

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RODINEI MAGALHÃES

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA TECNOLOGIA BIM AO LONGO DA  
CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO – ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

RODINEI MAGALHÃES

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA TECNOLOGIA BIM AO LONGO DA  
CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Amacin Rodrigues  
Moreira

CURITIBA

2017



Ministério da Educação

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

*Campus Curitiba – Sede Ecoville*

**Departamento Acadêmico de Construção Civil**

**Curso de Engenharia Civil**

---

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### ***AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA TECNOLOGIA BIM AO LONGO DA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO – ESTUDO DE CASO***

Por

**RODINEI MAGALHÃES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido no segundo semestre de 2017 e aprovado pela seguinte banca de avaliação:

---

Orientador – Amacin Rodrigues Moreira, MSc.  
UTFPR

---

Profa. Ana Carolina Virmond Portela Giovannetti, MSc.  
Unibrasil

---

Prof. Arthur Medeiros, Dr.  
UTFPR

---

OBS.: O documento assinado encontra-se em posse da coordenação do curso.

---

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos professores da UTFPR pelo apoio, atenção e paciência oferecidos a mim pelos últimos cinco anos. O período que passei nesta universidade foi muito especial para mim, me proporcionou conhecimento, alegrias e maturidade, além de muitos amigos.

Agradeço aos amigos do Departamento de Gestão de Projetos e Obras, que me acolheram em seu laboratório de BIM (LaBIM-PR), que foi crucial para melhorar meu conhecimento sobre o assunto e me permitiu uma experiência prática de projetar em BIM.

Quero deixar registrado também meu agradecimento especial à minha esposa Ana, pelo carinho e paciência de me aturar por um ano falando sobre BIM.

## RESUMO

MAGALHÃES, Rodinei. Avaliação do desempenho da tecnologia Bim ao longo da construção de um edifício – Estudo de Caso. 2017. 63 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Bacharelado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

O presente estudo trata do acompanhamento e avaliação da introdução de projetos desenvolvidos com princípios da modelagem da informação da construção (BIM) em uma edificação tradicional de porte médio na cidade de Curitiba – PR. Muito se fala em melhorar os projetos de edificações introduzindo a tecnologia BIM, é uma tendência natural do mercado que busca se aperfeiçoar, mas pouco se fala de como os profissionais de campo veem esses avanços, o que estes precisam e quais os impactos destes projetos no dia-a-dia das obras. A pesquisa se deu através do acompanhamento *in loco* do andamento da construção, conversas informais e aplicação de questionários aos usuários e projetistas dos projetos. Os resultados obtidos apontam que o impacto da tecnologia, quando não há investimentos em alterações nos processos organizacionais, apesar de bastante limitado, proporcionam ganhos significativos na diminuição de retrabalhos e falhas devido a interferências construtivas. Conclui-se que para a condição da obra estudada, a compatibilização aperfeiçoada é o maior ganho dos projetos em BIM, além disso, estudos de ferramentas de utilização do BIM no canteiro, bem como treinamento dos funcionários são necessários para melhorar os efeitos desta tecnologia no canteiro.

**Palavras-chave:** BIM, modelagem da informação da construção, construção, projetos.

## ABSTRACT

MAGALHÃES, Rodinei. Evaluation of the performance of Bim technology throughout the construction of a building - Case Study. 2017. 63 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Bacharelado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

The present study deals with the monitoring and evaluation of the introduction of projects developed with the principles of Building Information Modeling (BIM) in a traditional medium-sized building in the city of Curitiba - PR. A lot is talked about improving building projects by introducing BIM technology. It is a natural tendency of the market that seeks to perfect, but little is said about how field professionals see these advances, what these need and what the impacts of these projects are on the day-to-day work. The research was done through the on-site monitoring of construction progress, informal conversations and application of questionnaires to users and project designers. The results obtained show that the impact of technology, when there are no investments in changes in organizational processes, although quite limited, provide significant gains in reducing rework and failures due to constructive interference. It is concluded that, for the condition of the work studied, the perfected compatibilization is the greater gain of the projects in BIM, in addition, studies of tools of use of BIM in the construction site, as well as training of the employees are necessary to improve the effects of this technology in the construction site.

**Keywords:** BIM. Building Information Modeling. Building.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
1.1. OBJETIVO GERAL .....	8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
1.3. JUSTIFICATIVA .....	8
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	9
1.5. LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
2.1. BIM.....	11
2.2. AS DIMENSÕES DE MODELAGEM.....	15
2.3. NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO.....	17
2.4. DETECÇÃO DE CONFLITOS.....	22
2.5. GESTÃO DE OBRAS COM BIM .....	22
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	26
3.1. OBJETO DO ESTUDO.....	26
3.2. METODOLOGIA APLICADA.....	30
4. COLETA DE INFORMAÇÕES .....	32
4.1. QUESTIONÁRIO.....	35
4.2. COMPARAÇÃO PROJETADO X CONSTRUÍDO .....	39
4.3. DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	49
5. ANÁLISE E RESULTADOS .....	50
5.1. AVALIAÇÃO GERAL.....	50
5.2. ANÁLISE VIA QFD.....	54
6. CONCLUSÕES .....	60
6.1. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	61
REFERÊNCIAS.....	62

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho trata da utilização do conceito BIM (*Building Information Modeling*), que significa Modelagem da Informação da Construção, na gestão de construções civis, buscando compreender as vantagens frente ao método tradicional e identificar pontos que ainda necessitam de melhoria.

O BIM é um conceito inovador na construção civil, cuja teoria já existe desde a década de 70, contudo sua disseminação e utilização massiva tem se dado nos últimos 15 anos. O BIM não é apenas um software de desenho em 3D, mas sim o conceito de edifício virtual contendo todas as informações do projeto real, permitindo ao projetista prever situações de conflito ainda em fase de projeto, através de uma compatibilização mais eficiente e da geração, com maior facilidade e precisão, de detalhamentos, orçamentos, cronogramas entre outros.

No Brasil o uso do BIM ainda é incipiente, mas tem alta taxa de crescimento, principalmente devido à busca das empresas pela diminuição de retrabalhos e consequente economia financeira. A sua utilização vem sendo incentivada também pelo governo desde 2007, com pioneirismo do estado de Santa Catarina, que desde 2014 abriu alguns editais exigindo a tecnologia para a aquisição de projetos.

O estado do Paraná, em parceria com Santa Catarina, vem desenvolvendo desde 2015 estudos para elaboração de critérios para contratação de projetos e obras públicas em BIM, denominado plano de fomento BIM, com o intuito de exigir a tecnologia em contratações a partir de 2018. Paralelamente a isso, o governo federal tem trabalhado em algo equivalente, tendo lançado recentemente um caderno informativo sobre o assunto.

Por outro lado, a transição do método tradicional de projeto e execução de obras para esta nova filosofia é bastante dispendiosa, envolvendo elevados custos de treinamento, aquisições de equipamentos e softwares caros, demandando muito tempo dos profissionais envolvidos e exigindo uma grande mudança de conceitos pré-existentes que já estão enraizados. Além disto, existe uma grande dificuldade em se visualizar como essa mudança pode proporcionar benefícios. Sendo assim, tem havido reluta por parte dos profissionais em adotar o BIM.

Deste modo, se faz necessário evidenciar as vantagens e possíveis desvantagens da utilização desta metodologia, a fim de demonstrar como esta pode



melhorar o processo construtivo das edificações e proporcionar benefícios palpáveis aos seus usuários.

### 1.1. OBJETIVO GERAL

Tendo em vista o contexto apresentado, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho e o impacto do emprego da tecnologia BIM na construção de um edifício residencial em Curitiba, Paraná.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos secundários deste trabalho:

- Analisar os processos de execução da obra, observando dificuldades na interpretação dos projetos e as alterações nos processos;
- Analisar a aceitação da equipe de execução quanto à implantação da tecnologia BIM na obra;
- Avaliar o impacto nos retrabalhos e interferências entre projetos, bem como, o desempenho do ponto de vista de organização de documentos, processos, cronograma e planejamento global da obra.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

A tecnologia BIM é uma inovação em projetos do mundo todo, principalmente no Brasil, dessa forma, ainda não está claro para todos os profissionais do ramo as vantagens de sua utilização. Além disso, os movimentos da esfera pública em respeito ao assunto, indicam que num futuro próximo, todos os projetos ligados ao governo serão obrigados a adotar esse princípio, visando a diminuição de retrabalhos, aditivos, erros e conseqüentemente, a corrupção, como já ocorre em outras partes do mundo.

O tema tem sido muito comentado em estudos recentemente, contudo a abordagem mais comum se refere à esfera de projeto, pouco se fala da interpretação e utilização dos projetos melhorados no dia-a-dia da construção. Tendo em vista este cenário, se faz necessário esclarecer as possibilidades que esta tecnologia oferece e como esta pode ser utilizada na prática para melhorar e baratear as construções no país.

Deste modo, pretende-se com o presente trabalho, através de um estudo de caso, vislumbrar alguns dos benefícios possíveis com a utilização de projetos elaborados em BIM, bem como uma metodologia para avaliar e melhorar o aproveitamento desta tecnologia nas construções civis.

#### 1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho destina-se ao estudo da implantação do BIM em obras residenciais, para isso, o capítulo 2 contém uma síntese dos principais conceitos relacionados ao BIM e alguns outros sobre gestão de obras em BIM, de forma a contextualizar a pesquisa.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia com a qual pretende-se abordar o tema e o estudo de caso. Foi feita a utilização da técnica QFD - Desdobramento de Função Qualidade (Quality Function Deployment) acompanhada de visitas, entrevistas, aplicação de questionários, análise documental e pesquisa bibliográfica.

O capítulo 4 traz as informações coletadas que abrangem o processo de coleta e as informações angariadas.

No capítulo 5 é feita a análise dos dados. Os dados levantados são organizados e compilados buscando atingir os objetivos definidos.

Na conclusão deste estudo, evidencia-se os pontos positivos da utilização dos projetos em BIM na obra, bem como os pontos em que poderia haver mudanças para melhor aproveitamento da ferramenta, propondo melhorias.

#### 1.5. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A obra avaliada é um edifício residencial de padrão médio, composto por seis pavimentos tipo de apartamentos de pequeno porte, cuja equipe nunca utilizou projetos ou ferramentas BIM. Neste contexto o estudo se limita a implantação e utilização de projetos BIM em obras residenciais de médio porte e com padrão de construção médio, não prevendo generalizações para outros tipos de construção.

O escopo do trabalho abrangeu o acompanhamento da obra, com visitas semanais, análise de documentos e projetos, coleta de dados com entrevistas e questionários, pesquisa bibliográfica, análise e interpretação dos dados, destacando os pontos positivos e propor melhorias para os negativos.

O estudo se limita a aplicação dos projetos na obra, não pretendendo adentrar no mérito da elaboração destes.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos relativos ao BIM, incluindo o seu histórico, conceituação, definição dos nD's de modelagem, explicações sobre detecção de conflitos e observações de autores sobre gestão de obras em BIM.

### 2.1. BIM

BIM - Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling*) é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria da construção civil. Com a tecnologia BIM é possível construir um modelo virtual preciso de uma edificação. Gerado computacionalmente, o modelo contém a geometria exata e os dados relevantes necessários para dar suporte à construção e informações para o fornecimento de matérias para a execução (EASTMAN *et al.*, 2014).

Apesar de ser tratado geralmente como novidade, o conceito fundamental do BIM já vem sendo abordado em relação à construção civil desde a década de 70. A idealização deste princípio é atribuída ao professor Charles M. Eastman e sua equipe, em 1974. Na ocasião sua publicação apresentou o conceito BDS (*Building Description System* – Sistema de Descrição da Construção). Segundo Eastman *et al.* (1974), o sistema BDS mostrava que a descrição de um edifício baseada em computador poderia replicar ou melhorar todos os pontos fortes de desenhos como um meio para a elaboração de projeto, construção e operação, bem como eliminar a maioria de suas fraquezas.

Van Nederveen e Tolman (1992) dão continuidade ao conceito abordando a ideia de que a modelagem de informações da construção é útil para fundamentar a estrutura de um modelo de construção, baseado nos diferentes pontos de vista dos diferentes participantes do projeto. Esta é tida como a primeira utilização do termo *Modelling Building Information*, que depois passou a ser utilizado como *Building Information Modeling* (BIM).

Contudo, devido a fatores inerentes da construção civil, este conceito ainda demorou a ser utilizado em larga escala. Em outras áreas como nas indústrias química, mecânica, naval e automobilística, o conceito de modelagem das

informações já é utilizado extensivamente a bastante tempo, estando intrínseco ao processo de criação.

Corroborando com esta afirmativa, Ayres Filho (2009) destacou que a modelagem se fez presente primeiramente em outras indústrias. Com o aumento gradual da complexidade das obras e processos envolvidos na construção, as empresas do ramo buscaram se aprimorar ganhando uma mentalidade mais industrial, modificando processos e buscando a inserção de novas ferramentas. Das experiências bem-sucedidas na indústria com as ferramentas de modelagem surgiu o conceito de BIM (Building Information Modeling) como uma modelagem que busca integrar todos os processos relacionados à construção.

Segundo Ruschel (2009), o longo período de domínio da transmissão de informações via representação 2D se deve a facilidade do desenho, não exigindo muitos recursos ou treinamentos. Apesar dessa vantagem, têm-se como pontos negativos a difícil visualização, o grande potencial de erros e ainda o fato desse tipo de representação depender de interpretação. Com projetos cada dia mais complexos, as chances de cometer tais erros tendem a se agravar.

O BIM é uma ferramenta que contribui para uma melhoria na qualidade dos projetos de arquitetura, engenharia e construção. Tem havido uma tendência de as empresas de projeto migrar da ferramenta CAD (*Computer Aided Design*) para uma abordagem BIM, mas isso não ocorre facilmente. É necessário aplicar técnicas bem-sucedidas de gestão para mudar todo o sistema de gerenciamento de projeto (DANTAS FILHO *et al.* 2015).

Essa dificuldade na migração para o BIM se deve ao fato de não se tratar apenas de uma mudança de ferramenta de projeto, como foi na migração da prancheta para o CAD, mas sim de uma alteração de metodologia, que muda a forma como os profissionais da área tem de encarar a fase de projeto.

Para Coelho e Novaes (2008), os sistemas baseados na tecnologia BIM podem ser considerados uma nova evolução dos sistemas CAD, pois gerenciam a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento de construção, através de um banco de informações inerentes a um projeto, integrado à modelagem em três dimensões.

A definição do BIM é apresentada de diversas formas pelos autores, mas em geral o termo dominante para definir o BIM é informação.

Segundo Penttilä (2006), BIM é uma metodologia para gerenciar a base do projeto de construção e os dados do projeto em formato digital ao longo do ciclo de vida da construção.

De acordo com Eastman *et al.* (2014), o BIM é uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção, que envolve tecnologias e processos cujo objetivo é desenvolver uma prática de projeto integrada, na qual todos os participantes convirjam seus esforços para a construção de um modelo único de edifício.

Ainda segundo os autores, na tecnologia BIM um modelo virtual é construído digitalmente. Quando completado, o modelo gerado pelo computador contém informações de geometria e dados relevantes necessários para o apoio na construção, fabricação e aquisições necessárias para a realização da construção.

A base de um sistema BIM é, portanto, o banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos. Além disso, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007).

Para Ferreira (2007), o BIM é mais que a modelagem de um produto, já que procura englobar todos os aspectos relativos à edificação: produtos, processos, documentos, etc.

Segundo Menezes (2011), *Building Information Modeling* (BIM) é uma filosofia de trabalho que integra a indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), envolvendo a elaboração de um modelo virtual preciso, o qual gera um banco de dados que contém informações topológicas, subsídios para orçamento, previsão das fases de construção, entre outras atividades.

Com os recentes avanços nas tecnologias da informação e comunicação (TIC) e na modelagem da informação da construção, têm crescido as experiências com os denominados projetos colaborativos. O rápido aumento da velocidade e acesso às informações oferecidas pelas TIC tornou mais ágil a troca de ideias e tomada de decisões em prazos mais curtos. Com a introdução dos fatores tempo e custos pelo BIM, os construtores puderam gerenciar e simular as etapas da construção, além de analisar melhor a construtibilidade antes da execução (FLORIO, 2007).

A principal ferramenta do BIM é o modelo do edifício, um repositório de informações acessado por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento do edifício, da sua concepção à sua construção, manutenção e disposição final. O modelo do edifício representa as características físicas e funcionais dos componentes da edificação, em um ambiente multidimensional em que elas podem ser testadas e aprimoradas antes do início das obras (AYRES FILHO, 2009).

Santos (2012) cita os preceitos estabelecidos da prática do BIM que o modelo deve possuir para se considerar como tal:

- Modelagem Paramétrica;
- Orientação a Objetos;
- Uso em todo o ciclo de vida de projeto;
- Colaboração;
- Interoperabilidade;
- Biblioteca de Componentes.

Segundo Eastman *et al.* (2014), todos os sistemas CAD geram arquivos digitais. Com a introdução da modelagem 3D, foram adicionadas definições avançadas e ferramentas complexas de geração de superfícies. Um modelo de construção produzido por uma ferramenta BIM pode dar suporte a múltiplas vistas diferentes dos desenhos, incluindo 2D e 3D. É possível pensar em BIM como uma “simulação inteligente da arquitetura”. Essa simulação deve exibir seis características principais:

- Digital
- Espacial (3D)
- Mensurável
- Abrangente (relacionando e comunicando a intenção do projeto, o desempenho da construção e também aspectos financeiros)
- Acessível (a toda a equipe do empreendimento por meio de uma interface interoperável e intuitiva)
- Durável (utilizável ao longo de todas as fases da vida de uma edificação)

Atualmente não há implementações de softwares BIM que abrangem todos os critérios. Com o passar do tempo e evolução da tecnologia, a capacidade deverá

crescer, assim como a habilidade para suportar práticas melhores e mais amplas (EASTMAN *et al.*, 2014).

Enfim, se trata de uma nova metodologia de projeto, diferente de uma representação planificada, no BIM faz-se a construção de uma maquete eletrônica da edificação, agregando a esse modelo as informações necessárias para que ele represente de forma fiel o produto final e auxilie no processo de concepção, construção e utilização deste edifício.

## 2.2. AS DIMENSÕES DE MODELAGEM

As informações que são agregadas ao modelo podem atingir diferentes níveis de detalhamento. No BIM além dos dados geométricos, pode-se inserir dados relacionados ao cronograma, aos custos, à manutenção, à sustentabilidade entre outros. Verificou-se, portanto, a possibilidade de combinar todos os dados geométricos de uma estrutura 3D (x, y, z) com os demais dados relativos ao projeto, originando o conceito do nD *Modelling* (SAKAMORI e SCHEER, 2015).

Lee *et al.* (2003) foram os responsáveis por introduzir o conceito de multidimensionalidade no BIM conhecidos como nD *Modelling*. De acordo com os autores, o nD *Modelling* é uma extensão do modelo de informação de uma construção com a incorporação de todas as informações de projeto durante o ciclo de vida de um empreendimento. Através do banco de dados do projeto várias informações podem ser geradas automaticamente, tais como plantas, cortes, elevações, cronogramas e custos. Os autores definiram as seguintes nomenclaturas para classificar os estágios de Modelagem:

- 3D: Modelo geométrico 3D parametrizado;
- 4D: Modelo geométrico 3D parametrizado + Gerenciamento do Tempo;
- 5D: Modelagem 4D + Gerenciamento dos Custos;
- 6D: Modelo Geométrico 3D + Gerenciamento do ciclo de vida e Manutenção.

Adicionalmente se incluiu o 7D e o 8D. O 7D se refere a componentes de sustentabilidade, que permitem aos projetistas atender elementos específicos do projeto, comparar conformidade e validar as diferentes opções de estimativas de energia e demais sistemas. Já o 8D é alusivo a segurança (SMITH, 2014).



Na Figura 01 pode-se ver uma ilustração sucinta das principais dimensões do BIM.



Figura 1: Os diversos níveis D do BIM

Fonte: Adaptado de HASHTAGBIM (2017).

Para o presente trabalho, as dimensões mais relevantes são a geometria, o tempo e o custo. Deste modo, estes itens estão detalhados a seguir.

Imagens em três dimensões em projetos, por si só não os caracteriza como BIM, mas sim a associação de informações relevantes e com o nível de detalhamento adequado a esses projetos tridimensionais. Segundo Motter e Campelo (2014), a utilização de projetos com dados 3D permite uma melhor visualização gráfica, mas não possuem suporte para integração de dados e análise de projeto e nem atributos de objetos. Se o modelo não possui inteligência paramétrica, este não pode ser chamado modelo BIM.

Eastman *et al.* (2014) afirmam que os modelos e ferramentas 4D foram inicialmente desenvolvidas no final dos anos 1980 por grandes organizações envolvidas na construção de projetos complexos de infraestrutura e energia, nos quais erros de planejamento impactavam diretamente no custo da obra.

Azevedo (2009) articula que, com a introdução de fatores tempo e custos no projeto BIM, os construtores puderam gerir e simular as etapas de construção, assim como analisar melhor a possibilidade de construção antes da execução.

De acordo com Motter e Campelo (2014), o BIM 4D introduz atributos de tempo ao modelo, permitindo o uso da tecnologia para modelagem e planejamento, simulando as etapas de construção antes do início da mesma e estabelecendo melhores estratégias de planejamento.

O aumento da previsibilidade e controle dos prazos dos empreendimentos com BIM 4D utiliza ferramentas técnicas e tecnologias associadas como, por exemplo, PERT-CPM (*Program Evaluation and Review Technique / Critical Path Method*), MS-Project ou Primavera, que através de processos de controle de atividades, prazos, recursos e informações relevantes permitem o melhor acompanhamento dos avanços e desvios apresentados pelas equipes de execução dentro do canteiro de obra (SUZUKI e SANTOS, 2015).

O planejamento é um dos principais aspectos de um gerenciamento e causa grande impacto em um projeto. Santos (2010) afirma que um bom entendimento do planejamento de uma obra traz como vantagem a antecipação de decisões e o melhor gerenciamento de tempo, materiais e recursos.

A modelagem 5D engloba a quantificação dos custos dos elementos do modelo e o respectivo custo final. É importante destacar que esta etapa é dependente do 4D visto que o componente tempo é necessário para que se faça um levantamento correto dos custos de um empreendimento (STAUB-FRENCH e KHANZODE, 2007).

O Modelo 5D permite a geração facilitada dos orçamentos de custos financeiros e representações gráficas do modelo com cronograma associado ao tempo. Isso reduz o tempo necessário a quantificação de elementos e estimativas, melhora a precisão dessas avaliações, minimiza os incidentes de disputas de ambiguidades em dados de CAD e permite que os consultores de custos invistam mais tempo no processo de redução destes valores (SMITH, 2014).

O principal objetivo da estimativa de custos é captar com precisão os dados de custos necessários no projeto de uma edificação e evitar o risco de superar o orçamento durante a fase de execução (SAKAMORI e SCHEER, 2015).

### 2.3. NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO

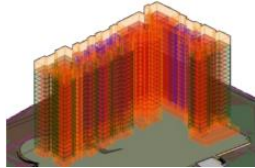

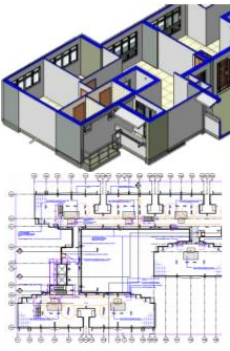
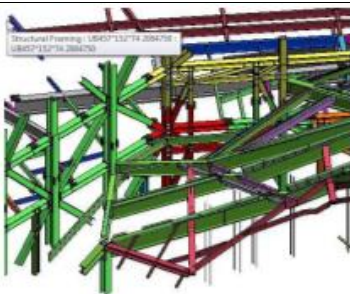

Para criar uma estrutura conceitual e coordenar o processo de desenvolvimento do projeto e a evolução do detalhamento das suas informações, foi

elaborado o *Level of Development* (LOD - nível de desenvolvimento) (MANZIONE, 2013).

O *American Institute of Architects* (AIA) definiu através do documento AIA E202 uma padronização para a contratação de modelos BIM. A modelagem é determinada através dos LODs, que por sua vez são classificados da seguinte forma (SAKAMORI e SCHEER, 2015):

- LOD 100 – O equivalente ao projeto de concepção da edificação, permitindo uma análise de toda a construção. Inclui o volume, a orientação do edifício, os custos de metro quadrado, etc.
- LOD 200 – Semelhante ao desenho esquemático ou desenvolvimento de design. Consiste em incluir as quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. No LOD 200 os modelos são normalmente utilizados para análise dos sistemas e objetivos gerais de desempenho.
- LOD 300 – Elementos do modelo equivalentes aos documentos de construção tradicionais e desenhos específicos dos objetos que serão adquiridos. No LOD 300 os modelos são adequados para estimar, coordenar a construção, para a detecção de conflitos, programação e visualização da edificação. Os Modelos que apresentam o LOD 300 devem incluir os atributos e parâmetros definidos pelo proprietário.
- LOD 350 – Apresenta os dados geométricos que constam no LOD 300 com algumas especificações necessárias para o início da montagem e fabricação. Segundo a AIA deve apresentar detalhes suficientes para a instalação e coordenação da fabricação.
- LOD 400 – Este nível de desenvolvimento é considerado apropriado para a fabricação e montagem. Este LOD é mais utilizado por empreiteiros e fabricantes para construir e fabricar componentes do projeto, incluindo os sistemas MEP (*Mechanical, electrical, and plumbing*).
- LOD 500 - O nível final de desenvolvimento representa o projeto como este foi construído. O modelo é configurado para centralizar o armazenamento de dados para integração dos sistemas de construção, operações e manutenção. O LOD 500 deve incluir parâmetros de conclusão e atributos especificados pelos proprietários.

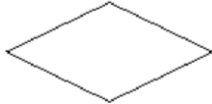

Através do Quadro 01 são apresentados, de forma gráfica, os níveis de desenvolvimento para melhor compreensão.

Fase	LOD	Produtos “entregáveis” do BIM	
		Conteúdo do modelo	Ilustração
Conceitual	100	Estudos de massa conceituais com dimensões, áreas, volumes, locação e orientação apenas indicativos	
Geometria aproximada	200	Visão geral do edifício e de seus sistemas com dimensões, forma, locação, orientação e quantidades aproximadas. Podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase.	
Geometria precisa	300	Versão mais precisa e detalhada dos componentes e sistemas do edifício, com precisão nas dimensões, forma, locação, orientação e quantidades. Podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase. Desenhos precisos.	
Execução / fabricação	400	O modelo para fabricação e montagem é apresentado com maior precisão de detalhes que na fase de LOD 300. Porém, se houver necessidade os detalhes podem ser completados em modelos 2D.	
Como foi construído	500	O modelo é detalhado com o mesmo nível de precisão do estágio anterior, mas é atualizado a partir das modificações ocorridas em obra, de forma a retratar o edifício exatamente como foi construído.	

**Quadro 01: Nível de Desenvolvimento (LOD) do Modelo BIM**

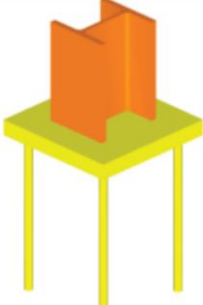

Fonte: Adaptado de *Building and Construction Authority apud MANZIONE (2013)*.

O governo do estado de Santa Catarina, numa ação pioneira no país, elaborou um caderno de apresentação de projetos em BIM para possibilitar a contratação de projetos em BIM para o estado. Neste estudo é apresentada uma descrição dos LOD's e traçam uma conexão desta nomenclatura com a tradicionalmente utilizada nas etapas dos projetos (CADERNO DE APRESENTAÇÃO DE PROJETOS BIM, 2015). Os Quadros 02 e 03 contém um resumo desta correlação.

REPRESENTAÇÃO	DESCRIÇÃO	NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO (LOD)	ETAPAS	FASES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantamento de informações (urbanísticas, ambientais, fundiárias e econômicas);</li> <li>- Identificação das necessidades; e</li> <li>- Esboço.</li> </ul>	<b>ND 0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levantamento de Dados (LV)</li> <li>Programa de Necessidades (PN)</li> <li>Estudo de Viabilidade (EV)</li> </ul>	Concepção do Produto
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenhos esquemáticos;</li> <li>- Volumetria geral do edifício;</li> <li>- Análise do prédio inteiro (volume, orientação, os custos de metragem quadrada).</li> </ul>	<b>ND 100</b>	Estudo Preliminar (EP)	Definição do Produto
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolvimento do desenho e do modelo;</li> <li>- Sistemas/conjuntos genéricos (quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização, orientação);</li> <li>- Análise de desempenho do sistema selecionado</li> </ul>	<b>ND 200</b>	Anteprojeto (AP)	Identificação e Solução de Interfaces
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolvimento da modelagem da construção;</li> <li>- Criação da documentação pela geração de desenhos tradicionais;</li> <li>- Análise dos elementos/sistemas;</li> <li>- Inclusão de atributos e parâmetros definidos.</li> </ul>	<b>ND 300</b>	Projeto Legal (PL)	

**Quadro 02: Fases, Etapas e Nível de desenvolvimento (BIM), parte 1.**

**Fonte: Adaptado do caderno de apresentação de projetos BIM (2015).**

REPRESENTAÇÃO	DESCRIÇÃO	NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO (LOD)	ETAPAS	FASES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Finalização da modelagem da construção;</li> <li>- Construção da documentação;</li> <li>- Modelos finais sem as informações e detalhes de montagens, suas especificações com os correspondentes desenhos;</li> <li>- Análise detalhada de elementos/sistemas;</li> <li>- Inclusão de atributos e parâmetros definidos.</li> </ul>	<b>ND 350</b>	Projeto Básico (PB)	Identificação e Solução de Interfaces
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento e administração da construção;</li> <li>- Modelos finais com as informações, detalhes de montagens e suas especificações com os Correspondentes desenhos;</li> <li>- Tabelas de quantitativos precisas, que incluem, tamanhos, formas, localização e orientação dos elementos e objetos do projeto;</li> <li>- Representações virtuais dos elementos propostos, adequados para construção, fabricação e montagem.</li> </ul>	<b>ND 400</b>	Projeto Executivo (PE)	Projeto de Detalhamento de Especialidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Execução da obra</li> <li>- "As built"</li> <li>- Realidade</li> <li>- Como executado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conclusão da execução da obra do Projeto;</li> <li>- Registro nos projetos e documentação de como foi construído e suas condições (As-built);</li> <li>- O modelo deve estar reajustado e configurado para ser usado como base de dados central para a integração nos sistemas de manutenção e operações do empreendimento;</li> <li>- Deve conter os parâmetros e atributos, conforme especificado pelo CONTRATANTE, concluídos.</li> </ul>	<b>ND 500</b>	Licitação da Obra	Pós-Entrega do Projeto
			Contratação da Obra	
			Obra Concluída	

**Quadro 03: Fases, Etapas e Nível de desenvolvimento (BIM), parte 2.**

**Fonte: Adaptado do caderno de apresentação de projetos BIM (2015).**

## 2.4. DETECÇÃO DE CONFLITOS

Com o BIM é possível vencer as etapas de concepção de projetos focando em um modelo tridimensional parametrizado, que pode inclusive detectar interferências sem que os projetistas estejam trabalhando no mesmo espaço físico. As ferramentas de detecção de interferências baseadas em BIM possibilitam a detecção automática de maneira seletiva em sistemas especificados, com checagem de conflitos entre sistemas mecânicos e estrutural (EASTMAN *et al.*, 2014).

Hoje, a detecção de interferências feita pelos construtores que usam ferramentas de projeto tradicionais (CAD 2D), é conduzida com a sobreposição das camadas dos projetos virtuais, ou mesmo os desenhos físicos. Este trabalho é lento, caro, suscetível a erros e depende do uso de desenhos atualizados (EASTMAN *et al.*, 2014).

Ainda segundo os autores, o BIM oferece muitas vantagens, como a verificação 3D automatizada, análises de interferências baseadas em semântica e regras para identificar conflitos qualificados e estruturados.

Softwares com a função de detecção de conflito (*clash detection*) auxiliam na gestão das diversas disciplinas de projeto necessárias para construção, além da compatibilização durante a concepção, evitando a colisão de tubulações, ou quaisquer outros problemas que possam vir a surgir neste processo. Essa antecipação de variáveis, permite uma maior identificação de problemas os quais são resolvidos ainda na fase de projeto, minimizando custo e tempo no canteiro de obras (MOTTER; CAMPELO, 2014).

## 2.5. GESTÃO DE OBRAS COM BIM

Uma obra de construção civil, pode ser definida como um projeto, segundo a definição do guia PMBOK (2012), que caracteriza projeto como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo, que possui um início e um término definidos.

Bomfim *et al.* (2016) afirmam que é na etapa de projeto que as decisões de maior impacto podem ser equacionadas para se materializarem na obra de maneira mais eficaz. Os resultados de produtividade estão de certa forma associadas as decisões de projeto.



Na construção civil, como em outras indústrias, a etapa de projeto (design) é fundamental para a qualidade do produto e para o sucesso do empreendimento. O crescente aumento no número de disciplinas de projeto para realização de um empreendimento impacta de maneira direta na gestão de coordenação de projetos (BOMFIM *et al.* 2016).

O tradicional processo de gestão da construção demanda uma compilação e análise de dados volumosos que muitas vezes não consegue alcançar um controle eficaz no acompanhamento da obra. Além dos riscos envolvidos nas dificuldades de monitoramento, esse processo é bastante custoso, repetitivo e susceptível a erros, especialmente na gestão de projetos. (EASTMAN *et al.*, 2014).

Com o BIM os projetos são inevitavelmente mais detalhados, não somente devido às informações relacionadas ao modelo como também pela automatização dos seus elementos, contribuindo para a eliminação das causas de erros e omissões referentes à escassez de detalhes de projetos (VASCONCELOS, 2010).

Contudo, os autores destacam que existe o desafio da colaboração e trabalho em equipe para produção dos projetos. Se os membros de uma equipe do empreendimento usam diferentes técnicas de modelagem, então é necessária a combinação destes modelos. Isso pode acrescentar complexidade e induzir a erros.

Segundo Campestrini *et al.* (2015), a equipe de obra pode ser melhor definida com duas segmentações: O Planejamento de Obras e o Controle de Obras. Ainda que esta divisão seja pouco vista, há uma divisão de responsabilidades que se torna estratégica para a execução correta da construção. Essa compreensão permitiria a compreensão das etapas de um projeto de construção civil: projeto, planejamento, controle e melhoria.

Segundo Eastman *et al.* (2014), custos extras associados às práticas tradicionais de projeto e execução tem causado diminuição na produtividade do trabalho da indústria de construção. O montante de mão de obra requerida para o trabalho exclui o trabalho fora do canteiro, como a fabricação do aço, concreto pré-moldado, etc. É claro que muitas melhorias na tecnologia e nos materiais foram feitas nas edificações nas últimas quatro décadas. Talvez os resultados sejam melhores do que parecem, porque a qualidade aumentou substancialmente. Por outro lado, os produtos fabricados também são mais complexos do que costumavam ser e, mesmo assim, podem ser produzidos hoje a um custo menor. A substituição do trabalho



manual por equipamentos automáticos resultou em menores custos de mão de obra e qualidade, entretanto, isso não acontece nas práticas de construção.

Ainda segundo os autores, estatísticas apontam que impedimentos organizacionais dentro da indústria de construção são as possíveis razões para o aparente decréscimo da produtividade. Está claro que as eficiências atingidas na indústria seriada por meio da automação, do uso de sistemas de informação, de um melhor gerenciamento da cadeia de suprimentos e de ferramentas de colaboração aperfeiçoadas ainda não foram alcançadas na construção (EASTMAN *et al.*, 2014).

Com o BIM é possível obter ganhos em produtividade e custos nas obras de engenharia. No entanto, a disseminação da ferramenta nos canteiros ainda é um desafio no país. Há uma grande resistência em migrar para concepção do modelo tridimensional, parametrizado, que permite a extração de informações fundamentais para construção, além de permitir o planejamento de fases da construção coordenadas. Para alcançar esse objetivo a coordenação de projetos integrados deve romper com o método tradicional de projetar e os projetistas devem trabalhar a integração nas etapas iniciais de concepção (BOMFIM *et al.* 2016).

Segundo Melhado (2005), a coordenação de projetos “é uma atividade de suporte ao desenvolvimento do processo do projeto voltada à integração dos requisitos e das decisões de projeto”. Esta experiência deve ser expandida para outras etapas da construção, especialmente o acompanhamento e controle de obras, permitindo que o advento da tecnologia domine o setor que é caracteristicamente artesanal, assumindo uma postura de indústria. Essas ações demandariam maior envolvimento da equipe de obras nas etapas iniciais de concepção do projeto.

Para planejar em BIM é fundamental ter visão dos objetivos e de como será o uso e manutenção da edificação. O BIM é definitivamente um novo conceito de gestão, um novo caminho para concepção e conseqüentemente introduz uma nova etapa no setor da Construção Civil (BOMFIM *et al.* 2016).

Segundo Eastman *et al.* (2014), são diversos os benefícios que podem ser obtidos para o gerenciamento de obras com a implementação do BIM, entre estes podemos destacar:

- Viabilidade: Um modelo de construção aproximado construído e vinculado a uma base de dados de custos, pode ser de grande ajuda ao proprietário. Dar-se conta que um projeto está muito acima do orçamento bem depois que um considerável tempo e esforços foram gastos é um desperdício.

- Visualização antecipada: O modelo 3D é gerado diretamente pelo software BIM, posteriormente este modelo pode ser usado para visualizar o projeto em qualquer etapa do processo.
- Extração de estimativa de custo: Em qualquer etapa é possível extrair uma lista precisa de quantitativos que pode ser utilizada para estimar custos. Com isso, é possível tomar decisões de projeto envolvendo informações mais precisas sobre gastos do que um sistema baseado em papel.
- Reação rápida a problemas de projeto: As consequências de uma modificação podem ser refletidas com precisão no modelo. Além disso, modificações de projeto podem ser resolvidas com mais rapidez em um sistema BIM, porque podem ser estimadas, compartilhadas e resolvidas sem o uso de transações demoradas feitas em papel.
- Melhor implementação de técnicas de construção enxuta: O BIM fornece um modelo preciso do projeto e dos recursos materiais requeridos para cada setor de trabalho, proporcionando uma melhoria no planejamento dos empreiteiros o que ajuda a garantir a chegada de recursos no momento exato da necessidade, auxiliando na redução de custos.

Em obras de grande porte, os construtores devem verificar a instalação dos componentes da construção *in loco* e compara-las com o projetado, afim de ver se as especificações foram satisfeitas. Para esta tarefa o modelo virtual permite um melhor conhecimento da construção. Técnicas sofisticadas estão sendo desenvolvidas para dar suporte a verificações de campo com apoio do BIM, como: escaneamento a laser, orientação automática de máquinas de terraplenagem, verificar locações por GPS e etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID) (EASTMAN *et al.*, 2014).

Ainda segundo os autores, o uso de tecnologias ligadas ao BIM no ambiente da obra terá grande expansão com o aumento de dispositivos móveis e métodos para entrega de informações aos trabalhadores do canteiro.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa é de caráter qualitativo exploratório e se baseia em um estudo de caso. De acordo com Yin (2005), “um estudo de caso é uma forma empírica de investigar fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes”.

Como metodologia de pesquisa, adotou-se o QFD - Desdobramento de Função Qualidade (*Quality Function Deployment*), que é um método sistemático criado para projetar a qualidade de um produto ou serviço, muito utilizado para desdobrar a voz do cliente em características (de qualidade, funcionais, de custo e confiabilidade) do produto ou serviço com foco na sua aplicação operacional durante o processo de desenvolvimento de produtos.

O QFD pode ser definido como um método para comunicar sistematicamente informações sobre a qualidade de algo relacionando com o que é necessário para obtê-la, usando a lógica de causa e efeito. A aplicação do método se deu inicialmente no Japão, originando-se do uso do diagrama de causa-e-efeito e tabelas de garantia de qualidade na produção (CHENG e MELO FILHO, 2007).

Segundo Cheng e Melo Filho (2007), a utilização do QFD tem normalmente os objetivos de auxiliar no desenvolvimento de um novo produto, traduzindo as necessidades e desejos do cliente, ou garantir qualidade. O desdobramento parte da voz do cliente passando por características da qualidade do produto final ou componentes, até chegar em um valor de um parâmetro de controle de processo.

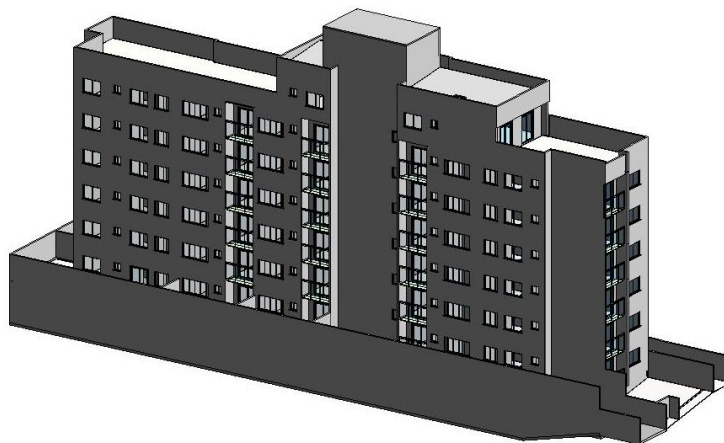
O desdobramento da qualidade é composto por unidades operacionais: tabela, matriz, modelo conceitual. A tabela é um detalhamento de algo, ordenada em níveis com os itens interligados em função de suas afinidades. Uma matriz é constituída de duas tabelas e tenta dar visibilidade às relações entre elas. Por fim, o modelo conceitual é o conjunto de tabelas e matrizes de um determinado projeto (CHENG e MELO FILHO, 2007).

#### 3.1. OBJETO DO ESTUDO

O objeto de estudo, foi um edifício residencial de seis pavimentos, de padrão médio, em estágio inicial de construção (viga baldrame), localizado na rua Pará, 1651, (Figura 02) bairro Portão, no município de Curitiba, estado do Paraná. O engenheiro

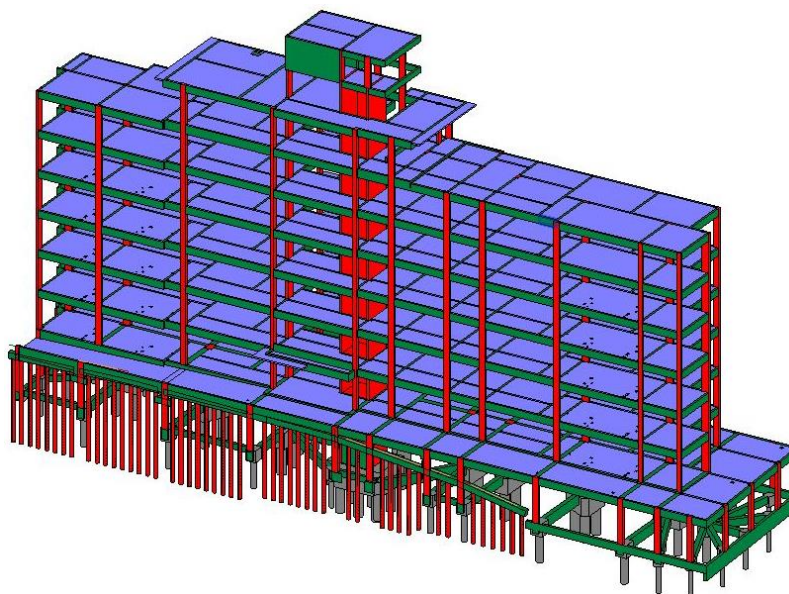


Na Figura 04 é possível observar uma visão geral do edifício, formada a partir do projeto arquitetônico esquemático elaborado para possibilitar a confecção dos demais projetos.



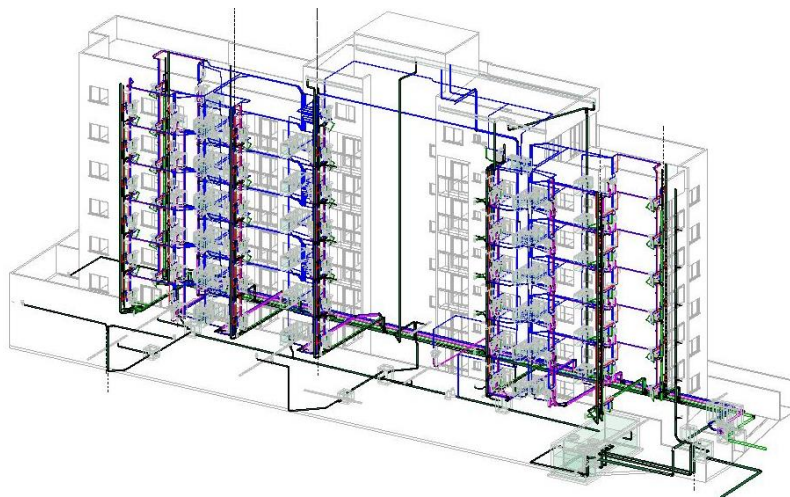
**Figura 04: Projeto arquitetônico.**

Na Figura 05 é possível observar o projeto estrutural do edifício. As partes construtivas estão identificadas visualmente pelas cores. Mesmo todos os elementos sendo constituídos de concreto armado, existem informações correlacionadas a cada elemento que fazem com que o software BIM diferencie os elementos de viga dos pilares, das lajes, etc.



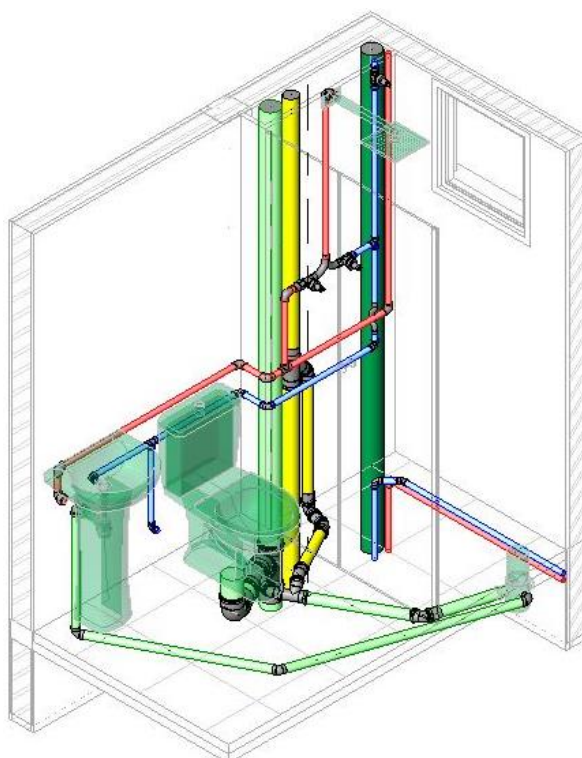
**Figura 05: Projeto estrutural.**

Com o auxílio da Figura 06, pode-se observar a grande complexidade do conjunto dos projetos de água fria, quente, sanitário e pluvial do edifício.



**Figura 06: Projeto hidrossanitário.**

A Figura 07 contém o detalhamento do banheiro de um dos apartamentos. Através das cores é possível identificar os equipamentos sanitários, as tubulações de água fria, quente, esgoto e ventilação. Como pode-se observar, é grande a riqueza de detalhes do projeto.



**Figura 07: Detalhe hidrossanitário.**



Na Figura 08 é possível observar como a obra estava no início do estudo, ainda na fase de fundação. A contenção em estacas observada pode ser comparada ao projeto estrutural observado na Figura 05.



**Figura 08: Estágio da construção no início do estudo.**

### 3.2. METODOLOGIA APLICADA

Para realizar o estudo de caso, foram utilizados procedimentos que incluem:

- Investigação documental: inclui estudo dos projetos, diário de obra e fichas de inspeção de serviço, para identificar os pontos de retrabalho, dificuldades e alterações no projeto;
- Levantamentos de percepções por meio de questionários e entrevistas: visando levantar as necessidades do cliente do BIM, a fim de aplicar o QFD;
- Visitas *in loco* com observação direta: para maior interação com o empreendimento e acompanhamento do cronograma, além de aplicar testes como a utilização de imagens do projeto em um ou de outros projetos em BIM;

Foram realizadas entrevistas com o mestre de obras, apontador, engenheiro responsável, engenheiro projetista e operários, a fim de identificar os pontos de melhorias com o uso dos projetos em BIM e aqueles em que o potencial da ferramenta não está sendo aproveitado.

Foram realizadas visitas semanais à obra, no período de maio a outubro de 2017, onde foram revisados o diário de obra e as fichas de inspeção de serviços do

empreendimento, bem como o andamento da construção comparada com o cronograma inicial. Foi feita a utilização de um projeto impresso em prancha A2 para auxiliar os operários na visualização do projeto e suas informações, de modo a verificar a eficácia desta ferramenta.



#### 4. COLETA DE INFORMAÇÕES

A coleta de informações se deu predominantemente por meio de conversas informais, uma vez que a dinâmica dos operários exigia agilidade nas entrevistas e a agenda dos responsáveis técnicos não permitiu encontros pessoalmente, apenas por telefone ou mensagens.

A coleta de informações se focou no projeto objeto deste estudo de caso, contudo, buscou-se aproveitar a grande experiência dos profissionais contatados, analisando as experiências relatadas de trabalhos anteriores, com o intuito de entender o que é considerado para estes um projeto de qualidade.

Além das conversas informais, foi aplicado um questionário com o objetivo de captar a voz do cliente e com a utilização das técnicas de desdobramento da função qualidade, determinar as qualidades exigidas por estes.

O acompanhamento da obra se iniciou ainda na fase de fundação e se estendeu até o final da estrutura e fechamento e início das instalações prediais. Na fase inicial, a construção passou por alterações nos projetos estrutural e arquitetônico devido à uma cisterna que estava prevista no projeto arquitetônico (que não foi feito em BIM) em uma posição que impedia o trânsito durante a fase inicial da obra. O problema apesar de não estar relacionado aos projetos feitos em BIM, se trata de um problema espacial, que poderia ser previsto através de uma compatibilização entre o projeto arquitetônico, estrutural e um projeto de canteiro para esta fase da obra, algo fácil de se realizar em projetos feitos completamente em BIM.

Houve também alterações no projeto estrutural devido a alterações do projeto arquitetônico solicitadas pelo cliente quando a obra já estava na fase de fundação e alterações dos projetos elétrico devido a mudanças nas exigências dos órgãos regulamentadores, contudo sem grandes consequências, uma vez que ocorreram em sua maioria nas partes ainda não construídas, ou foram adaptadas sem a necessidade de retrabalho, resultando principalmente em atrasos na obra.

Com exceção de problemas de visualização das ferragens da estrutura, solucionados com a reimpressão dos projetos em escala maior, o restante da parte estrutural da edificação seguiu sem grandes questões relacionadas a projeto.

A etapa com informações mais relevantes para o estudo se deu no início dos projetos de instalações, onde normalmente aparecem maiores problemas de projetos, como compatibilização, devido ao alto nível de detalhes destes. Contudo observou-se

que mais uma vez os maiores contratempos se deram por alterações feitas nos projetos de última hora, tendo poucas situações relacionadas a erros.

Foram trocadas muitas informações com os profissionais executores sobre o projeto em estudo e anteriores, sendo explicado sucintamente sobre o BIM. Infelizmente não foram mostrados os projetos em 3D da edificação, nem mesmo detalhamentos ou informações adicionais às habitualmente vistas nos projetos convencionais, restringindo os benefícios da utilização do BIM para esta obra a redução de erros por falta de compatibilização.

Para auxiliar na compreensão dos profissionais das possibilidades dos projetos em BIM para a fase de execução e testar uma solução para a apresentação dos detalhes possíveis com esses projetos, foi estudada uma forma de apresentar os projetos com imagens melhores e mais detalhadas. A princípio pensou-se na utilização de um *tablet* com um aplicativo que permitisse a visualização do modelo, contudo, observando a limitação dos profissionais com este tipo de tecnologia, optou-se por apresentar uma planta com detalhamentos feitos em softwares de projetos BIM.

Com o auxílio do laboratório de BIM do governo do estado (LaBIM-PR) elaborou-se duas pranchas com imagens de um projeto de instalações elétricas em eletroduto rígido, desenvolvido para outro imóvel, onde estavam disponíveis detalhamentos que normalmente não se vê em projetos tradicionais.

Ao apresentar os projetos aos profissionais, estes alegaram não ter certeza se o maior nível de detalhamento traria retorno significativo, uma vez que costumam fazer ajustes finos no momento da execução, denotando certa relutância inicial quanto à tecnologia.

A avaliação dos profissionais sobre o projeto apresentado como modelo, foi de que este seria muito útil para a situação a que se propõe (eletrodutos rígidos), mas para a situação do edifício em análise (eletrodutos flexíveis), que é mais comum, não traria grandes resultados, uma vez que os profissionais preferem ter a liberdade de traçar o melhor caminho para o eletroduto no ato da execução, avaliando todas as condições de contorno locais.

Essa flexibilidade para o executor, tem um preço, alterações a serem feitas no projeto visando o *as built*, ou em uma situação mais grave, a diferença no posicionamento das tubulações do projeto para o executado. Esta segunda situação pode gerar grandes transtornos para o usuário durante a vida útil da edificação e durante reformas.

A afirmação feita pelo profissional está respaldada na sua experiência com projetos convencionais e se baseia na premissa de que o projetista não avaliou completamente as condições de contorno para determinar o traçado. Entretanto é necessário ressaltar que um projeto efetivamente em BIM busca, o máximo possível, considerar esses conflitos e encontrar soluções ainda na fase de projeto. O conceito BIM prevê não apenas que se defina o posicionamento das partes constituintes da edificação, mas também que se avalie esta locação levando em conta os demais projetos, utilização final e facilidade de execução. Um exemplo desta compatibilização pode se observar na Figura 09.



**Figura 09: Ilustração da compatibilização do estrutural com o sanitário.**

Questionados sobre retrabalhos e falhas construtivas devido a erros ou má interpretação de projetos, os profissionais afirmaram que estes não costumam ocorrer na execução de suas obras, uma vez que estão cientes destas limitações, e por experiência, já sabem onde os retrabalhos podem ocorrer, deste modo, atuam preventivamente superdimensionando alguns pontos, de modo a evitar problemas maiores.

Além destes superdimensionamentos, os profissionais fazem uma revisão dos projetos *in loco*, antes de iniciar a execução, buscando falhas nos projetos, condições de contorno não previstas e necessidade de alterações em trajetos e posicionamento de peças, principalmente devido à falta de compatibilização entre projetos. Estes problemas são anotados, é sugerida uma solução que por sua vez é enviada aos projetistas para que seja realizada a alteração dos projetos, visando o *as built*.

Vale observar que as equipes responsáveis pelas instalações hidrossanitárias e elétricas são terceirizadas, e independente entre si. Sendo o mestre de obras o único profissional da execução funcionário direto da construtora.

Foi relatado pelos entrevistados, que nesta obra não houveram interferências dos projetos complementares com o estrutural, e houve poucas entre o elétrico e hidráulico, o que em boa parte das obras em que trabalharam anteriormente costumava ocorrer com frequência, demonstrando que houve uma boa compatibilização geral do projeto.

Entretanto, foi citado pelo responsável pela instalação hidráulica, que já trabalhou em outras obras cujos projetos estavam muito bem dimensionados, precisos e otimizados, e não se tratavam de projetos feitos em BIM, evidenciando que a tecnologia atua como um facilitador para produção de projetos de qualidade, mas não é a única forma de desenvolver projetos melhores.

Quanto ao planejamento, orçamento e cronograma da obra, não se conseguiu acesso direto a estes documentos. De acordo com o informado pela organização, o controle destes itens foi feito de forma simplificada, sem a utilização de ferramentas avançadas ligadas ao BIM e com correlação mínima com os projetos.

Para o contexto da obra em estudo, percebeu-se que não há interesse dos responsáveis por uma implantação mais consistente da tecnologia, principalmente devido ao seu alto custo e complexidade, que não condizem com o porte da edificação. Deste modo, complementando o estudo, percebeu-se a necessidade de se identificar qual projeto ou parte deve ser o foco dos proprietários e projetistas, para se ter um melhor resultado na visão dos executores.

Para tanto, o questionário e a análise dos seus resultados foi direcionada para esta questão, conforme explanado a seguir.

#### 4.1. QUESTIONÁRIO

Para o melhor entendimento de como os profissionais da obra veem os projetos, foi elaborado um questionário simplificado, solicitando a avaliação destes profissionais que fizeram uso dos projetos quanto a sua qualidade, visando determinar qual projeto e parte deste é mais importante para focar os esforços dos projetistas e os investimentos do cliente, tendo em vista a realidade da obra estudada, onde não

se conseguiu realizar todos os projetos em BIM e tampouco aproveitar bem os que foram feitos.

Para a elaboração das questões, tentou-se evitar entrar no mérito de detalhes técnicos da elaboração dos projetos, uma vez que a fase de projeto não é objeto de estudo deste trabalho. Portanto dividiu-se os projetos nas principais partes que os constituí e tentou-se avaliar se alguma das partes ou algum dos projetos é mais importante para os usuários.

Algumas questões presentes no questionário não foram utilizadas na análise via QFD, servindo apenas de referência para avaliação direta dos resultados.

A aplicação do questionário foi feita pessoalmente ou por telefone, acompanhada sempre de uma explicação de cada item. A Figura 10 contém o modelo do questionário utilizado.

QUESTIONÁRIO SOBRE PROJETO EM BIM

---

NOME: \_\_\_\_\_ CARGO: \_\_\_\_\_

**AVALIAÇÃO DO PROJETO PELOS CLIENTES**

1 Desconsiderando os atrasos devido a alterações nos projetos, avalie os projetos estrutural e hidrossanitário do edifício quanto aos itens abaixo. (Adote 1 como muito ruim e 5 para muito bom)

	Estrutural	Hidrossanitário
a Apresentação (pranchas, detalhamentos, imagens, etc.)		
b Compatibilização (análise de interferências, determinação das melhores soluções)		
c Quantitativo (especificação e quantidades de materiais)		
d Apoio ao planejamento		
e Custo de execução (eficiência do projeto)		
f Qualidade (do projeto como um todo)		

2 Covo você avalia a qualidade do que foi executado até o momento nesta obra? (Adote 1 como muito ruim e 5 para muito bom)

**IDENTIFICAÇÃO DA DEMANDA DE PROJETOS EM BIM**

3 Tendo em vista esta obra, classifique os projetos quanto a importância. (Adote valores de 2 a 5, sendo 5 o mais importante)

	Arquitetônico	Estrutural	Elétrico	Hidrossanitário
a para esta obra				
b de haver detalhamento tridimensional				
c de se fazer o quantitativo em BIM				
d da análise de interferências				

**Figura 10: Modelo do questionário aplicado aos executores.**

De modo a evitar que as notas dadas aos projetos fossem todas iguais, optou-se por forçar a classificação destes em ordem decrescente em algumas questões.

Foram entrevistados seis profissionais envolvidos na execução do edifício, que segundo informado pela empresa, são os que tiveram maior contato com os projetos. A Quadro 04 contém os resultados das entrevistas.

RESULTADOS												
QUESTIONÁRIO SOBRE PROJETOS EM BIM												
ENTREVISTADO	1A (est.)	1B (est.)	1C (est.)	1D (est.)	1E (est.)	1F (est.)	2	3				
	1A (Hid.)	1B (Hid.)	1C (Hid.)	1D (Hid.)	1E (Hid.)	1F (Hid.)		Arq.	Est.	Ele.	Hid.	
Carlos Andrey	4	4,5	4	-	4,5	4,5	3,8	a	5	4	3	2
Engenheiro								b	2	5	3	4
	c	4	5	3	2							
	d	4	5	3	2							
Ademir	4	5	5	5	4	5	5	a	4	5	3	2
Mestre de obras								b	5	4	3	2
	c	2	5	3	4							
	d	4	5	3	2							
Otiniel	4	5	5	4	-	4	4	a	2	5	4	3
Encanador								b	2	5	3	4
	c	2	5	4	3							
	d	5	4	3	2							
Joel	-	-	-	-	-	-	3	a	4	5	3	2
Eletricista								b	4	2	3	5
	c	5	2	4	3							
	d	3	2	4	5							
Wilson	5	3	4	-	4	4	3	a	4	2	5	3
Eletricista								b	5	2	4	3
	c	3	2	5	4							
	d	3	2	5	4							
MÉDIA	4,3	4,4	4,5	4,5	4,2	4,4	3,8	a	3,8	4,2	3,6	2,4
								b	3,6	3,6	3,2	3,6
	4,0	4,6	3,7	4,0	4,2	4,2		c	3,2	3,8	3,8	3,2
								d	3,8	3,6	3,6	3

**Quadro 04: Resultados da aplicação dos questionários - usuários.**

Além disto, foi elaborado outro questionário para os projetistas, visando identificar, de forma superficial, qual das partes e projetos listados nos questionários é mais difícil de se elaborar. O questionário pode ser visto na Figura 11.

## PESQUISA COM OS PROJETISTAS

Nome:

Função:

**1. Classifique os itens abaixo quanto a dificuldade de se elaborar em BIM para o edifício ou similares.**

Considere como parte do item, todas as tarefas que precisam ser realizadas para que este seja concluído com êxito e qualidade.

Avalie com o valor 1 para o mais difícil e 3 para o mais fácil.

ITEM	Projeto	
	Estrutural	Hidrossanitário
a) apresentação (pranchas, detalhamentos, imagens, etc.)		
b) compatibilização (análise de interferências, determinação das melhores soluções)		
c) quantitativo (especificação e quantidades de materiais)		

**2. Da mesma forma, classifique os projetos quanto a dificuldade de se projetar em BIM, para o edifício Chimay ou similares.**

Avalie com o valor 2 para o mais difícil e 5 para o mais fácil.

Arquitetônico	
Estrutural	
Elétrico	
Hidrossanitário	

**Figura 11: Modelo do questionário aplicado aos projetistas.**

Foram entrevistados 2 projetistas, sendo estes os responsáveis pela elaboração dos projetos em BIM utilizados no edifício. O resultado da entrevista pode ser encontrado na Quadro 05.

RESULTADOS										
QUESTIONÁRIO SOBRE PROJETOS EM BIM										
ENTREVISTADO	1ª questão						2ª questão			
	Estrutural			Hidrossanitário			Arq.	Est.	Ele.	Hid.
	a	b	c	a	b	c				
Eng. Civil (hidros.)	2	3	3	2	2	3	3	4	2	3
Eng. Civil (estrut.)	2	3	2	2	3	2	5	4	2	3
MÉDIA	2	3	2,5	2	2,5	2,5	4	4	2	3

**Quadro 05: Resultado da aplicação dos questionários – projetistas.**

## 4.2. COMPARAÇÃO PROJETADO X CONSTRUÍDO

Durante as visitas, foram coletadas imagens do projeto executado para compara-las com o projetado.

A Figura 12 contém uma vista de como deve ficar a lavanderia do apartamento tipo.



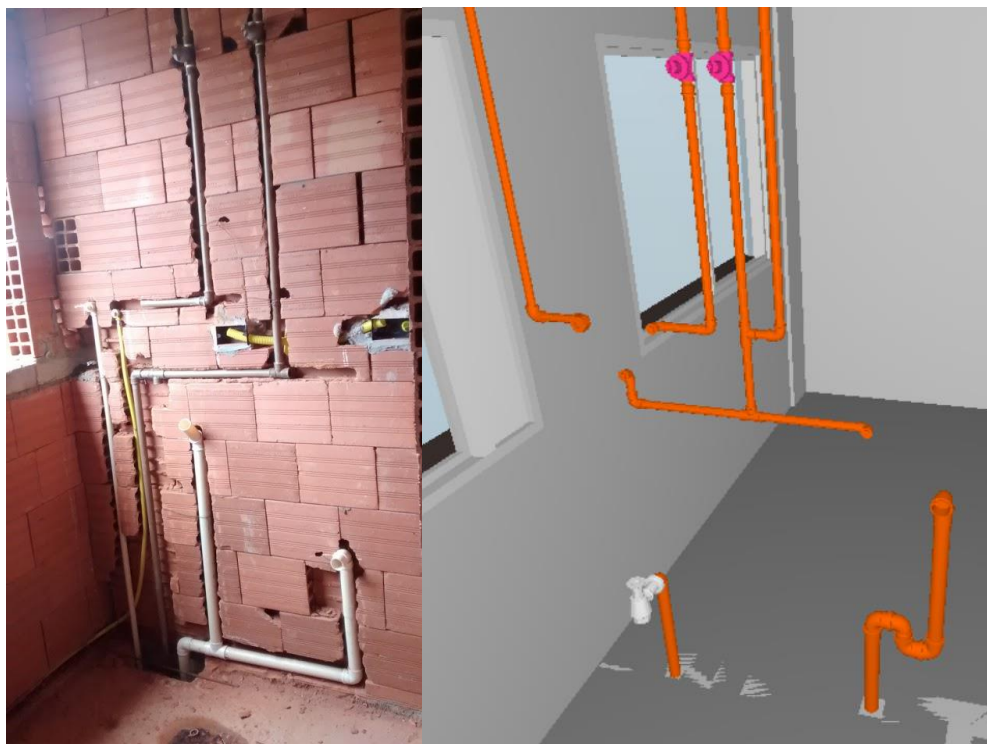
**Figura 12: Lavanderia do apartamento tipo 1.**

Na análise da Figura 13 é possível ver a comparação em detalhe dos encanamentos projetados e executados.

Confrontando o que foi executado, com o projetado, podemos destacar neste conjunto de imagens as divergências no posicionamento da tubulação de água quente do aquecedor, projetada passando pelo forro e executada passando pelo piso, a inversão do posicionamento das tubulações de esgoto do tanque e da máquina de lavar roupas, a unificação da passagem do esgoto pela laje em um só ponto e a inversão da saída de água fria do forro para o piso

Além disso, foi constatada a falta do sistema de sifonamento do esgoto da máquina de lavar, sendo que este último item pode trazer consequências para o usuário.



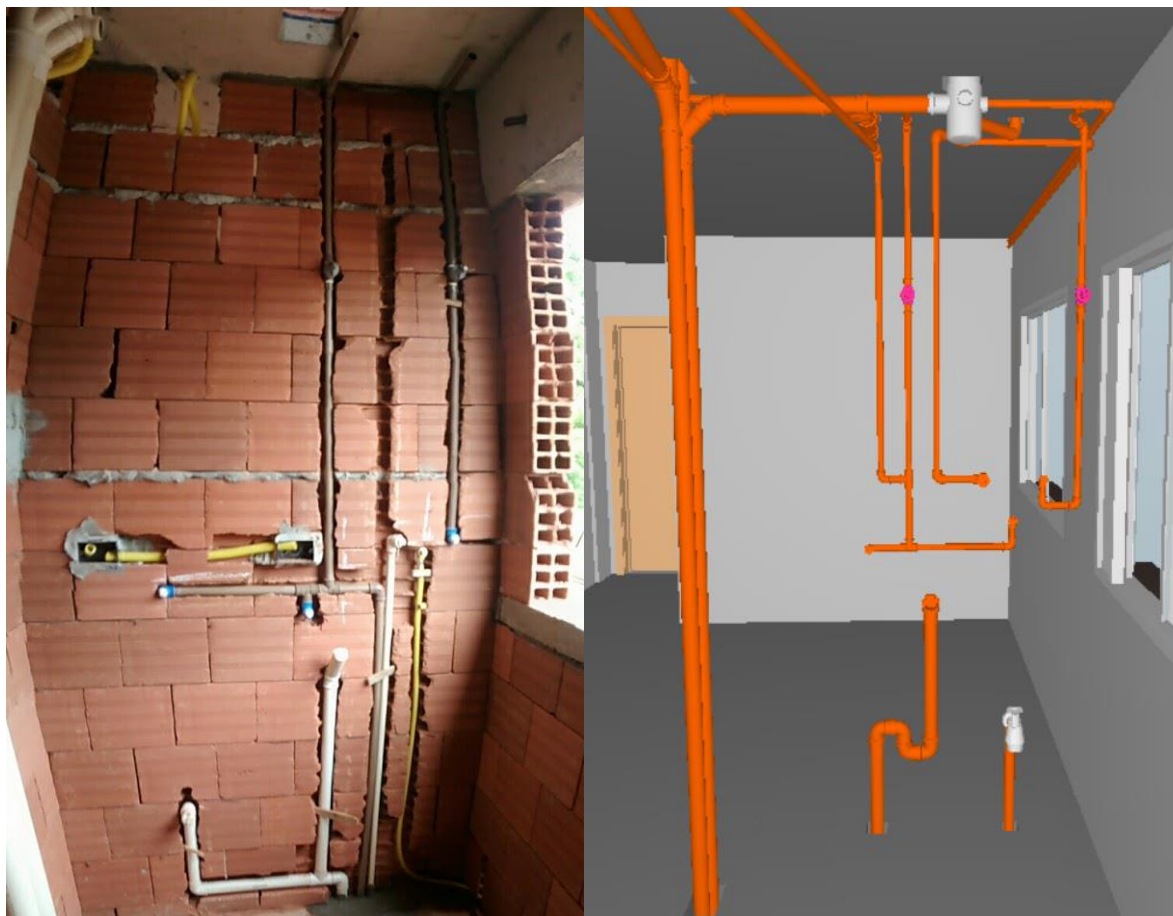


**Figura 13: Comparação das instalações hidráulicas da lavanderia 1.**

A Figura 14 contém a mesma lavanderia, desta vez posicionada em outra região do edifício, com pequenas diferenças de projeto que podem ser observadas nas Figuras 15 e 16.



**Figura 14: Lavanderia do apartamento tipo 2.**



**Figura 15: Comparação das Instalações hidráulicas da lavanderia 2.**



**Figura 16: Detalhe da coluna de esgoto na lavanderia 2.**

Como observado nas Figuras 15 e 16, esta lavanderia diferencia-se da primeira pela existência de duas colunas de esgoto. Além das divergências citadas

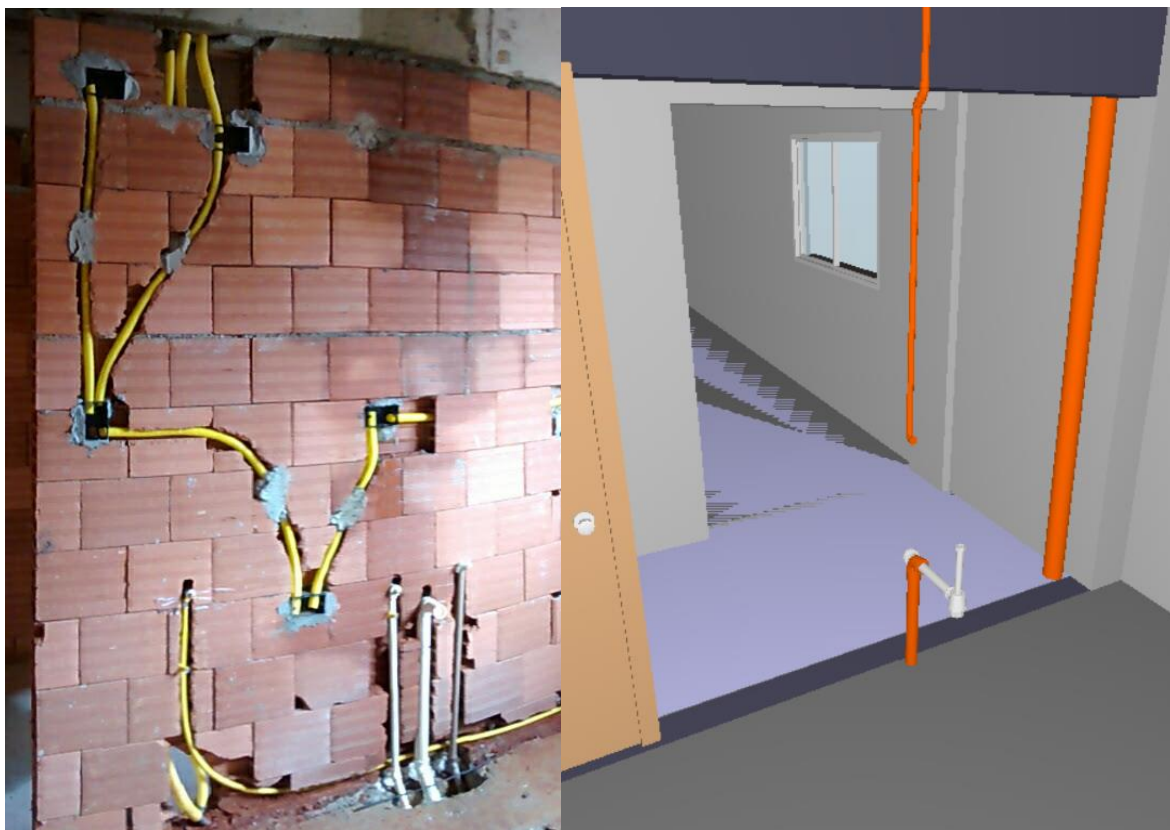
anteriormente, acrescenta-se a mudança na direção da entrada para a coluna de esgoto.

Na Figura 17 pode-se observar a cozinha do apartamento tipo.



**Figura 17: Cozinha do apartamento tipo.**

Ainda sobre a cozinha, na Figura 18 pode-se observar a comparação do executado com o projetado, sendo as principais divergências, o posicionamento da entrada de água fria vindo pelo piso, ao invés do forro e a existência de uma instalação de água quente, que não estava prevista.



**Figura 18: Comparação das Instalações hidráulicas da cozinha.**

Na Figura 19 é apresentada uma imagem do projeto do banheiro do apartamento tipo.

A Figura 20 contém o detalhamento da instalação do banheiro. Não se conseguiu uma imagem do ambiente com as tubulações executadas, mas as únicas divergências observadas foram com relação às entradas de água quente e fria chegando pelo piso.



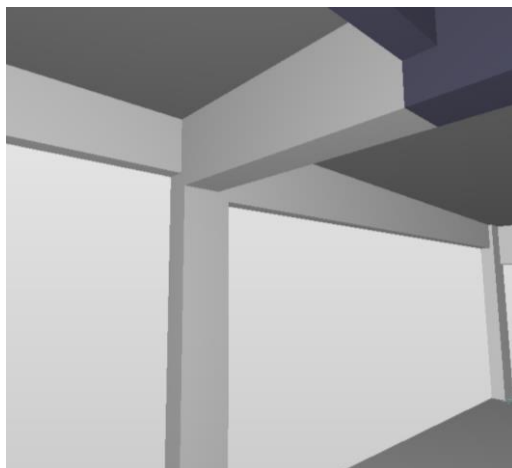
**Figura 19: banheiro do apartamento tipo.**



**Figura 20: Projeto de instalações hidráulicas do banheiro.**

Com relação ao projeto estrutural, não houve grandes divergências entre o projetado e o executado. Houve um reforço feito em um pilar devido a uma divergência do posicionamento deste em relação ao projetado. O pilar foi executado alguns centímetros mais distante do final da viga e ficou um pouco torto, o que pode ser visto nas Figuras 21 e 22.





**Figura 21: Pilar do projeto estrutural.**



**Figura 22: Pilar executado.**

Outra divergência observada se refere à fachada, onde a extremidade da viga em balanço foi executada de forma diferente do projetado. Essa diferença, porém, se

deve a uma alteração no projeto arquitetônico e estrutural em relação à versão do projeto utilizada no presente estudo. Esta comparação está presente na Figura 23.



**Figura 23: Fachada projetada e executada.**

Nas Figuras 24 a 29 são apresentados elementos do projeto estrutural e os respectivos elementos executados corretamente de acordo com o projeto.

Na Figura 24 é mostrada uma estrutura simples da área lateral do edifício.



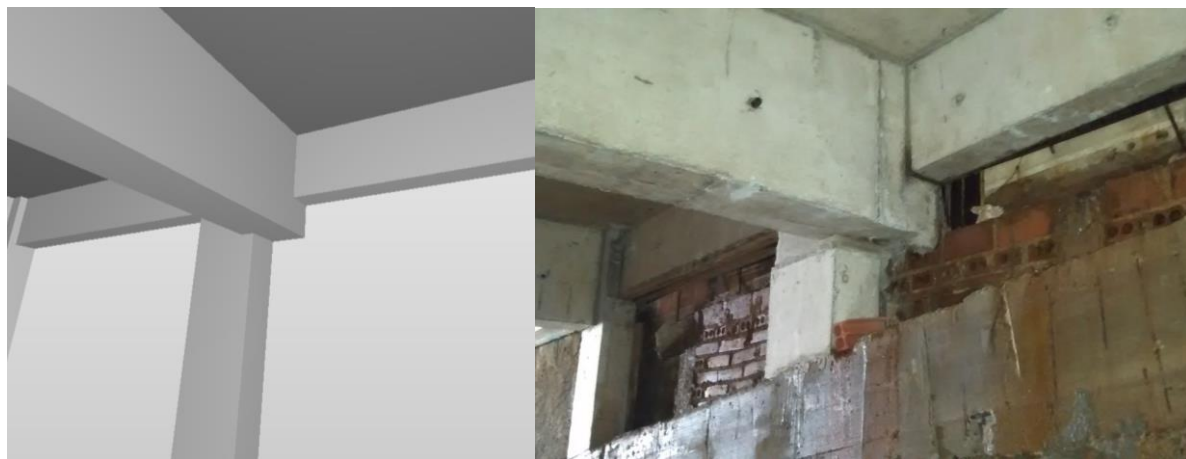
**Figura 24: Comparação projetado e executado.**

A Figura 25 contém o detalhe de uma conexão complexa entre um pilar e uma viga.



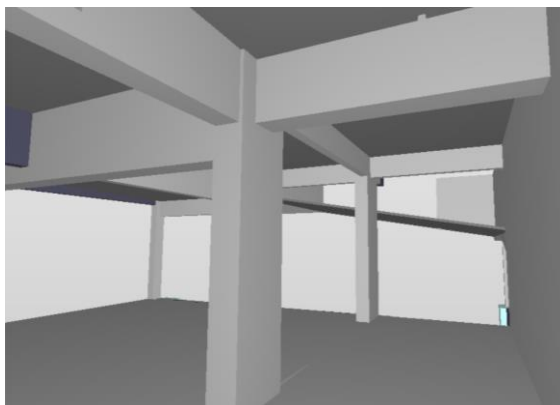
**Figura 25: Comparação projetado e executado.**

Na figura 26 é apresentada a mesma conexão, porém em outro ângulo.



**Figura 26: Comparação projetado e executado.**

Nas Figuras 27 e 28 é possível observar um pilar na região central do edifício, com várias vigas de tamanhos diferentes se conectando ao pilar.



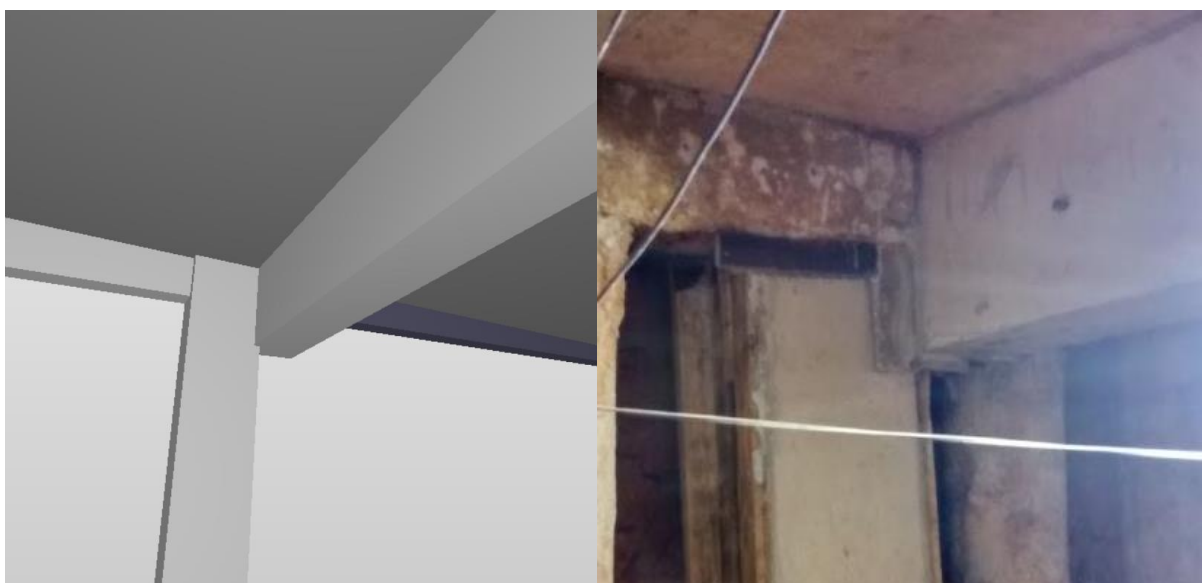
**Figura 27: Pilar projetado.**





**Figura 28: Pilar executado.**

Por fim, a Figura 29 contém outra conexão complexa entre viga e pilar.



**Figura 29: Comparação projetado e executado.**

### 4.3. DIFICULDADES ENCONTRADAS

A primeira dificuldade encontrada foi o fato de os projetos da obra misturarem o método tradicional com o conceito BIM, mais especificamente, apenas os projetos estrutural e hidráulico foram projetados seguindo princípios desta metodologia. O projeto arquitetônico foi modelado em 3D de forma simplificada, apenas para servir de referência para os demais projetos. O projeto elétrico estava previsto para ser feito em BIM, porém com a necessidade de mudanças e o prazo extremamente curto, não foi possível.

Este fato fez com que a dinâmica da obra não se alterasse em relação a obras sem projetos em BIM, isso, somado ao fato de ser uma obra pequena, administrada por poucas pessoas, que acabam ficando sobrecarregadas e não tem condições de elaborar um planejamento detalhado ou um plano para melhorar a implantação do BIM, diminui o aproveitamento do investimento feito no projeto.

Somado a isso, a análise do diário de obra e fichas de inspeção de serviço ficaram prejudicados, uma vez que esses documentos estavam demasiadamente simplificados, resumindo-se a datas do início e término de grandes grupos de atividades.

Complementando essa questão, a segunda dificuldade foi justamente o baixo aproveitamento dos benefícios dos projetos em BIM. Os projetos em 3D não foram apresentados aos executores e segundo os administradores o planejamento não utilizou os projetos.

O orçamento por sua vez utilizou apenas alguns dos quantitativos elaborados, sendo que a aquisição dos materiais não seguiu rigorosamente estes, em alguns casos a compra foi realizada via pedido dos profissionais, que por sua vez faziam sua própria listagem.

Outra dificuldade, foi o fato de não conseguir levar o projeto virtual para o canteiro, devido a problemas como o atraso na conclusão e liberação dos projetos, e a falta de um equipamento apropriado.

Deste modo, a utilização dos projetos foi muito limitada, diminuindo muito os benefícios a serem identificados.

## 5. ANÁLISE E RESULTADOS

Neste capítulo estão dispostos os resultados das visitas, entrevistas, aplicação de questionários e observações *in loco*, bem como a análise e ponderações feitas sobre os mesmos.

### 5.1. AVALIAÇÃO GERAL

As informações coletadas para o estudo foram muito ricas e construtivas, levando em sua maioria, a resultados que já eram esperados. Elenca-se neste capítulo, as principais decorrências do estudo e suas interpretações baseando-se no referencial teórico estudado.

Através dos problemas relatados pelos entrevistados como normalmente encontrados na fase de execução de obras comuns, pode-se identificar os seguintes aspectos dos projetos como os mais problemáticos:

- Projetos não compatibilizados;
- Projetos não finalizados;
- Projetos não otimizados;
- Projetos que não pensam na execução.

Projetos não compatibilizados, significa que existem problemas como: duas tubulações ocupando o mesmo espaço; tubulação passando em uma parede que contém um pilar que não permite a sua transposição; tubulação passando por uma viga, sem que tenha sido previsto no projeto estrutural uma passagem para ela; tubulação ou estrutura passando por uma janela ou vão; etc.

Projetos não finalizados refere-se a alterações feitas após o início das obras, o que exige retrabalhos, mudança de planos de trabalho, ou pelo menos atrasos na execução. Isto é mais comum do que o desejável e ocorreu na obra analisada.

Existem diversas situações que podem levar a este problema, uma delas é a dificuldade de o cliente visualizar como ficará a construção através dos projetos bidimensionais. Este problema pode ser minimizado com a parte mais básica do BIM, que é a representação 3D da construção, onde as partes interessadas podem conferir os detalhes da edificação ainda em fase de projeto e quando insatisfeitas farão o pedido de mudança.

Outra situação que pode ser englobada como projetos não finalizados é a necessidade de alterações devido ao projeto não estar aprovado em todos os órgãos necessários. No caso de algum deles exigir mudanças e a construção já estar em andamento, poderá ocasionar retrabalhos. Esta situação ocorreu no edifício objeto deste estudo de caso, com relação ao projeto elétrico uma vez que a empresa distribuidora de energia elétrica mudou alguns padrões construtivos exigidos, que não foram previstos no projeto, o que resultou em alterações deste depois de a estrutura já estar construída.

Esta situação é difícil de ser prevista, uma vez que estes órgãos costumam demorar para avaliar os projetos e esta espera pode gerar custos ao empreendedor. Já existem estudos para utilização de softwares para análise automática de projetos feitos em BIM por estes órgãos, o que aceleraria absurdamente o processo e traria mais uma vantagem competitiva aos projetos em BIM.

Por fim, e provavelmente a mais comum das causas, é o pouco tempo dedicado à fase de projeto. No Brasil esta etapa não costuma receber a sua devida atenção, sendo dedicado pouco tempo em relação ao projeto como um todo, tendo como consequência atrasos ou erros. Em projetos BIM, este item tem ainda mais importância, uma vez que os projetos são naturalmente mais complexos devido ao aumento no detalhamento, demandando ainda mais tempo.

Quanto a falta de otimização de projetos, se refere à melhor forma de executar parte do projeto de acordo com as condições locais. Os profissionais entrevistados afirmaram fazer parte da rotina gastar um tempo avaliando o projeto e a construção buscando melhores traçados e formas de executar os projetos de instalações, com experiência e com o contato físico e visual com a edificação, conseguem fazer ajustes nos projetos visando economia de material, facilidade da execução ou melhorias do resultado final.

A melhoria deste aspecto ainda em fase de projeto exigiria profissionais muito bem capacitados, multidisciplinares, com grande conhecimento em execução e até mesmo o acompanhamento dos futuros executores.

A questão da execução é similar à da falta de otimização, sendo ainda mais difícil de se prever em projeto e ainda mais necessária a participação dos profissionais que farão a execução, para identificar as condições de contorno no momento da execução, como por exemplo, se haverá espaço para utilização de uma determinada ferramenta.

Analizados estes pontos em destaque, pode-se avaliar especificidades do projeto objeto do estudo e das observações feitas pelos profissionais entrevistados.

A atitude de superdimensionar alguns pontos críticos do sistema, citada na coleta de informações, é louvável do ponto de vista que evita problemas na estrutura final, contudo denota a falta de confiança nos projetos e incompatibilidade do que foi projetado, planejado e orçado, com o que efetivamente é executado, gerando discrepâncias nos custos e alterações a serem feitas no *as built*.

Na comparação com projetos anteriores, o item que mais se destacou como sinônimo de qualidade de projeto, percebido pelo executor foi a compatibilização. Este é um componente que não necessita obrigatoriamente de um projeto em BIM para ser feito, mas sem isto, o projetista precisa ter muita experiência, noções construtivas e capacidade de visualização do projeto.

Com o projeto tridimensional e a possibilidade de sobrepor os projetos em um mesmo modelo virtual, esta capacitação técnica pode ser reduzida, ou dedicada a outras partes, como a facilidade de execução. Além disso, com o BIM surge a possibilidade de efetuar a parte mais maçante da compatibilização de forma automática, através de softwares avançados, dedicados a este problema.

Ligado a este item, podemos destacar o fato de o projeto arquitetônico não ser projetado em BIM, o que trouxe complicações na execução, onde os espaços técnicos previstos não foram suficientes e tiveram de ser revistos com a obra já em estágio avançado.

Outra questão que se destacou foi a facilidade de execução das soluções propostas nos projetos. Este item está relacionado à visão de como será executado a etapa do projeto, se haverá espaço para o operário e equipamentos, podendo avançar até para as etapas construtivas entrando na questão do planejamento. Apesar de ser muito difícil para o projetista identificar as condições de execução observando o modelo tridimensional, este item é fundamental, podendo ser necessário a consultoria do profissional executor para melhorar o projeto.

Itens como análise das condições de contorno da execução, apesar de ser muito difíceis de prever em projeto, seriam muito bem vistos pelos operários, já que foi lembrado como um dos empecilhos de se seguir precisamente as medidas dos projetos.

Uma solução adotada em alguns projetos mais avançados em BIM para esta situação é modelar o canteiro de obras de acordo com as fases construtivas, onde as

partes a serem executadas em uma determinada etapa são compatibilizadas com os materiais e equipamentos da mesma, podendo incluir inclusive as rotas de transporte internos.

A ponderação feita pelos entrevistados sobre os projetos não costumarem observar as condições de contorno locais no momento da execução, evidencia a importância de uma boa compatibilização e de projetar pensando em facilitar a execução.

Destacou-se que devido à imprecisão dos projetos, se faz necessário gastar algum tempo revisando os caminhos e soluções sugeridos, além de realizar uma compatibilização, indicando alterações que posteriormente são feitas nos projetos para adequá-los ao que realmente foi executado. Ou seja, gasta-se tempo dos operários e projetistas na fase de execução fazendo este trabalho, que poderia ser realizado na fase de projeto evitando atrasos e diminuindo o risco de erros de execução.

Foi consenso entre os profissionais da execução que problemas de falta de otimização de algumas partes, como a distribuição de registros nos apartamentos, poderiam ser previstos na fase de projeto com uma consulta aos executores, que afirmaram ser fácil identificar estas questões através dos projetos. Além disso, sempre se colocam a disposição para esta consulta prévia, que inclusive pouparia tempo e esforço na fase de execução.

Contudo é necessário ressaltar que o tempo gasto para fazer esta revisão dos projetos, de acordo com o informado pelos profissionais, é de apenas um ou dois dias para cada projeto, o que foi considerado pouco, uma vez que para fazer uma revisão minuciosa do projeto em BIM, com ou sem ferramentas de compatibilização avançadas, seria necessário um tempo maior que esse.

Questionados sobre este aspecto, ambos os profissionais consultados afirmaram que se o projeto tivesse mais detalhes, fosse mais fácil de visualizar e trouxe-se informações como distâncias, confiáveis e compatibilizadas, facilitaria bastante o trabalho, economizaria tempo. Os profissionais afirmam que estariam disponíveis a ajudar na fase de projeto para conseguir este resultado.

Esta questão da precisão de medidas foi levantada pelo eletricitista da obra, que num primeiro momento esteve relutante com a ideia de um projeto com maior nível de detalhes construtivos, uma vez que gosta de ter certa liberdade na execução. Contudo afirmou que se as medidas informadas nos detalhes forem precisas e o

projeto bem compatibilizado, poderia sim ser de grande valia, trazendo ganhos no tempo de execução. Os demais profissionais já estão acostumados com projetos mais rígidos e gostaram do nível de detalhe apresentado.

O teste de visualização feito com o projeto externo, foi crucial para constatar a melhoria possível na visualização dos projetos e boa aceitação do pessoal da obra. Como afirmado por um empresário que vem implantando o BIM há alguns anos em suas obras, “o pessoal inicialmente fica relutante, mas depois que percebe que pode facilitar o seu trabalho, passam a gostar”.

Contudo, foi destacado que essa melhor visualização deve vir acompanhada de uma grande precisão em medidas e perfeita compatibilização, para poder ser bem aproveitada.

## 5.2. ANÁLISE VIA QFD

Foi realizada uma análise dos resultados do questionário segundo o processo sugerido pelo método do desdobramento da função qualidade, buscando-se identificar a voz do cliente, ou seja, os itens que o cliente identifica como mais importantes e compará-los com a qualidade percebida do projeto realizado e com a dificuldade de elaboração dos mesmos.

Foram aplicados questionários aos profissionais responsáveis pela execução e pelo projeto do edifício, sobre sua percepção de qualidade e importância dos projetos.

Percebeu-se certa dificuldade dos entrevistados em responder os questionamentos sem pesar preferências pessoais ou questões como segurança. Deste modo a quantidade e a qualidade dos dados coletados não permitem afirmações estatísticas, contudo os resultados foram apresentados como uma sugestão de modelo para avaliação da implantação de projetos em BIM.

As matrizes QFD dispostas nos quadros a seguir, contêm as médias obtidas a partir das respostas ao questionário e aos respectivos valores obtidos como qualidade percebida e importância.

Para evitar uma ilusão de discrepância ente os valores dos cruzamentos das tabelas dentro da matriz QFD, os dados foram obtidos a partir da raiz quadrada do produto entre os valores que se cruzam, conforme Equação 01.

$$R = \sqrt[2]{a \times b} \quad (01)$$

As Quadros 06 e 07 contêm a avaliação dos projetos estrutural e hidrossanitário feitos em BIM.

PROJETO ESTRUTURAL - AVALIAÇÃO					
Qualidade local		Qualidade global		Projeto	Qualidade da parte
		nível 1	nível 2		
nível 1	nível 2				
Avaliação dos clientes	apresentação			<b>4,3</b>	4,3
	compatibilização			<b>4,4</b>	4,4
	quantitativo			<b>4,4</b>	4,5
Qualidade do projeto				4,4	

**Quadro 06: Avaliação do projeto estrutural.**

PROJETO HIDROSSANITÁRIO - AVALIAÇÃO					
Qualidade local		Qualidade global		Projeto	Qualidade da parte
		nível 1	nível 2		
nível 1	nível 2				
Avaliação dos clientes	apresentação			<b>4,1</b>	4,0
	compatibilização			<b>4,4</b>	4,6
	quantitativo			<b>3,9</b>	3,7
Qualidade do projeto				4,2	

**Quadro 07: Avaliação do projeto hidrossanitário.**

Como pode ser observado, houve pouca variação dos resultados dos diferentes itens do projeto estrutural, tendo todos recebido uma boa avaliação. Quanto ao projeto hidrossanitário, houve uma variação maior entre os itens do projeto, ainda que pouco significativa, com destaque para a melhor avaliação em ambos os casos, referindo-se à compatibilização.

Nas Quadros 8 e 9 são apresentadas as matrizes QFD referentes a avaliação da importância de cada parte integrante dos projetos.



PROJETO ESTRUTURAL - IMPORTÂNCIA					
Parte		Todo	nível 1	Importância	Importância da parte
			nível 2	para a obra	
nível 1	nível 2				
Importância da parte	apresentação			<b>3,9</b>	3,6
	compatibilização			<b>3,9</b>	3,6
	quantitativo			<b>4,0</b>	3,8
Importância para a obra				4,2	

**Quadro 08: Importância das partes do projeto estrutural.**

PROJETO HIDROSSANITÁRIO - IMPORTÂNCIA					
Parte		Todo	nível 1	Importância	Importância da parte
			nível 2	para a obra	
nível 1	nível 2				
Importância da parte	apresentação			<b>2,9</b>	3,6
	compatibilização			<b>2,7</b>	3,0
	quantitativo			<b>2,8</b>	3,2
Importância para a obra				2,4	

**Quadro 09: Importância das partes do projeto hidrossanitário.**

O projeto estrutural de maneira geral foi considerado pelos usuários como mais importante, tanto na avaliação do projeto, como em relação às partes constituintes. A grande discrepância de valores entre a importância para a obra do projeto estrutural e hidrossanitário se deve em parte à técnica utilizada para forçar os entrevistados a organizar os projetos em ordem crescente de importância.

De modo geral observou-se baixa variação de importância entre os itens constituintes dos projetos, o que pode significar que o projeto é avaliado como um todo e não em partes.

Para avaliar o resultado obtido pelo projeto estudado, cruzou-se os valores da qualidade percebida, com a importância de cada item. Os resultados podem ser vistos nas matrizes QFD dispostas nos Quadros 10 e 11, sendo que, um valor de resultado do projeto maior indica que o projeto foi mais assertivo, possuindo boa qualidade nos itens mais importantes.

PROJETO ESTRUTURAL - RESULTADO DO PROJETO								
Parte		Todo		Importância			Qualidade observada	
		nível 1	nível 2	apresentação	compatibilização	quantitativo		
nível 1	nível 2							
Qualidade observada	apresentação	<b>4,1</b>			4,3			
	compatibilização	<b>4,1</b>			4,4			
	quantitativo				<b>4,2</b>			
Importância para a obra		3,9			3,9			4,0

**Quadro 10: Resultado do projeto estrutural.**

PROJETO HIDROSSANITÁRIO - RESULTADO DO PROJETO								
Parte		Todo		Importância			Qualidade observada	
		nível 1	nível 2	apresentação	compatibilização	quantitativo		
nível 1	nível 2							
Importância da parte	apresentação	<b>3,5</b>			4,1			
	compatibilização	<b>3,4</b>			4,4			
	quantitativo				<b>3,3</b>			
Importância para a obra		2,9			2,7			2,8

**Quadro 11: Resultado do projeto hidrossanitário.**

Esta avaliação demonstra que o projeto estrutural conciliou melhor importância e qualidade, ou seja, possuía a qualidade desejada em itens que são considerados importantes.

O fato de o hidrossanitário ter um resultado menor não se deve à falta de qualidade do mesmo, mas sim a menor importância calculada para ele.

Os Quadros 12 e 13 contêm a relação entre os itens constituintes dos projetos considerados mais importantes e os mais fáceis de se elaborar na visão dos projetistas.

PROJETO ESTRUTURAL - IMPORTÂNCIA X FACILIDADE								
Parte		Todo		Importância			Facilidade	
		nível 1	nível 2	apresentação	compatibilização	quantitativo		
nível 1	nível 2							
Dificuldade em elaborar	apresentação	<b>2,8</b>			2,0			
	compatibilização	<b>3,4</b>			3,0			
	quantitativo				<b>3,2</b>			
Importância para a obra		3,9			3,9			4,0

**Quadro 12: Relação importância x facilidade projeto estrutural.**

PROJETO HIDROSSANITÁRIO - IMPORTÂNCIA X FACILIDADE							
Parte		Todo		Importância			Facilidade
		nível 1	nível 2	apresentação	compatibilização	quantitativo	
nível 1	nível 2						
Dificuldade em elaborar	apresentação	2,4					2,0
	compatibilização		2,6				2,5
	quantitativo			2,6			2,5
Importância para a obra		2,9	2,7	2,8			

**Quadro 13: Relação importância x facilidade projeto hidrossanitário.**

No projeto estrutural, a compatibilização se destacou como sendo o item com maior relação importância x facilidade de elaboração, seguida pelo quantitativo. No projeto hidrossanitário as posições se inverteram, com leve vantagem do quantitativo frente à compatibilização.

Por fim, o Quadro 14 contém a comparação de importância e facilidade de elaboração entre os projetos listados nos questionários.

PROJETOS - IMPORTÂNCIA X FACILIDADE								
Parte		Todo		Importância				Facilidade
		nível 1	nível 2	arquitetônico	estrutural	elétrico	hidrossanitário	
nível 1	nível 2							
Dificuldade em projetar	arquitetônico	3,9						4,0
	estrutural		4,1					4,0
	elétrico			2,7				2,0
	hidrossanitário					2,7		3,0
Importância para a obra		3,8	4,2	3,6	2,4			

**Quadro 14: Relação importância x facilidade projetos.**

Neste quesito, o projeto estrutural novamente se mostrou com a melhor relação importância x facilidade de elaboração em BIM, seguido pelo arquitetônico.

Estes resultados não devem ser generalizados para outras obras ou projetos, refletindo apenas as opiniões dos profissionais entrevistados.

É interessante destacar com relação a esses resultados, que o projeto estrutural é relativamente menos complexo de se modelar em 3D, devido a menor variedade de elementos e detalhes e de se extrair quantitativos (5D) que os demais projetos. Isso somado à grande importância dada pelos profissionais consultados, demonstram que o investimento em um projeto estrutural em BIM possui um melhor custo benefício.

Vale destacar que, apesar de os resultados apontarem que um projeto tem mais relevância que os demais, estes não fazem sentido sozinhos. Para realizar a compatibilização do projeto estrutural em BIM por exemplo, é preciso que todos os

demais projetos também estejam em BIM, caso contrário, a análise de interferências terá de ser realizada da mesma forma como ocorre nos projetos tradicionais.

Deste modo, através dos questionários e da análise via QFD, pode-se chegar a conclusões já esperadas como: a boa qualidade geral atribuída aos projetos feitos em BIM para esta obra e a maior importância dada pelos executores para o projeto estrutural em relação aos demais.

## 6. CONCLUSÕES

O estudo foi de grande valia para compreender melhor como é possível melhorar os projetos através do BIM visando a utilização em obra. Apesar de a organização responsável pela edificação em estudo não ter conseguido um desempenho de acordo com o potencial da ferramenta, foi possível observar os impactos inerentes de um projeto aperfeiçoado, como o menor número de conflitos e retrabalhos, além de ter despertado a atenção e o interesse dos usuários.

Não houveram alterações nas dificuldades de interpretação ou nos processos devido aos projetos feitos em BIM, uma vez que os projetos utilizados em obra foram apenas as representações tradicionais e não foram utilizados pela organização para balizar seus processos.

As conversas com os operários foram muito produtivas, tendo uma boa recepção por parte destes quanto ao assunto, com questionamentos e demonstrações de interesse. Além disso, a grande experiência prática destes permitiu comparar a obra em estudo com anteriores, constatando o menor número de interferências e retrabalhos neste projeto em comparação com a maioria das anteriores.

Foram avaliadas as condições de implantação dos projetos na organização e constatou-se que não se conseguiu fazer o melhor uso destes para melhorar o desempenho da organização de documentos, processos e planejamento, uma vez que não foi realizado um investimento na adequação ao BIM e o fato de ter apenas dois projetos de acordo com a metodologia, não permitiu maiores mudanças.

Dentre as inúmeras possibilidades que o BIM permite a um projeto, as indicações dos operários sugerem a compatibilização como o maior benefício, pelo menos a curto prazo, uma vez que a obtenção de suas benfeitorias não exige alterações nos processos organizacionais e construtivos, como foi observado no estudo.

Observou-se grande dificuldade na utilização plena das possibilidades do BIM em obras de pequeno e médio porte. Uma vez que além de demandar um gasto de tempo e recursos maior na fase de projetos, que geralmente é subestimada pelos contratantes deste tipo de construção, exigiria um nível de planejamento, organização e controle da execução que não está compatível com as possibilidades de uma organização/obra deste porte.

Como sugestão para uma implantação que evite as dificuldades encontradas, sugere-se que se foque na etapa 3D do BIM em obras de pequeno e médio porte, com baixo e médio nível de planejamento e controle, como a estudada. Além de auxiliar na visualização dos projetistas e na compatibilização dos projetos, pode ser utilizada para mostrar ao cliente como ficará a construção acabada em seus mínimos detalhes, trazendo à tona ainda em fase de projeto, questões que só iriam surgir quando em estágio avançado da execução.

Essa e algumas outras conclusões deste trabalho foram compartilhadas e abonadas pela equipe do projeto de fomento BIM, da secretaria de infraestrutura e logística do estado do Paraná, que pretende iniciar a implantação da tecnologia nas obras públicas do estado a partir de 2018. A equipe acompanhou a evolução dos trabalhos, trocando informações sobre o BIM e sobre a pesquisa além de fornecer o detalhamento do projeto elétrico em BIM utilizado para exemplificação junto aos operários.

## 6.1. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

As possibilidades com a tecnologia BIM são imensas, orçamentos precisos, planejamento e compatibilização etapa por etapa, cronogramas concisos, baixo índice de erros e conflitos, redução nas alterações de projetos, etc. Muitas delas ainda necessitam de avanços em software para se tornarem mais fáceis e baratas de se projetar, e se difundir no mercado, mas que não tardarão a chegar. O BIM quando bem utilizado pode trazer redução de custos, tempo e aumento da qualidade, ou seja, é um caminho sem volta.

Seriam interessantes pesquisas futuras abordando este tema através da avaliação de ferramentas de utilização do BIM no canteiro, como localizadores por GPS, scanners a laser, sistemas de fiscalização automáticos via fotografias comparadas com o modelo. Além disso, seriam importantes estudos focando o treinamento do pessoal do canteiro e a melhoria da comunicação entre o projeto e a execução.

## REFERÊNCIAS

LEE, A.; WU, S.; MARSHALL-PONTING, A. J.; AOUAD, G.; COOPER, R.; TAH, J. H. M.; ABBOTT, C. **Developing a Vision of nD-Enabled Construction**. Construction IT, 2003.

AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Construção Civil - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

AZEVEDO, O. J. M. 2009. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. Universidade do Minho. Braga : s.n., 2009.

**AIA E202 Building information Modeling Protocol Exhibit**. 2008. Disponível em: [www.smacna.org/resources/resource/2008/01/04/aia-e202-building-information-modeling-protocol-exhibit](http://www.smacna.org/resources/resource/2008/01/04/aia-e202-building-information-modeling-protocol-exhibit). Acessado em: 10/05/2017.

BOMFIM, C. A. A.; LISBOA, B. T. W.; MATOS, P. C. C. de. **Gestão de Obras com BIM** – Uma nova era para o setor da Construção Civil. SIGraDi 2016, Buenos Aires, 2016. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2016/724.pdf>. Acessado em: 10/05/17.

**Caderno de apresentação de projetos BIM**. Governo de Santa Catarina - Secretaria de Estado do Planejamento - Diretoria de Planejamento - Comitê de Obras Públicas. 2015. Disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-obras-publicas/427-caderno-de-projetos-bim/file>. Consultado em 04/05/2017.

CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; MENDES JR., R.; SCHEER, S.; FREITAS, M. C. D. **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, 2015. Disponível em: <http://www.entendendobim.com.br/>. Acesso em 12 de maio de 2017.

CHENG L. C.; MELO FILHO L. D. R. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 539 p., 2007.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C.. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: WORKSHOP BRASILEIRO - GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., São Paulo, 2008.

DANTAS FILHO, J. B. P.; BORGES, A. V. G.; SOARES, J. N.; DE SOUZA, D. S. V.; GERRA, R. S.; CARDOSO, D. R.; NETO, J. P. B. **Estado de adoção do Building Information Modeling (BIM) em empresas de arquitetura, engenharia e construção de Fortaleza/CE**. VII Encontro brasileiro de tecnologia de informação e comunicação na construção. Recife, 2015.

EASTMAN, Charles M. **An Outline of the Building Description System**. Carnegie-Mellon University, Institute of Physical Planning, Pittsburgh, 1974.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERREIRA, S. L. **Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e vice-versa**. Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Curitiba, 2007.

FLORIO, W. **Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura**, SEMINÁRIO TIC 2007 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, Porto Alegre, 2007.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão de processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 343f. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

MELHADO, S. B. **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.



MENEZES, G. L. B. B. **Breve Histórico de implantação da plataforma BIM.** Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. 21º sem. de 2011, Vol. 18, 22, pp. 153-171.

MOTTER, A. G.; CAMPELO H. Q. **Implantação da tecnologia BIM em escritórios de projetos na região de Curitiba** - estudo de casos. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

**Os diversos níveis D do BIM.** Disponível em: <https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>. Acessado em 07 maio de 2017.

PENTTILÄ, H. **Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression.** Journal of Information Technology in Construction, v. 11, special issue, p. 395-408, 2006.

Project Management Institute, Inc. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (**Guia PMBOK®**). 5 ed. 2012.

RUSCHEL, R. C. **CAD 4D: Evolução.** Campinas: FEC/UNICAMP, 2009.

SANTOS, J. P. **Planeamento da Construção Apoiada em Modelos 4D Virtuais**, 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

SAKAMORI, M. M. e SCHEER, S.. **Modelagem 5D (BIM) – Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil.** Dissertação de Pós-graduação em engenharia de construção civil. UFPR. Curitiba, 2015.

SMITH, P. **BIM & the 5D project cost manager.** Procedia-Social and Behavioral Sciences, 119: 475-484. 2014.

STAUB-FRENCH, S.; KHANZODE, A. **3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned**. ITcon, v. 12, p. 381-407 2007. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/arqs/20090520025342-T4-3D-4D.pdf>. Acesso em: 07/05/2017.

SUZUKI, R. T.; SANTOS, E. T. **Planejamento 4D no brasil**: levantamento orientado à percepção de resultados pelos diversos “stakeholders” da construção. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7, 2015, Recife: ANTAC, 2015.

VAN NEDERVEEN, G.A.; TOLMAN, F.P. **Modelling Multiple Views on Buildings. Automation in Construction**, 1 ed., pág. 215-224, 1992.

VASCONCELOS, Tiago M. N. R. F. de. **Solução para os principais atrasos e desperdícios na construção portuguesa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 2010.

YIN. R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.