conseqüentemente graças ao sucesso do levantamento quantitativo, o orçamento não sofreu alterações de custos. Porém houve uma pequena redução devido ao encurtamento do prazo de obra. Apesar do cronograma apertado a obra foi concluída 5 semanas antes do previsto (12,5% de melhora no prazo), com uma estimativa de 3 a 5% de otimização do custo total devido a redução dos custos indiretos como o tempo de aluguel de equipamentos.

O custo do empreendimento também foi menor do que esperado graças a parametrização do projeto e a precisão dos detalhes que possibilitaram a conclusão da estrutura metálica com 35 dias de antecedência ao previsto, sem quaisquer alterações durante a execução. Durante a execução da obra, a empresa administradora do empreendimento aprontou como principais benefícios por ter utilizado BIM, que influenciaram o orçamento:

- Extraordinária facilidade de pré-fabricação e pré-montagem;
- Coerência e precisão nas peças pré-fabricadas e pré-montadas;
- Canteiro de obras extremamente organizado;
- Coordenação da entrega de materiais e equipamentos de maneira precisa;
- Ampliação da segurança humana no canteiro de obras devido a coordenação e organização.

Figura 29 – Fábrica concluída da General Motors



Fonte – EASTMAN et al., 2014.

5.3 E02 – Centro Médico Camino

O Centro Médico Camino em Mountain View, figura 29 e 30, foi uma obra executada na Califórnia na região da Baía de San Francisco nos EUA. A obra foi orçada por uma equipe de gerenciamento e execução que utilizaria o método tradicional, porém a tecnologia BIM apresentou um ganho de aproximadamente 6 meses se utilizada no empreendimento. Devido necessidade de rapidez na entrega da obra, na obra de Mountain View foi adotado o sistema de gerenciamento com BIM para projeto e gerenciamento.

Figura 29 – Projeto do Centro Médico Camino



Fonte – EASTMAN et al., 2014.

Figura 30 – Projeto do estacionamento do Centro Médico Camino

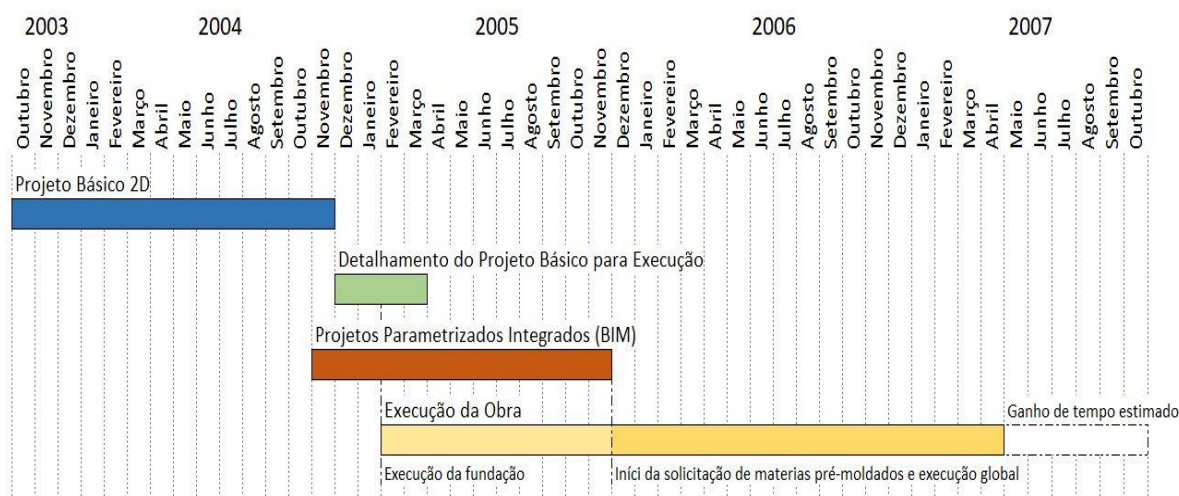


Fonte – EASTMAN et al., 2014.

5.3.1 Cronograma – E02

A empresa apontou que a adoção do sistema de gerenciamento com BIM integrou mais ainda o grupo de execução da obra. Uma das grandes vantagens apontadas foi a troca de ideias e conhecimentos entre os envolvidos na obra durante a concepção do projeto parametrizado. O objetivo principal do proprietário era reduzir o tempo total de duração do empreendimento para que o centro médico pudesse entrar em operação o quanto antes. Sendo assim a obra foi iniciada antes da conclusão do modelo virtual parametrizado como apresentado na figura 31.

Figura 31 – Cronograma comparativo de execução do Centro Médico Camino



Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

De acordo com os envolvidos no projeto, a otimização no tempo de execução da obra ocorreu pelos seguintes motivos:

- Redução de conflitos e interferências de projetos em obras;
- Facilidade na compreensão de projetos para o gerenciamento da execução do empreendimento;
- Facilidade na aquisição de materiais pré-moldados exclusivos para a obra;
- Facilidade para a tomadas de decisões importantes durante o projeto;
- Nenhum conflito de sistemas ou projetos na obra;
- Possibilidade de melhor planejamento logístico para a obra em plataformas BIM.

A produção foi mais eficaz na execução. Foi estimado pelos administradores melhoria na produtividade de 15 a 30% acima dos padrões industriais. Tal feito foi gerado devido a coerência de projetos, que possibilitou a pré-produção de partes da obra. Tais sucessos só foram possíveis devido o empenho de cada equipe na realização do projeto em plataforma BIM.

5.3.2 Levantamento Quantitativo de Materiais – E02

Infelizmente o estudo realizado não discute os benefícios ou ganhos obtidos pelo levantamento quantitativo. Porém devido ao orçamento ter sido um sucesso, acredita-se que não houve erros no levantamento quantitativo de materiais. Mas não há comprovação, o que mostra que não se tem como discutir este item referente a esta obra.

5.3.3 Compatibilização de Projetos – E02

Cada empresa terceirizada envolvida na parte de instalações técnicas teve que modificar os próprios projetos, que inicialmente eram em 2D, para no mínimo 3D. Empresas tiveram que se especializar ou buscar profissionais na área que pudessem realizar as alterações. Os modelos e as alterações também deveriam ser feitas nos servidores locais do empreendimento devido as solicitações do proprietário. Estas

definições estreitaram as comunicações entre os participantes envolvidos nos projetos e facilitaram a comunicação como um todo.

Após modelados em no mínimo 3D pelas empresas responsáveis, os projetos eram incorporados em um modelo paramétrico, um *projeto mãe*, que se localizava em um servidor local da obra. A partir de então, cada modificação quando necessária deveria ser realizada no servidor local da obra, para que todos os demais projetos correlacionados ao local modificado também fossem alterados.

5.3.4 Orçamento da Obra – E02

Toda a modelagem do empreendimento gerou um custo ao investidor de 415 mil dólares. No entanto foi apontado pelos investidores que tal investimento gerou redução no tempo de obra e conseqüentemente no valor total. Os 415 mil dólares investidos correspondiam a 0,44% do total gasto na obra (94,5 milhões de dólares). Tal valor investido na modelagem pode ser significativo na economia devido a concordância dos projetos, da redução do tempo de execução de obra e na incorporação simultânea da documentação *As-built*.

Para o empreiteiro que executou a obra como um todo, a utilização dos projetos em BIM apontou diversos benefícios como:

- Menos modificações em canteiros de obras;
- Mais informações nos momentos precisos;
- Menos retrabalho;
- Entrega de materiais no canteiro just-in-time, suprimindo a desorganização geral e minimizando o tempo de deslocamento de materiais na obra;
- Menos funcionários necessários devido a utilização de peças pré-fabricadas;
- Canteiro de obras mais organizado e seguro;
- Menos imprevisto e maior planejamento.

Devido a esses benefícios, também foi apontado uma economia de 340 mil dólares, inicialmente estipulada em 250 mil, pela empresa responsável pela climatização. A economia foi oriunda da organização, da pré-fabricação e do sistema *just-in-time* utilizado. Tal valor correspondia a 4% do contrato, entre o cliente e a

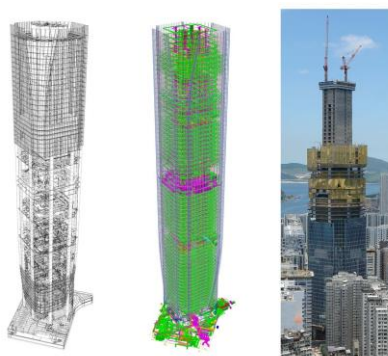
empresa responsável pelo sistema de climatização no empreendimento, que total correspondia a 8,4 milhões de dólares investidos na obra.

5.4E05 – Torre Comercial One Island East

O empreendimento One Island East, figura 32, executado em Hong Kong na China, foi uma obra ousada, onde a busca pela tecnologia BIM partiu dos objetivos iniciais da incorporadora da construção. Com os projetos já iniciados em 2D, o proprietário/incorporadora buscaram a aplicação da tecnologia para alcançar melhores resultados na gestão de projeto, licitações de obra, coordenações e planejamento da construção (EASTMAN et. al, 2014).

A adoção da tecnologia BIM pela empresa gerenciadora da obra se deu graças à intervenção da Universidade Politécnica de Hong Kong. No início de 2004 a instituição realizou uma apresentação da tecnologia e seus benefícios aos investidores da empresa de gerenciamento de obras, tal empresa decidiu adotar a tecnologia para gerenciar os seus empreendimentos em fevereiro de 2005 em diante (momento inicial da implantação BIM nos escritórios da construtora) (EASTMAN et. al, 2014).

Figura 32 –Projeto e perspectiva da Torre Comercial One Island East



Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

Infelizmente na época de implantação das plataformas parametrizadas no escritório de desenvolvimento do projeto, tal obra já ganhava seu formato nos desenhos 2D. Assim como já existia uma integração entre as equipes envolvidas no empreendimento, porém não automatizada. Tal adoção da plataforma BIM só pode ser considerada bem-sucedida devido a concordância para a adoção do sistema de

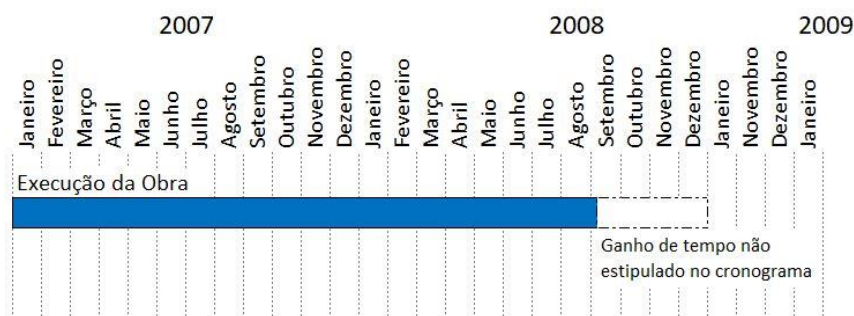
gerenciamento com BIM das seguintes equipes, que ali por diante trabalharam juntas em um novo projeto parametrizado:

- Empresa de gerenciamento do Empreendimento;
- Empresa prestadora de consultoria em BIM;
- Empresa Orçamentista;
- Empresa prestadora de consultoria em Projetos Gerais;
- Empresa Construtora.

5.4.1 Cronograma – E05

O projeto contemplava um edifício de 70 pavimentos superiores e dois subsolos que somavam o total de 143.270 m². O período de construção estipulado inicialmente era para conclusão em 24 meses, tendo a construção iniciada em janeiro de 2007 e inaugurada em 7 de agosto de 2008. Um ganho não estipulado no prazo de aproximadamente 4 meses como mostra na figura 33.

Figura 33 – Cronograma da execução do One Island East



Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

O sucesso no cronograma foi devido as plataformas BIM, que auxiliavam no gerenciamento da obra e puderam também auxiliar do dimensionamento de formas especiais para a concretagem. A montagem e desmontagem de formas foram revistas pelos engenheiros nos modelos BIM várias vezes. Tal revisão ocasionou o sucesso de concretagem de 4 pavimentos consecutivas por dia sem falhas.

5.4.2 Levantamento Quantitativo de Materiais – E05

O empreendimento pode ser quase totalmente quantificado automaticamente pela ferramenta BIM. No entanto somente a quantidade de concreto e aço foram quantificados manualmente, considerando taxa de armadura por concreto, pois a ferragem do concreto armado não foi detalhada de forma explícita. A quantificação exata de alguns componentes diminuiu os riscos de erros no orçamento e como dito: auxiliou na economia devido a identificação de erros antes das licitações.

Todo quantitativo foi exportado automaticamente para planilhas em Excel¹⁹. Sendo assim, não foi necessário mais tempo para a quantificação manual dos materiais. Além disso, todos os quantitativos eram alterados de forma automática e precisa, assim quando fosse realizado uma alteração de projeto. Isto também gerou uma economia de tempo para as empresas terceirizadas, tempo que não necessitariam para medir a quantidade de materiais para orçar os serviços.

5.4.3 Compatibilização de Projetos – E05

Um dos principais desafios foi a transição e adoção da tecnologia BIM. A empresa gestora aponta que para tamanho sucesso cada obra necessita de uma plataforma BIM customizada, atendendo os diferentes desafios de execução. Porém, por mais simples que sejam a plataforma a ser utilizada, a equipe apresentou uma grande satisfação por já prever os conflitos em projeto, o que causariam um grande estresse para os engenheiros se fossem detectados diária durante a execução.

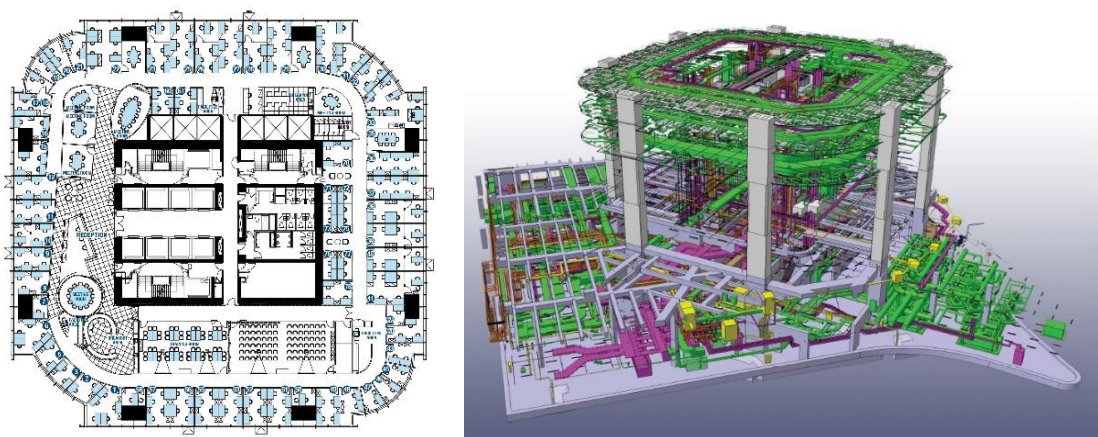
Como dito anteriormente, em projetos 2D as interferências são verificadas manualmente, muitas vezes utilizando as técnicas de sobreposição de plantas e corrigindo-as visualmente. Neste caso a equipe exalta a precisão e a facilidade na identificação de interferências automaticamente pelo sistema de gerenciamento com BIM. Após o anteprojeto parametrizado estar concluído, o programa utilizado constatou mais de 2 mil pontos de interferências de projetos e erros de construção. Tais identificações foram corrigidas imediatamente e constatadas antes da realização

¹⁹ O Excel é um *software* desenvolvido pela Microsoft Office em 1987. O programa é um editor de planilhas eletrônicas para computadores que conta com ferramentas para cálculo e de construção gráfica.

das licitações, o que gerou uma economia incrível para a obra.

A plataforma BIM também gerou uma integração entre os diferentes projetos. Os projetos estruturais, arquitetônicos e de instalações foram unificados e com isso pode se prever conflitos entre tubulações e elementos de concreto. Com um projeto só, como mostrado na figura 34, foi possível realizar uma integração global dos sistemas da edificação.

Figura 34 –Projeto da Torre Comercial One Island East



Fonte – EASTMAN et al., 2014.

5.4.4 Orçamento da Obra – E05

O empreendimento One Island East foi um empreendimento com o custo de 300 milhões de dólares americanos aproximadamente. Para a conclusão da obra, executada em BIM, foram necessários cerca de 260 milhões de dólares americanos, ou seja, 13% a menos que o orçado.

O sucesso na redução do orçamento foi graças aos seguintes motivos apontados:

- Compatibilização de projetos;
- Grande quantidade de informações em projetos;
- Obtenção de um quantitativo preciso e confiável;
- Facilidade na comunicação entre equipes de projetistas;
- Identificação de interferências entre diferentes projetos.

5.5 Comparação entre os métodos estudados

Como apontado em diferentes obras estudadas por Eastman (2014), o investimento para implementação da tecnologia BIM é elevado. É necessário o treinamento de equipes e o envolvimento direto de empresas terceirizadas que estão envolvidas em projetos. Caso o projeto fosse uma edificação de baixo valor, seria desaconselhável o investimento, porém como mostrado na obra de Hong Kong, a construtora poderia buscar a nova tecnologia e subsidia-la porque iria somar lucros, que cobririam o investimento, nas obras subsequentes.

Na tabela 10 está descrito as barreiras de implementação do sistema de gerenciamento com BIM, ou desafios que cada obra analisada por Eastman passou. Também é realizado um comparativo destacando os desafios que iriam ocorrer provavelmente na obra analisada. Tais desafios devem ser encarados por empresas e companhias ao optarem por adotar as plataformas paramétricas para projetar.

Tabela 10 – Desafios da implantação do sistema de gerenciamento com BIM na obra analisada de acordo com as obras estudadas por EASTMAN em 2014

	Necessidade de grande quantidade de informações já no início do projeto	Necessidade de definição de cada material já no projeto inicial	Necessidade de definição de cada material ao decorrer da obra, porém logo ao início para definição de contratos	Necessidade de treinamento de equipes	Necessidade de treinamento de empresas envolvidas em demais projetos	Necessidade de profissionais especializado e adaptados com softwares do sistema BIM	Elevado valor de investimento
Para implementação do sistema de gerenciamento com BIM na obra analisada, seria necessário superar alguns desafios como descritos nas obras analisadas que foram gerenciadas e construídas a partir de projetos desenvolvidos em plataformas paramétricas. A tabela descreve os desafios destacados de cada obra que utilizou o sistema de gerenciamento BIM e destaca quais desafios a obra analisada iria passar.							
E01	✓	✓				✓	✓
E02	✓		✓	✓	✓		✓
E05	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Obra Analisada	✓	✓		✓	✓	✓	✓

Fonte – Adaptado pelo autor com base em EASTMAN et al., 2014.

Como destacada por todas as obras que utilizaram BIM e a analisada, os principais desafios foram o elevado valor de aplicação e a necessidade de grande quantidade de informações sobre a obra antes do início do projeto.

Como mostrado no trabalho, utilizando a metodologia BIM os projetos passam de simples linhas para modelos paramétricos. Para se ter uma maior eficiência em BIM é necessário que seja anexado o máximo de informações possíveis nos projetos, o que não é necessário em CAD. Enquanto que em CAD se desenvolve linhas, em BIM se descreve e parametriza objetos em mais de 3 dimensões. Portanto, quando utilizado o sistema de gerenciamento tradicional, a definição de materiais e métodos construtivos podem ser tomadas ao longo da obra. No sistema de gerenciamento com BIM, para se obter os benefícios de gerenciamento até a sétima dimensão, a definição de materiais e métodos construtivos deve ser definido junto aos projetos.

Já na tabela 11 é destacado um comparativo entre as obras estudadas onde mostra se a implementação do sistema seria um benefício, uma desvantagem ou um benefício/desvantagem inestimável de acordo com cada item. Junto na tabela é argumentado de acordo com os itens apontados em cada obra analisada onde foi aplicado a tecnologia BIM.

Tabela 11 – Argumentos para a aplicação do BIM na obra analisada de acordo com as obras estudadas por EASTMAN em 2014

OBRA ANALISADA		OBRAS ESTUDADAS POR EASTMAN			RESULTADOS	
Critérios analisados		MOTIVO	OBRA DE EASTMAN QUE JUSTIFICA O MOTIVO	BENEFÍCIO	DESADVANTAGEM	INESTIMÁVEL
1	Cronograma	Possível aquisição de materiais pré-moldados	E01 e E02			
		Menos funcionários necessários devido a quantidade de peças pré-fabricadas (corrigi as falhas apontadas no PPCs)	E02			
		Estrudo de formas para agilizar o período de concretagem	E05	✓		
		Canteiro de obras organizado = agilidade na obtenção de materiais	E01			
		Coordenação na entrega de mateirias de forma precisa	E01			
		Melhor planejamento lojístico da obra	E02			
2	Levantamento Quantitativo de Materiais	Levantamento preciso e coerente ao executado	E01 e E05			
		Ganho de tempo na obtenção de quantitativos	E01	✓		
		Atualização automática de quantitativos conforme os projetos são atualizados	E05			
3	Compatibilização de Projetos	Redução de conflitos de projetos	E02			
		Facilidade na compreensão de projetos e na identificação de conflitos	E02			
		Atualização constante em todos os projetos de forma automática	E05	✓		
		Integração entre todos os demais projetos, facilitando o estudo dos sistemas de instalações	E05			
4	Orçamento da obra	Elevado valor de investimento	E05			
		O investimento pode apresentar redução de custos inesperados	E05			
		O investimento deve ser subsidiado pela empresa e visado como um ganho nas futuras obras	E05			✓
		Necessidade de investimento no treinamento de equipes	E02 e E05			

Fonte – Dados adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho em 2017 e nas obras estudadas por EASTMAN et al., 2014.

Após o estudo e a análise, podemos destacar que a implementação do sistema de gerenciamento BIM seria um sucesso para obra somente na obtenção de dados do empreendimento. Porém podemos destacar que seria um desafio a ser encarado pela empresa devido a necessidade de treinamento da equipe de gerenciamento, necessidade de um elevado investimento e devido à falta de informações no início da obra.

Como descrito, muitos materiais de acabamento eram definidos ao longo da evolução do empreendimento. Se a obra fosse desenvolvida em uma plataforma paramétrica, seria necessário a obtenção destes dados logo ao início do desenvolvimento do projeto o que elevaria o tempo de projeto, porém diminuiria o tempo de obra porque iria detectar todos os conflitos de projeto antes mesmo de começar a construção do empreendimento.

5.5.1 Cronograma

Seria possível gerar melhorias no cronograma analisando a obra em programas como no *Navisworks* onde daria para prever provavelmente uma grua para auxiliar na obra e ganhar prazo. Como na obra executada em Hong Kong, também seria possível verificar as interferências de projetos, não se deparando com os problemas durante a execução do empreendimento, o que evitaria menos estresse em campo e geraria mais confiabilidade na equipe de execução.

Seria possível analisar a efetividade da obra e gerar PPC's mais precisos, coerentes e práticos que exigiriam menos tempo de avaliação, dimensionando de forma correta o número de equipes para o número de tarefas prováveis a serem executadas. Causaria menos embaralhamento nos PPC's e a equipe de gerenciamento iria obter relatórios mais completos de execução da obra.

Outro ponto que podemos salientar, se a obra adotasse um sistema de gerenciamento com BIM seria a obtenção de informações coerentes e precisas. Como visto no anexo 2, algumas plantas de projeto apresentavam poucas informações necessárias para a aquisição de materiais, o que fazia com que os técnicos responsáveis pelo gerenciamento solicitassem a equipe de projetistas as informações.

Muitas vezes o retorno dos projetistas durava mais de semanas, o que resultava em demora na solicitação da compra do material correto.

5.5.2 Levantamentos Quantitativos

Se o quantitativo fosse automatizado através de uma plataforma paramétrica BIM, poderia ter apresentado uma eficiência maior. Também itens como a Porta Madeira de 70 centímetros, esquecida no levantamento quantitativo de orçamento, não seria esquecido em um levantamento quantitativo automatizado. Em projetos paramétricos, quando desenvolvidos, necessitam que seja anexado informações de todos os elementos.

Nos projetos do sistema de gerenciamento com BIM, a eficiência de se obter um levantamento quantitativo mais preciso foi um dos principais pontos destacados pelas construtoras analisadas que utilizaram as plataformas paramétricas para os projetos. Também pode ser apontado como um grande ponto positivo a atualização simultânea dos levantamentos quantitativos quando os projetos fossem atualizados.

A atualização constante dos levantamentos quando fosse modificado algum projeto geraria redução de custos para a construtora. Seria desnecessário a mão de obra especializada para verificação dos projetos e comparação com os obsoletos. Também seria desnecessário o tempo de verificação, tendo então quantitativos atualizados coerentes no momento da obtenção dos novos projetos.

5.5.3 Compatibilização de Projetos

A compatibilização dos projetos arquitetônicos era de responsabilidade da empresa contratada diretamente pelo proprietário do empreendimento, mas a compatibilização entre os projetos arquitetônicos com os de instalação e estruturais era de responsabilidade da construtora. Como descrito, a empresa que administrou a construção do empreendimento optou por realizar os projetos, de sua responsabilidade, somente no início. Ao decorrer das alterações arquitetônicas, os

projetos de reponsabilidade da construtora não foram alterados para não ocasionar em custo, mas eram atualizados visualmente pela equipe de técnicos em obra.

Em um projeto paramétrico, a interação entre todas as empresas responsáveis por algum tipo de projeto seria praticamente obrigatória. A interação entre as equipes foi apontada como um grande benefício no projeto do estacionamento do Centro Médico Camino. Tal interação pode auxiliar a prever incoerência, como as que aconteceram na obra analisada onde foi necessário a perfuração de vigas para a passagem de tubos pluviais.

Mas se fosse necessário a junção de todas as equipes para o desenvolvimento do projeto, aumentaria os custos referente a aplicação da plataforma paramétrica. Seria necessário que cada empresa terceirizada, responsável por algum projeto, disponibilizasse um responsável técnico com conhecimento em *softwares* BIM para acompanhar a obra quando houvesse atualização de algum projeto.

5.5.4 Orçamento

Para a obra analisada a aplicação da tecnologia BIM só seria possível devido aos seguintes motivos:

- A. Solicitação de adoção do sistema paramétrico ao escritório de arquitetura;
- B. Solicitação de adoção do sistema paramétrico as empresas terceirizadas que realizavam os projetos estruturais e de instalação;

Para a solicitações realizadas entre o item A e B, seria necessário que todas empresas envolvidas adotassem a mesma plataforma como discutido em algumas obras estudadas por Eastman. Após a adoção seria possível a construtora utilizar os projetos paramétricos para levantamentos quantitativos, realização de cronogramas e obtenção de plantas baixas, de corte ou fachadas em qualquer ponto.

Todo o processo de implantação do sistema de gerenciamento com BIM necessitaria de um elevado investimento pela construtora e tal investimento não seria suprido pela obra por ser uma obra de baixo valor de execução. Caso a construtora

tivesse interesse, poderia subsidiar o valor, pois a mesma tecnologia de gerenciamento seria utilizada nas obras seguintes.

Outro ponto provável para a aplicação do sistema seria a realização de treinamentos para uma futura equipe de projetos interna na construtora. A empresa poderia utilizar o tempo necessário para o orçamento (1 mês e 4 pessoas) para parametrizar os projetos fornecidos por clientes para orçamentos, com isso ao final obteria o levantamento quantitativo automatizado e coerente (se anexado devidamente todas as informações corretas).

Caso a construtora adotasse uma maneira de parametrizar o projeto na fase de orçamento para obter os quantitativos, ao invés de quantificar manualmente de forma tradicional, a empresa estaria menos suscetível a erros de levantamento quantitativo do sistema de gerenciamento tradicional e conseqüentemente menos suscetível a erros de orçamento. Ao parametrizar um projeto, cada elemento seria detalhado, portanto seria menos provável o esquecimento da quantificação de alguns elementos da obra como visto no estudo de caso da obra analisada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como descrito no trabalho, os dois sistemas (tradicional e BIM) apresentam grande diferenças e se resumido pode-se destacá-las conforme a figura 36. Porém a aplicação de uma ou outra tecnologia apresenta seus desafios conforme descrito na figura 37.

Figura 36 – Diferenças entre os critérios analisados entre o sistema de gerenciamento tradicional e BIM

TRADICIONAL	BIM
<ul style="list-style-type: none"> • CRONOGRAMA: Desenvolvido em programas computacionais alimentados manualmente. • LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DE MATERIAIS: Dependente da quantidade de informações e realizado de forma manual com o auxílio de planilhas eletrônicas. • COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS: Realizado manualmente, prancha por prancha. • ORÇAMENTO: Dependente da coerência do levantamento quantitativo da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • CRONOGRAMA: Realizado automaticamente se anexado todas as informações necessárias em um projeto paramétrico. • LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DE MATERIAIS: Realizado automaticamente e de forma precisa se anexado todas as informações em um projeto paramétrico. • COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS: Realizado automaticamente devido a forma de se projetar uma edificação. • ORÇAMENTO: Oriundo da coerência do levantamento quantitativo da obra e da quantidade de informações anexadas no projeto.

Fonte – Autor, 2017.

Apesar do sistema de gerenciamento BIM apresentar uma grande gama de automatização de processos, tal tecnologia depende também do profissional. É necessário que sejam anexadas as informações corretas aos projetos paramétricos, caso contrário uma informação falsa pode ocasionar em uma falsa automatização. Como por exemplo: se for anexado o preço errado à execução de uma parede, o profissional obterá um orçamento incoerente. A automatização do resultado final é um excelente ponto positivo ao se optar pelo sistema de gerenciamento com BIM, mas para se obter o resultado final é necessário que o profissional anexe as informações corretas ao projeto.

Figura 37 – Pontos críticos e positivos entre o sistema de gerenciamento tradicional e BIM

TRADICIONAL	BIM
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil intercambiabilidade entre empresas tercerizadas, pois já é adotado por grande parte das empresas do mercado. • Base de formato de projetos universal (.dwg). • Baixo investimento para aplicação. • Obtenção de dados dos projetos de forma manual. • Não necessita de desenvolvimento de projetos completos, com todas as informações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande complexibilidade de interpretação de programas, necessidade de treinamento de equipes. • Diferentes bases de formatos de projetos, sendo uma base para cada programa. • Elevado valor de investimento. • Automatização na obtenção de dados dos projetos. • Necessidade de desenvolvimento de projetos completos e coerentes.

Fonte – Autor, 2017.

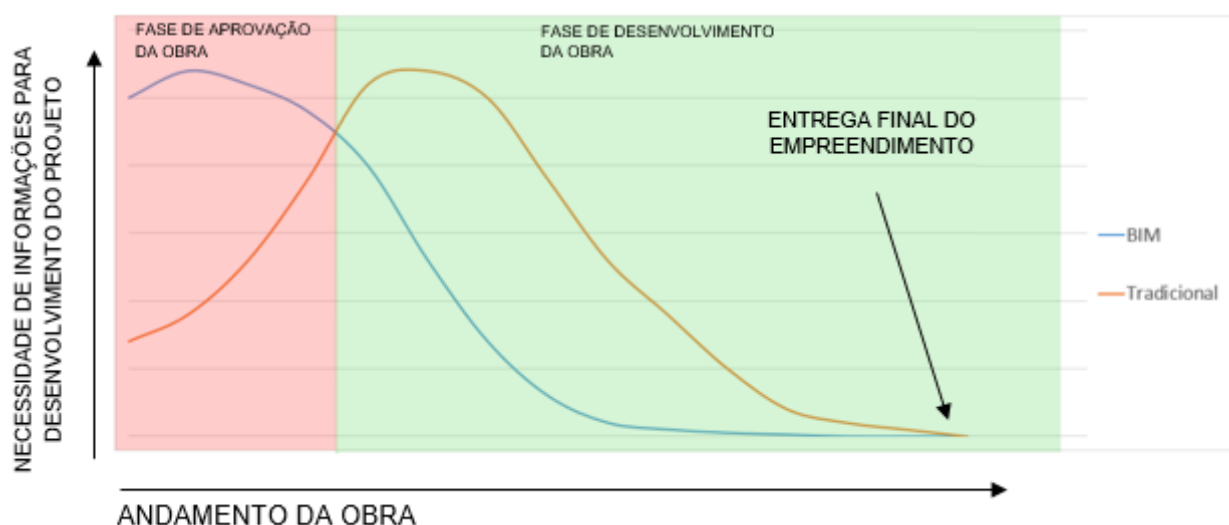
Ao longo do trabalho foi possível perceber que o sistema de gerenciamento tradicional é um sistema barato e rápido, porém suscetível a erros em diferentes fases do projeto e do gerenciamento. Muitos erros são passíveis da elevada necessidade de análises humana. Já projetos em BIM são demorados de serem desenvolvidos e devem ser desenvolvidos por projetistas que tenham um amplo conhecimento em obra, pois diferentes informações devem ser anexadas ao projeto. Quanto mais informações forem anexadas em um projeto BIM mais coerente e eficaz será.

O investimento para aplicação da tecnologia BIM, como destacado pelas obras estudadas por Eastman (2014), é elevado. Para aplicar-se a um empreendimento, deve-se antes realizar um estudo de viabilidade financeira para verificar se o valor do empreendimento é tão grande de modo que o valor necessário para a aplicação da tecnologia BIM seja desconsiderável perante o valor do empreendimento.

Porém, como destacado na análise da obra da torre comercial One Island East, uma construtora pode adotar a tecnologia BIM e subsidiar o investimento de implantação do sistema porque a empresa poderá utilizar a tecnologia nas obras futuras e pagar os investimentos aos poucos. Já no mesmo caso, além de subsidiar a adoção da tecnologia, a empresa obteve na mesma obra uma redução não estimada de 40 milhões como descrito, o que cobriu as despesas. Esse ganho não era esperado pela equipe de gerenciamento.

A figura 35 foi desenvolvida para destacar a diferença entre o sistema de gerenciamento BIM e o sistema de gerenciamento tradicional na necessidade de informações para desenvolvimento do projeto. No gráfico é destacado a quantidade de informações necessárias para o desenvolvimento de um projeto utilizando o sistema tradicional de gerenciamento (linha laranja) e o sistema de gerenciamento com BIM (linha azul).

Figura 35 – Necessidade de informações para desenvolvimento de um projeto em cada sistema analisado



Fonte – Adaptado pelo autor com base em Eastman Et. Al, 2014.

Como mostra na figura 35, para a realização de um projeto paramétrico (projeto desenvolvido com o sistema de gerenciamento com BIM) é necessária uma enorme quantidade de informações nos projetos iniciais. Já para o desenvolvimento de um projeto não paramétrico como no sistema de gerenciamento tradicional, as informações são muitas vezes anexadas durante o decorrer da obra.

Quanto mais informações anexamos em um projeto BIM, em mais dimensões se consegue trabalhar. Não há necessidade de migrar para um *software* BIM se não se obter todas informações necessárias de projeto. Caso desenvolvido em BIM um projeto sem anexação de informações, o projeto será semelhante a um projeto desenvolvido em CAD, contendo somente linhas. Quanto menor a anexação de informações em projetos paramétricos, menor será o benefício obtido e o retorno do investimento da aplicação do sistema de gerenciamento BIM.

A tecnologia BIM pode ser bastante eficaz e até uma tendência na qual todos trabalharão futuramente. Porém para se adaptar a tecnologia se deve repensar no modo de projetar. Para adotar a tecnologia BIM é necessário que seja desenvolvido um maior conhecimento prático à projetos na formação dos profissionais da área.

A tecnologia não é eficaz para projetistas sem um conhecimento amplo no desenvolvimento prático de edificações, o qual é necessário para o desenvolvimento de um projeto em uma plataforma paramétrica. Enquanto que em CAD só é desenhado linhas que representem a construção de um cubo (por exemplo), em programas com base BIM é preciso descrever o máximo de informações possíveis do cubo para que o programa gere as linhas do projeto e forneça todas as demais informações automatizadas discutidas no trabalho.

Para a sociedade à qual o trabalho se aplicou, o método de gerenciamento tradicional poderia funcionar se houvesse mais seriedade na aplicação. Observa-se no atual momento um desleixo na administração de alguns empreendimentos, como visto na análise do cronograma da obra analisada, onde o PPC não era levado a sério. Caso o sistema tradicional de gestão fosse levado a sério, com uma administração sólida no cronograma do empreendimento, poderia apresentar resultados positivos assim como o sistema de gerenciamento com BIM.

Já o sistema de gerenciamento com BIM é um sistema baseado em *Softwares* que quando não anexado devidamente as informações e não realizado o controle corretamente do empreendimento, o sistema alertará o usuário, obrigando-o a utilizá-lo de maneira correta e eficaz. Com isso o sistema com BIM tende a ser um sistema levado mais a sério que o sistema tradicional de gestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 13531/1995: **Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas**. Rio de Janeiro: ABNT1995.

ALDER, M. A.; **Comparing Time and Accuracy of Building Information Modeling to Onscreen Takeoff for a Quantity Takeoff of a Conceptual Estimate**. Master or Science Thesis – School of Technology. Birmingham Youg University, 2006.

AMIRI, H.; **Building Information Modeling for Construction Applications**. Formwork installation and quantity takeoff. Master Thesis – The University of British Columbia, 2012.

ANDRADE, A. C., SOUZA U. E. L.; **Diferentes Abordagens Quanto ao Orçamento de Obras Habitacionais: Aplicação ao Caso do Assentamento da Alvenaria**. In: **Anais...** do IX Encontro Nacional de Tecnologia do Meio Ambiente Construído, ENTAC. Foz do Iguaçu-PR, 2002.

AUTODESK: **Ajuda do Autodesk Navisworks Simulate 2013**. Disponível em: <<http://docs.autodesk.com/>>. Acesso em: 28/05/2017.

ÁVILA, Vinícius Martins; **Compatibilização de Projetos de Edificações Baseado na Engenharia Simultânea e FMEA, Estudo de Caso em um Edifício Residencial Multifamiliar**. Monografia, Belo Horizonte-MG, 2006.

BALLARD, Glenn; **The Last Planner System of Production Control**. Thesis (Doctor of Philosophy) – Faculty of Engineering, the University of Birmingham.

Birmingham, 2000.

BALLARD, Glenn; **Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control**. Proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction IGLC-5. Gold Coast, Austrália, 1997.

BERNARDES, Maurício Moreira e Silva; **Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil**. 1 ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003.

BEST SOFTWARE, Tecnologia para Construção; **Autodesk Revit – Recursos, Software para projeto de Edificação e Construção**. Disponível em: <<http://bestsw.com.br/produtos/autodesk-sofwares/revit/recursos/>>. Acessado em: 28/05/2017.

CABRAL, Eduardo C. C.; **Proposta de Metodologia de Orçamento Operacional para Obras de Edificações**. Tese de Mestrado em Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 1988.

CABRITA, A. F.; **Atrasos na Construção: Causas, Efeitos e Medidas de Mitigação**. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Ensino, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2008.

CAMPESTRINI, T. F. (Org.); **Entendendo o BIM, 2015. Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1 ed. Curitiba, Paraná, Brasil, 2015.

CARDOSO, Andreia; MAIA, Bruno; SANTOS, Diogo; NEVES, João; MARTINS, Margarida; **BIM: O que é?** Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade Porto. Porto, 2013.

CARVALHO, Felipe Sampaio Figueiredo; **Avaliação da Aplicação dos Princípios da Construção enxuta em Empresas Construtoras**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP, 2012.

COURT, P., PASQUIRE, C., GIBB, A. e BOWNER, D.; **Design of a Lean and Agile Construction System for a Large and Complex Mechanical and Electrical**

Project. Understanding and Managing the Construction Process: Theory and Practice, Proceeding of the 14th Conference of the International Group for Lean Construction, R. Sacks & S. Bertelsen, eds., Catholic University of Chile, School of Engineering, Santiago, Chile, 2006.

CROTTY, Ray; **The Impact of Building Information Modelling.** SPON Press. Nova Iorque, U.S.A., 2012.

EASTMAN, C. M.; **The use of computers instead of drawings in building design.** Journal of the American Institute of Architects, 1975.

EASTMAN, C. et al.; **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** 1 ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda, 2014. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al.

EVANS, John; **Navisworks – 2011 Perspective.** Disponível em: <<https://designandmotion.net/autodesk/navisworks/navisworks-2011-overview/>>. Acessado em: 28/05/2017.

FABRÍCIO, Márcio Minto; **O Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-SP. São Paulo, 2002.

GONZALES, Alexandre; **Por Que Vale a Pena Investir em BIM.** Revista Construção Mercado – Negócios de Incorporação e Construção (V. 70, n. 180, abr. 2017), Editora PINI. São Paulo-SP, 2017.

GONZÁLES, Marco Aurélio Stumpf; **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras.** Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. São Leopoldo-RS, 2008.

GRAVINA, Prof. Ms. João Batista; **Notas de Aula: Especificações, Custos e Planejamento de Obras.** Disciplina ministrada na Universidade do Vale do Taquari, semestre A, 2017.

GRAZIANO, F. P.; **Compatibilização de Projetos**. Mestrado profissionalizante, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo-SP, 2003.

HODGES, C. E W.W. Elvey; **Making the Business Case for Sustainability: It's Not Just About Getting Point**. Facilities Manager, 2005.

KOSKELA, Lauri; **Application of the Newproduction Philosophy to Construction**. Center for Integrated FacilityEngineering, Department of Civil Engineering, Standford University, 1992.

LAUFER, A.; TRUCKER, R. L. **Construction Planning Really Doing its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process**. [S.l.]: [s.n.], 1987.

MATOS, Adriano Oliveira; **Estudo do Planejamento em Linha de Balanço de uma Obra em Paredes-Painéis com aplicação de princípios da Construção Enxuta**. Trabalho Acadêmico. Curso de Especialização em Gestão e Tecnologia de Produção de Edifícios da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, 2006.

MATTOS, A. D.; **BIM 3D, 4D, 5D e 6D**. Editora Pini. São Paulo-SP, 2014.

MATTOS, A. D.; **Como Preparar Orçamentos de Obra: dicas para orçamentistas, estudos de casos e exemplos**. Editora Pini. São Paulo-SP, 2006.

MENEZES, Gilda L. B.; **Breve Histórico de Implantação da Plataforma BIM**. In: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v. 18, n. 22, 2011.

MORAES, Rosa Maria M.; GUERRINI, Fábio M.; SERRA, Sheyla M.B.; **Aplicação de Tecnologia de Informação no Setor da Construção Civil**. Artigo Científico apresentado no XII SIMPEP. Bauru-SP, 2006.

MÜLLER, Leandro Sander; **Utilização da Tecnologia BIM (Building Information Modeling) Integrado a Planejamento 4D na Construção Civil**. UFRJ/ Escola Politécnica, Rio de Janeiro-RJ, 2015.

PARISOTTO, J. A.; **Análise de Estimativas Paramétricas para Formular um Modelo de Quantificação de Serviços, Consumo de Mão-de-Obra e Custos de Edificações Residenciais – Estudo de Caso para uma Empresa Construtora**.

Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2003.

PEINEIROL, L.; **Caso de Estudo de Implementação do Sistema de Controle da Produção Last Planner**. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2007.

PRADO, R. L.; **Aplicação e Acompanhamento da Programação de Obras em Edifícios de Múltiplos Pavimentos Utilizando a Técnica de Linha de Balanço**. Trabalho de Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis-SC, 2002.

PREGELI NETO, Prof. Ms. Antonio; **Notas de Aula: Gerenciamento de Projetos e Obras**. Disciplina ministrada na Universidade do Vale do Taquari, semestre B, 2017.

PULZATTO, Márcio Padovan; **A Adoção de Novas Tecnologias Construtivas na Produção de Edifícios**. Trabalho de Dissertação do Programa de M.B.A. em Tecnologia e Gestão na produção de edifícios, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2005.

REZENDE, Antônio Carlos; **Gerenciamento de Projetos Obras e Instalações**. 1 ed. São Paulo-SP: IMAM, 2008.

RIBEIRO, G. N.; **Aplicação de Ferramentas BIM em um Projeto de Cobertura do Estádio Professor Dário Rodrigues Leite**. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá-SP, 2015.

ROGINSKI, D.; **Quantity Takeoff Process for Bidding State Using BIM Tools in Danish Construction Industry**. Master Thesis – Thecnical University of Denmark, 2011.

SABOL, Louise; **Challenges in Cost Estimating With Building Information Modeling**. Disoníel em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ec82/52eeb9aadca36f7d385c6125fa20e96983b2.pdf>>. Acessado em: 03/05/2017.

SAMPAIO, Myrlla Arielle Fernandes; **As Contribuições da Implementação do MS Project Para o Monitoramento do Planejamento Estratégico da Empresa Júnior de Administração – EJA Consultoria**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Administração, Universidade Federal do Paraíba. João Pessoa-PB, 2009.

SAWYER, T.; **Early Adopters Find the Best Models Are Digital Virtuosos**. Engineering News Record, 02 Outubro de 2006.

SILVA FILHO, Prof. M.Sc Carlos de Macêdo; **Curso de Gestão e Gerenciamento de Obra**. Material do Curso de Pós Graduação “Gestão e Gerenciamento de Obra” elaborado pelo professor. Goiânia-Go, 2004.

SMART MARKET REPORT; **Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry**. McGraw Hill, Nova Iorque, U.S.A., 2008.

TRAUNER, T. J.; **Construction Delays: documenting causes, winning claims, recovering costs**. R.S. Means, U.S.A., 1990.

XAVIER, Ivan; **Orçamento, Planejamento e Custos de Obras**. 2008 FUPAM. Disponível em http://www.lamehousing.com.br/uploads/artigos/18042010_190858.pdf. Acessado em 28/05/2017.

LOYD's REGISTER; <http://www.lr.org/en/utilities-building-assurance-schemes/building-information-modelling/>. Acessado em 14 de Abril de 2017.

ANEXO 01 – Levantamentos Quantitativos

DESCRIÇÃO	Quantidade	UNID	Quantidade	UNID	Diferença
	Novo Projeto		PROJETO		
FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS					
BLOCOS					
Forma Compensado Resinado 12mm - 3x (blocos, vigas, sapatas)	210,00	m2	395,80	m2	188%
Ferragem Aço CA-50/60 - infra-estrutura	18.816,00	kg	13.567,00	kg	72%
Concreto Usinado Fck 25 MPa - bombeado	136,00	m3	134,49	m3	99%
Mão-de-obra concreto armado (forma/aço/concreto) - infra-estrutura	136,00	m3	134,49	m3	99%
VIGAS DE FUNDAÇÃO					
Forma Compensado Resinado 12mm - 3x (blocos, vigas, sapatas)	1.860,52	m2	698,00	m2	38%
Ferragem Aço CA-50/60 - infra-estrutura	9.473,00	kg	16.448,00	kg	174%
Concreto Usinado Fck 25 MPa - bombeado	183,25	m3	148,09	m3	81%
Impermeabilização de baldrame	185,26	m2	698,00	m2	377%
Mão-de-obra concreto armado (forma / aço / concreto) - infra-estrutura	183,25	m3	148,09	m3	81%
FUNDAÇÕES PROFUNDAS					
ESTAQUEAMENTO					
Mobilização de equipamento	2,00	vb	2,00	vb	100%
Estaca raiz diâmetro 25 cm	1.540,00	m	1.662,00	m	108%
Ferragem Aço CA-50/60 - infra-estrutura	12.893,48	kg	15.231,74	kg	118%
Cimento CPlI	0,00	sc	1.760,00	sc	Não Estimado
Arrasamento de estacas	385,00	un	265,00	un	69%
SUPRA-ESTRUTURA					
CONCRETO USINADO					
Concreto Usinado Fck 25 MPa - bombeado	1.823,80	m3	1.992,68	m3	109%
Mão-de-obra concreto armado (forma / aço / concreto) - supra-estrutura	1.823,00	m3	1.992,68	m3	109%
Serviço de nivelamento de concretagem e desempenho mecânico de lajes	7.617,00	m2	8.101,00	m2	106%
Concreto dos degraus da arquivancada	32,00	m3	124,22	m3	388%
PAREDES E DIVISÓRIAS					
ALVENARIAS DE BLOCOS - VEDAÇÃO					
Alvenaria de Bloco de concreto Celular 20x30x60 autoclavado sipotex	2.900,00	m2	900,00	m2	31%
Alvenaria Bloco cerâmico 14 cm	1.044,16	m2	2.611,00	m2	250%
DIVISÓRIAS					
Divisória para banheiros	65,00	m2	13,70	m2	21%
Divisórias para mictórios	9,00	un	3,00	un	33%
Divisórias de Gesso Acartonado	810,00	m2	1.360,00	m2	168%
Divisórias tipo Escritório	436,95	m2	202,00	m2	46%
PISOS EM CONCRETO ARMADO / CONTRAPISOS					
BASES E LASTROS					
Base de Brita Graduada e=10 cm	85,00	m3	360,00	m3	424%
CONTRAPISOS SOBRE SOLO					
Contrapiso armado 10cm	1.895,00	m2	2.598,00	m2	137%
PISO CONCRETO ARMADO - ESTACIONAMENTO SUBSOLO					
Piso Cimento Polido do Subsolo	849,00	m2	873,00	m2	103%
Serviço de nivelamento de concretagem e desempenho mecânico de lajes	0,00	m2	873,00	m2	Não Estimado
ELEVADORES					
Elevador ThyssenKrupp	2,00	un	2,00	un	100%
ESQUADRIAS / VIDROS					
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO					
PM 01 Porta Madeira semi-oca 90x210 cm	24,00	un	18,00	un	75%
PM 02 Porta Madeira semi-oca 80x210 cm	34,00	un	22,00	un	65%
PM 01 PNE	3,00	un	9,00	un	300%
PM 03 Porta Madeira semi-oca 70x210 cm		un	28,00	un	Não Estimado
Porta Pivotante em chapa MDF - PCF	3,00	un	3,00	un	100%
ESQUADRIAS DE FERRO					
Porta de Ferro Corta Fogo 1.00 x 2.10m com pintura epóxi 60 min s/ barra	17,00	un	27,00	un	159%
Portão de Contrapeso 9,07 x 3,18 m para garagem Inclusa a motorização do portão	1,00	un	1,00	un	100%
PME 01 Porta de Contrapeso - motorizado	1,00	un	1,00	un	100%
SERRALHERIA					
SERRALHERIA					
Guarda corpo em aço inox escovado 100 cm com pegamão 2"x1,2 AUDITÓRIO	25,60	m	12,00	m	47%
Guarda corpo de Alumínio da Sacada, com colunas de 150 cm com vidro	70,80	m	70,80	m	100%
Pegamão de aço pintado altura 100cm 2"x1,2	277,52	m	350,00	m	126%
Escada Marinheiro 3,00 m de altura	1,00	un	1,00	un	100%
COBERTURAS E PROTEÇÕES					
COBERTURA METÁLICA / ESCADA METÁLICA					
Estrutura metálica da marquise com cobertura de Policarbonato	130,70	m2	145,00	m2	111%
IMPERMEABILIZAÇÕES					
IMPERMEABILIZAÇÕES					
Preparo de superfície	1.221,25	m2	2.803,00	m2	230%
Proteção mecânica	1.221,25	m2	2.803,00	m2	230%
Argamassa polimérica flexível	726,60	m2	29,00	m2	4%
Argamassa Elastomérica	0,00	m²	2.592,00	m²	Não Estimado
Manta asfáltica poliéster 4mm Tipo III A	468,00	m2	182,00	m2	39%
REVESTIMENTOS DE PAREDE					
REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA					
Chapisco Interno	2.774,00	m2	6.000,00	m2	216%
Chapisco Externo	980,00	m2	1.300,00	m2	133%
Reboco Interno	2.774,00	m2	6.000,00	m2	216%
Reboco Externo	980,00	m2	1.300,00	m2	133%

REVESTIMENTOS CERÂMICOS					
Revestimento Eliane Diamanti Fendi AC 32,5x57cm	1.489,43	m2	1.061,00	m2	71%
REVESTIMENTO EM PEDRA					
Granito Preto São Gabriel	175,96	m2	70,30	m2	40%
Granito Preto São Gabriel (moldura das portas do elevador e PCF das escadas)	0,00	m	68,20	m	Não Estimado
REVESTIMENTOS DIVERSOS					
Carpete Natural Charm Bouclé 6 mm preto - somente na parede ao fundo do AUDITÓRIO - restante pintura preta	300,00	m2	155,00	m2	52%
Revestimento em MDF	200,00	m2	491,00	m2	246%
REVESTIMENTO DE PISO					
CONTRAPISOS SOBRE LAJE / REGULARIZAÇÕES					
Contrapiso argamassado sobre laje	7.500,00	m2	4.800,00	m2	64%
REVESTIMENTO CERÂMICO					
Porcelanato Eliane Concreto Acetinado - Munari	839,00	m2	850,00	m2	101%
Porcelanato Portobello 60x60 modelo Dólmen Natural 60x60cm	459,00	m2	473,00	m2	103%
Porcelanato Eliane Ártico Alpes 45x45cm, junta de assentamento 3mm, assentamento com produto Ligamax Gold Extra e rejuntamento com Junta Gold Epoxi, instalação conforme detalhamento do projeto;	373,00	m2	383,00	m2	103%
REVESTIMENTO DE PEDRA					
Granito Preto São Gabriel	149,78	m2	156,00	m2	104%
Basalto polido corte regular - Patamares e Degraus	183,36	m2	544,00	m2	297%
REVESTIMENTOS DIVERSOS					
Carpete Natural Charm Bouclé 6 mm	725,00	m2	795,00	m2	110%
Piso Vinílico Allura Classis Beech	1.400,00	m2	1.719,00	m2	123%
Pre-finished Single Strip Flooring cor Amendoim Natural	70,00	m2	68,00	m2	97%
Piso Tate acabamento Laminado branco	55,00	m2	72,00	m2	131%
RODAPÉ					
Rodapé Porcelanato Portobello modelo Dólmen Natural	6,35	m	87,00	m	1370%
Rodapé Santa Luzia ref. 454 RP/BR	500,00	m	683,00	m	137%
SOLEIRAS/PINGADEIRAS/TAMPOS					
Soleiras Verde Ubatuba (Basalto)	108,00	m	201,00	m	186%
Pingadeira Verde Ubatuba (Basalto)	13,00	m	840,00	m	6462%
Tamos (Cozinha e Sanitários)	0,00	m	50,00	m	Não Estimado
REVESTIMENTO DE FORRO					
REVESTIMENTO DE GESSO					
Forro de Gesso Acartonado incluso recortes, sancas, massa e pintura	1.140,00	m2	1.100,00	m2	96%
REVESTIMENTOS DIVERSOS					
Forro Mineral com borda tegular Linha Átria NRC 0,75	330,00	m2	190,00	m2	58%
Forro Mineral 625x625 com borda lay-in Linha Átria NRC 0,75	1.728,72	m2	1.760,00	m2	102%
Forro Cell T15 Hunter Douglas metálico	1.081,20	m2	1.120,00	m2	104%
Placa de OSB (Gesso + OSB do Auditório)	591,33	m2	860,00	m2	145%
REVESTIMENTOS DE FACHADA					
Brise B57	433,00	m2	347,00	m2	80%
Chapa Miniwave Hunter Douglas	562,00	m2	855,00	m2	152%
Painel Aluacero 650x5800	144,00	m2	132,00	m2	92%
PINTURAS					
PINTURA DE PAREDE					
Massa corrida e Pintura acetinada cor branco gelo, marca Suvinil - REBOCO	3.764,63	m2	6.280,00	m2	167%
Massa corrida e Pintura acetinada cor branco gelo, marca Suvinil - GESSO	0,00	m2	1.580,00	m2	Não Estimado
Massa corrida e pintura sobre forro de gesso	780,00	m2	280,00	m2	36%
Pintura Acrílica sobre Reboco	300,00	m2	1.341,00	m2	447%
Pintura Hidrofugante para estruturas em concreto aparente	1.100,00	m2	280,00	m2	25%
PINTURA DE FORRO					
Pintura preta na laje sobre o forro	211,74	m2	2.928,00	m2	1383%

Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.

ANEXO 02 – Solicitações de Informações de Projeto

Nº	SOLICITAÇÃO	PRÉDIO	PALACIARIA CHAVE	REVISÃO	ALTERAÇÃO	INFORMAÇÃO	DEFINIÇÃO	CONFIRMAÇÃO	ITEM	CONCLUSÃO		RESPOSTA
										TEMPO DE ESPERA	DATA	
1	03/mar	Administrativo	PORTA				✓		Confirmar a especificação da porta da Sala de treinamento 02 (PMI ou PM2)	OK	06/03/2016	PM01 - 90x210
2	03/mar	Administrativo	PORTA			✓			Definir tipo de porta copacozinha do térreo e acesso ao exterior	VERIFICAR OBS.	06/03/2016	Porta em Alumínio
3	03/mar	Sede Social	PORTA			✓			Definir tipo das portas de 2 folhas	VERIFICAR OBS.	06/03/2016	Porta em Alumínio
4	03/mar	Agência	PORTA			✓			Definir a especificação da porta entre o atendimento e terminais	OK	06/03/2016	PM02 - 80x210
5	03/mar	Agência	PORTA			✓			Definir a especificação da porta do depósito no térreo em substituição à PCF	VERIFICAR OBS.	06/03/2016	Porta em Alumínio 80x210
8	03/mar	Administrativo	SHAFT ELE.		✓				Alteração do Shaft de elétrica do térreo. Alterar projeto	SEM RESPOSTA		
9	03/mar	-	PCF			✓			Definir quais portas PCF deverão conter fechadura com chave		13 Dias	16/03/2016
10	03/mar	-	ADM	✓					Revisar paginação das placas de ADM do forro		06 Dias	06/03/2016
12	03/mar	-	DIVISÓRIAS		✓				Otimização das divisórias de escritório. Verificar possibilidade de ajuste das paredes de gesso para melhor modulação	VERIFICAR OBS.	ok	ok
13	03/mar	Audatório	CORES			✓			Definir cores da pintura do auditório		SEM RESPOSTA	
14	03/mar	-	-		✓				Estudo para solução da porta tripla do auditório		SEM RESPOSTA	
15	03/mar	-	DRENAGEM			✓			Definir solução para drenagem das marquises		SEM RESPOSTA	
16	03/mar	Administrativo	TQS			✓			Alteração dos contornos dos pavimentos		SEM RESPOSTA	
19	03/mar	-	ALLUACERD	✓					Revisão da área de revestimento Alluacero		SEM RESPOSTA	
20	03/mar	Administrativo	PORTA			✓			Especificação detalhe das portas do subsolo (portão, porta lateral e pcf)		Resposta em Reunião	
21	03/mar	-	PINTURA			✓			Especificação de pintura para forro OSB		SEM RESPOSTA	
22	03/mar	Audatório	PALCO			✓			Definição sobre "forão" sob o palco	VERIFICAR OBS.	SEM RESPOSTA	
23	03/mar	-	DIVISÓRIAS		✓				Alteração da cor das divisórias de escritório	VERIFICAR OBS.	Resposta em Reunião	
24	03/mar	Audatório	CARPETE			✓			Definição do carpete do auditório		Resposta em Reunião	

Fonte – Adaptado pelo autor em base nos dados da construtora analisada pelo trabalho, 2017.