



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização em Construção Civil

Luana Cristina Oliveira Prado

**APLICAÇÃO E IMPACTOS DO BUILDING
INFORMATION MODELING (BIM) EM ORÇAMENTOS
DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS**

**Belo Horizonte,
2021.**

LUANA CRISTINA OLIVEIRA PRADO

**APLICAÇÃO E IMPACTOS DO BUILDING
INFORMATION MODELING (BIM) EM ORÇAMENTOS
DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em Construção Civil do departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Sidnea Eliane Campos Ribeiro

**Belo Horizonte,
2021.**

P896a

Prado, Luana Cristina Oliveira.

Aplicação e impactos do Building Information Modeling (BIM) em orçamentos de sistemas hidrossanitários [recurso eletrônico] / Luana Cristina Oliveira Prado. - 2021.

1 recurso online (48 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Sidnea Eliane Campos Ribeiro.

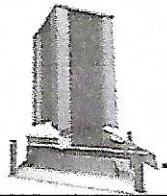
Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Bibliografia: f. 47-48.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Modelagem de informação da construção. 3. Orçamento. I. Ribeiro, Sidnéa Eliane Campos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69

**ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA**

ALUNO: LUANA CRISTINA OLIVEIRA PRADO

MATRÍCULA: 2020690386

RESULTADO

Aos 27 dias do mês de abril de 2021 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“APLICAÇÃO E IMPACTOS DO *BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)* EM ORÇAMENTOS DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

 APROVADO APROVADO COM CORREÇÕES REPROVADO

NOTA: 85

CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Aldo Giuntini de Magalhães

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 27 de abril de 2021

Coordenador do CursoProf. Antonio Neves
de Carvalho Júnior
Coordenador do Curso

RESUMO

O uso do BIM tem sido adotado fortemente na engenharia civil para promover eficiência na execução de projetos, podendo ser feito através de melhorias na cadeia de suprimentos, da modelagem e da análise enxuta dos quantitativos para a realização de um projeto. Aplicação do BIM em orçamentos de sistemas hidrossanitários pode causar economias de projetos e reduções de patologias. Este trabalho tem como objetivo analisar estudos de caso referente ao uso do BIM em projetos hidrossanitários e avaliar as possíveis economias com a aplicação da metodologia. Pretende-se analisar sistemas hidrossanitários como forma de reduzir os índices de patologias e gastos desnecessários nas instalações prediais hidrossanitárias. Foram analisados três estudos de caso envolvendo o uso do BIM em instalações hidrossanitárias e foi desenvolvida uma tabela resumo onde constam as principais diferenças analisadas entre tais estudos de caso através de percentuais de economia, além de análises sobre os tipos de projetos e equipes responsáveis pelo desenvolvimento do BIM, mostrando que o uso do BIM pode ser eficiente com uma equipe específica para o seu desenvolvimento e com construções com um certo grau de complexidade. Desta forma, o trabalho concluiu que o BIM apresenta resultados satisfatoriamente positivos no que diz respeito à economia de elaboração de projetos hidrossanitários, podendo proporcionar economias em média de 45% em projetos de médio a alto grau de complexidade.

Palavras-chave: BIM, Projetos Hidrossanitários, Instalações Prediais.

SUMÁRIO

Introdução	06
Capítulo 1: O uso do BIM	09
1.1 O BIM no mundo	09
1.2 O BIM no Brasil	10
1.3 Economia com o uso do BIM	12
Capítulo 2: Utilização do BIM	13
2.1 BIM para pré-fabricados	13
2.2 BIM para cadeia de suprimentos	15
2.3 BIM para orçamentos	16
2.4 BIM para canteiro de obras	17
2.5 BIM para <i>As Built</i>	18
Capítulo 3: Sistemas Hidrossanitários	20
3.1. Melhorias em Projetos Hidrossanitários	20
3.2 Patologias em Projetos Hidrossanitários	22
3.3 Pré-fabricados em Projetos Hidrossanitários	23
3.4 Orçamentos em Projetos Hidrossanitários	25
Capítulo 4: Métodos de Procedimento de Pesquisa	27
Capítulo 5: Estudos de Caso	29
5.1. Centro Comercial em Araraquara	29

5.2 Residência Unifamiliar em Pato Branco	34
5.3 Centro Médico em São Francisco	38
Capítulo 6: Resultados	41
Considerações finais	45
Referências Bibliográficas	47

INTRODUÇÃO

Existem diversos benefícios ao aplicar a modelagem da informação da construção (BIM) na gestão de projetos, entre eles, pode-se citar o ganho econômico, uma vez que a modelagem facilita o desenvolvimento da perspectiva tridimensional do projeto; a redução de desperdícios na construção civil, que faz com que economias sejam aplicadas diretamente. Além disso, também é capaz de evitar interferências entre dois projetos diferentes, fazendo com que as chances de imprevistos sejam reduzidas no canteiro de obra.

O uso do BIM é capaz de atuar em diferentes fases da produção de um projeto, desde a etapa do projeto em si, até a fase de pós-obra através do *as built*. De diversas maneiras a modelagem é capaz de gerar um processo mais eficiente e enxuto nos sistemas construtivos. Além disso, é possível identificar que o BIM também apresenta boas perspectivas para desenvolver uma melhor comunicação com os engenheiros de campo.

A aplicação do BIM na elaboração de projetos hidrossanitários faz com que possíveis riscos sejam eliminados do projeto, como possíveis patologias de infiltração que podem ser causadas pela interferência de dois projetos diferentes. O BIM é capaz de reduzir isto, além de promover um processo mais econômico referente ao detalhamento correto do quantitativo de peças a serem utilizadas no projeto. Desta forma, o BIM pode ser um bom aliado para uma melhor qualidade de projetos hidrossanitários.

Este trabalho tem o objetivo de analisar possíveis economias orçamentárias e de eficiência que o uso desta tecnologia é capaz de promover em sistemas hidrossanitários. Além disso, também é previsto a análise de dados relacionados a aplicação do BIM em relação a custos e desperdícios na elaboração de projetos, o levantamento dos principais problemas projetuais relacionados aos sistemas hidrossanitários e possíveis impactos que a aplicação causaria, e a simulação e comparação de um orçamento com a aplicação do BIM e sem a tecnologia.

Esta análise será desenvolvida através de comparações de estudos de casos, de forma que seja possível analisar eles simultaneamente e obter resultados quantitativos sobre as possíveis economias com a aplicação do BIM. Os casos serão devidamente descritos e contextualizados, assim como possíveis dificuldades e facilidades serão apontadas; além da análise de como o BIM pode ser utilizado para suprir esses *déficits* na produção de projetos.

Após a coleta de dados, pretende-se construir uma tabela resumo com as possíveis diferenças observadas entre os estudos de caso. Desta forma, se torna possível quantificar os resultados e desenvolver análises gráficas sobre os padrões de economias encontrados nos orçamentos hidrossanitários com e sem a tecnologia BIM.

O trabalho justifica-se pela necessidade de proporcionar maiores economias no setor da engenharia referente às instalações prediais. Pesquisas que analisam o efeito do BIM em sistemas prediais e apontam uma economia de até 55% devido ao uso da tecnologia (GUERRETTA e SANTOS, 2015). Com isso, o uso e aplicação do mesmo é interessante para promover eficiências e evitar desperdícios.

O trabalho é desenvolvido através de revisões de literatura que abordam a história do BIM no mundo e no Brasil, a aplicação do BIM em inúmeros segmentos da engenharia civil, como para obras e cadeias de suprimento, e como os sistemas hidrossanitários são afetados pela metodologia. Após esta revisão de literatura, foi desenvolvida uma descrição de três estudos de caso relacionados a orçamentos hidrossanitários com o BIM. Por fim, pretende-se desenvolver uma tabela resumo para estimar valores sobre a possível economia ao utilizar a metodologia neste determinado tipo de situação.

A monografia foi composta pelo estudo de como o uso do BIM tem atuado para solucionar problemas referente aos atrasos em cronograma e desperdícios de materiais através da realidade da construção civil no Brasil. Após o levantamento dessas informações, o artigo visa aplicar tais dados para sistemas hidrossanitários, de forma que seja possível analisar os principais problemas que este setor apresenta em relação a gestão de projetos hidrossanitários. Por fim, serão

analisados orçamentos de estudos de caso, com o objetivo de obter dados quantitativos sobre a possível economia com o uso do BIM.

Este trabalho pretende aprofundar o conhecimento da gestão de projetos aplicado a sistemas hidrossanitários. O uso da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) tem como propósito ser um grande facilitador para uma gestão de projetos eficiente na engenharia civil. O BIM pode ser aplicado em diversos setores da engenharia, como a análise de orçamentos em sistemas hidrossanitários.

CAPÍTULO 1:

USO DO BIM

É essencial analisar a utilização do BIM ao longo dos anos, como forma de entender quais foram as principais demandas que levaram a necessidade de adoção de sistema de modelagem integrada. Além disso, é importante também saber quais foram as expectativas, através de como o BIM foi implantado no Brasil e quais as vantagens e desvantagens do seu uso localmente. Existem diversos desafios para a implantação efetiva no país, e através das análises de economia é possível verificar que o BIM não atua como um gasto, mas sim como um investimento para as empresas de engenharia e arquitetura.

1.1 O BIM no mundo

É muito importante ter o conhecimento de como surgiu a necessidade do uso desta tecnologia e quais eram os principais interesses daquela época que levaram à adesão do BIM. De acordo com as informações prestadas por Eastman *et al.* (1974), a iniciativa surgiu nos Estados Unidos, no Instituto de Tecnologia da Geórgia, no ano de 1974 através do professor Charles M. Eastman.

Ele criou o conceito BDS - Sistema de Descrição da Construção. A ideia era que fosse possível mostrar uma descrição computadorizada que poderia promover maiores detalhamentos a desenhos de edifícios, como replicar ou destacar padrões para a elaboração de projeto, assim como para sua construção e operação. Desta forma, o objetivo maior foi eliminar as possíveis fraquezas de uma edificação. (EASTMAN *ET AL.*, 1974)

Através deste conceito se tornou possível iniciar o processo de padronização de projetos e documentos para uma nova tratativa e maneira de lidar com os mesmos através do uso de *softwares* que promovem facilidades para a produção de desenhos técnicos, como é o caso do próprio CAD (*Computer Aided Design*). O início da adesão de sistemas computacionais significa um grande processo evolutivo para a engenharia civil, uma vez que se torna possível reduzir quaisquer tipos de falhas e obter maiores detalhamentos sobre o projeto que será desenvolvido.

Nederveen e Tolman (1992) desenvolveram um artigo sobre as possíveis visões da modelagem na construção civil e defenderam que a modelagem de informações é uma ferramenta útil para fundamentar e estruturar modelos de construção. A principal ideia é que a modelagem seria útil para defender diferentes pontos de vista dos diversos participantes de um projeto, como engenheiros, arquitetos e fornecedores.

Após a publicação deste artigo surgiu o termo *Modeling Building Information*, que logo após sucedeu o *Building Information Modeling* (BIM), com um ar promissor de mudanças de paradigmas através do tratamento individualizado de cada informação do projeto, que seria fornecida através de cada parte interessada, até ao tratamento integrado das informações do projeto.

Este conceito deu abertura à necessidade de um sistema computacional consistente que fosse capaz de integrar o gerenciamento e controle do projeto, os processos e as tecnologias envolvidas no processo construtivo. Penttilä (2006) define o BIM como uma metodologia capaz de gerenciar todos os processos do projeto de construção e seus dados através do uso de *softwares* ao longo do ciclo de vida da construção.

Desta forma, a utilização do CAD caiu em desuso e houve um maior investimento e demanda no uso de um sistema de banco de dados integrados. A necessidade de troca de sistemas surgiu pois com o BIM é possível armazenar todas as ferramentas disponíveis em um ambiente virtual. Quando utiliza-se o BIM para a elaboração de projetos, é possível notar uma maior eficiência de produção, além de uma comunicação clara e concisa com todas as partes interessadas.

1.2 O BIM no Brasil

No Brasil, a história do BIM começou a surgir em 2000 através do trabalho de arquitetos no país. Houveram algumas publicações em revistas que proporcionam a visibilidade do sistema, mas houve apenas um crescimento tímido em algumas empresas (MENEZES, 2011). Em 2002, Cristiano Ceccato fundou a Gehry Technologies no Brasil, atuando em parceria com o norte-americano Frank Gehry.

Ceccato acreditava que a implementação com BIM era essencial para o país, pois auxiliaria a delinear a organização de projetos construtivos no Brasil.

De maneira paralela, o arquiteto Luiz Augusto Contier também implementou o uso do BIM no seu escritório em 2002. Em seu artigo, Menezes (2011) destaca que o arquiteto sentiu uma grande dificuldade sobre a baixa troca de experiências. A partir de 2004 começou a se tornar algo padrão dentro das empresas de arquitetura, e a demanda de utilização atualmente só vem aumentando desde então.

Como exemplo da demanda crescente, pode-se citar que a Petrobras e a Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro (CDURP) têm exigido projetos com a metodologia BIM (GEROLLA, 2011). Foi observada uma forte tendência do mercado na atualidade a buscar esta nova metodologia, devido às facilidades que o sistema apresenta, como a redução de erros de compatibilização e estimativa de materiais para obras.

É levado ao questionamento de qual seria o motivo de inúmeras empresas da atualidade ainda não aderirem a metodologia. A implantação do BIM ainda hoje é considerada um processo caro de ser desenvolvido, e que requer uma equipe totalmente treinada, além de que a implantação de *softwares* que possuem valores robustos. Rosso (2011) destaca que o valor do ArchiCAD custa R\$ 7.800,00, já o Bentley Architecture, Revit Architecture e Vectorworks custam respectivamente R\$ 13.300,00, R\$ 10.000,00 e R\$ 5.300,00.

Além desses investimentos a serem realizados dentro da empresa, é importante também notar que pode ser necessário mudanças na equipe para dar preferência àqueles que já possuem conhecimento do BIM. Esta dificuldade existiu também nos anos de surgimento do BIM no Brasil, o que provocou uma maior lentidão na aplicação da metodologia. Desta forma, o treinamento a ser realizado na equipe deveria ser reforçado, pois não havia pessoas suficientes para atender tamanha demanda.

1.3 Economias com o uso do BIM

Conforme citado anteriormente, é possível observar todas as diversas barreiras que a implantação do BIM no Brasil apresentou. Sem dúvidas, a sua implantação ainda é um processo caro e demorado, que por muitas vezes requisitou mudanças na estrutura das empresas para alocação de novos funcionários. Naturalmente, este processo gera transtornos para toda a equipe, e por causa dessas dificuldades muitas empresas ainda decidem por não adotar a metodologia.

Entretanto, após a implantação do BIM foi possível observar grandes resultados referentes a economias, mostrando assim que o BIM não é um gasto, mas sim um grande investimento. Atualmente, a construção civil encontra diversos problemas para a elaboração de projetos, como o alto custo para a sua execução e também atrasos no cronograma. Desta forma, acredita-se que o uso do BIM pode ser um facilitador de redução de custos orçamentários de projetos e que também é capaz de promover a economia de tempo para a execução de projetos.

Na elaboração de projetos, o BIM é capaz de reduzir erros de interferências entre projetos, e essas podem ser caracterizadas como fortes ou fracas (Benning *et al*, 2010). Como o próprio nome diz, as interferências fortes são muito problemáticas, pois se relacionam com a sobreposição de dois projetos diferentes, até um pouco que se torna inviável executar os dois simultaneamente. Já as interferências fracas são aquelas que podem afetar o movimento de objetos ou pessoas.

As mais populares interferências fortes que o BIM pode evitar são entre projetos arquitetônicos e estruturais; arquitetônico e instalações prediais; estruturais e instalações prediais; e entre instalações prediais. Erros de interferência causam grandes prejuízos, especialmente quando só são observados nas atividades de obras.

Existem grandes desperdícios de materiais em obras, gerando eventuais atrasos em cronogramas e aumentos de valores orçamentários. Desta forma, é importante evitar prováveis desperdícios de materiais nos mais diversos sistemas, pois podem causar impactos ao meio ambiente e que geram prejuízos para o projeto e sua execução. (CASTRO, 2019).

CAPÍTULO 2: UTILIZAÇÃO DO BIM

O *Building Information Modeling* é um conjunto de processos e políticas que possibilitam o gerenciamento de um projeto através da sua modelagem. Isto permite aplicar na construção civil a materialização de ferramentas que geram a modelagens de projetos de engenharia, e que desta forma tornam possíveis as especificações de projetos. (Fundamentos BIM, 2016). Através da capacidade de modelagem é possível aumentar a eficiência e reduzir riscos, como a prevenção de possíveis interferências entre diferentes projetos e assim evitar maiores transtornos de desperdícios e prejuízos.

A Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras (2016) destaca que o principal uso da tecnologia no Brasil é para visualizações de projetos e detalhamentos, levantamento de quantitativos, estimativas de custos de orçamentos e logística no canteiro de obras. Todos esses fatores contribuem diretamente para a economia de um projeto, mostrando assim que o BIM pode ser um grande investimento para empresas de engenharia.

2.1 BIM para pré-fabricados

Eastman *et al.*(2011) destaca que o uso do BIM para a execução de projetos é capaz de aprimorar o processo de produção de várias maneiras. Uma delas é através da visualização dos pré-fabricados através dos sistemas de informações existentes do BIM. Devido a facilidade de observação dos objetos pré-fabricados, é possível ter uma melhor perspectiva de todos os itens pré-montados que irão precisar ser fornecidos para o projeto.

Este levantamento prévio de peças pré-fabricadas é capaz de reduzir substancialmente o tempo de espera de um produto em uma obra, além de proporcionar um processo de construção mais flexibilizado. Isto pode acontecer para peças já pré-fabricadas e para peças que podem ser montadas previamente no canteiro de obras. Desta forma, o processo se torna mais rápido e enxuto, assim como sua técnica de construção.

Isto é possível devido à capacidade de modelagem que o BIM apresenta, fazendo com que seja possível ter uma boa análise do dimensionamento das peças que serão utilizadas na fase de obras. Existe uma redução de tempo devido ao tempo de cura que poderia ser necessário para peças pré-montadas *in-loco* para peças de concreto, por exemplo. Também há redução de tempo de transporte para peças pré-fabricadas, que podem ser fretadas previamente através dos dados que o recurso da modelagem apresenta.

Além disso desta vantagem, o processo também se torna menos arriscado em relação a possíveis erros de dimensionamento entre o projeto e a obra. Eastman *et al.* (2011) cita como exemplo uma viga de concreto pré-moldada e sua discrepância entre o projeto e a execução:

Na face externa da viga havia revestimento de tijolo, que é realizado colocando a face dos tijolos no molde. O desenho executivo deveria ter mostrado a parte traseira da viga para cima, ou seja, com a face exposta do concreto (interna ao edifício) para cima na vista da planta. Devido a um descuido no desenho, a inversão não foi feita, e a viga foi mostrada com a parte externa para cima, o que resultou em oito vigas de projeto fabricadas como “imagens espelhadas” em relação às vigas reais necessárias. Elas não podem ser erigidas como planejado (...) o que resultou em um trabalho caro, qualidade reduzida e atrasos na construção. (EASTMAN *ET AL.* 2011, p. 246)

Desenhos sem o recurso da modelagem, como desenhos realizados no CAD ou à mão, podem conter múltiplas representações sobre cada detalhamento. Um estudo conduzido por Sacks (2004) analisou 37.500 peças de um empreendimento e constatou que erros de representação correspondem a aproximadamente 0,46% do custo total de um empreendimento. Este percentual pode parecer pequeno, mas é apenas um dos benefícios que o recurso da modelagem pode proporcionar à coordenação de projetos.

Desta forma, é possível concluir que o uso do BIM apresenta resultados satisfatórios para as peças pré-fabricadas. Além disso, peças que antes seriam montadas *in-loco* podem ser previamente desenvolvidas com a utilização do BIM, fazendo com que o projeto alcance resultados mais assertivos. O BIM também apresenta benefícios

para o setor da cadeia de suprimentos, que apresenta algumas semelhanças quanto ao fornecimento de itens pré-fabricados.

2.2 BIM para a cadeia de suprimentos

Também é possível avaliar o impacto do BIM no processo logístico da construção civil através da cadeia de suprimentos. Conforme citado anteriormente, o BIM consegue proporcionar uma estimativa prévia dos itens que são pré-fabricados e que serão utilizados na obra. Esta análise prévia é capaz de promover melhorias no procedimento logístico de entrega de materiais pelos fornecedores. Uma vez que a facilidade em observação dos itens de obra acontece, torna-se mais fácil ter um planejamento correto de quando será necessário utilizar estes itens e onde armazená-los enquanto não se utilizar.

Com esta sustentabilidade da cadeia de suprimento, passa a existir um aumento na qualidade do projeto e na sua respectiva execução de obra. É possível acompanhar a produção de maneira satisfatória, apoiar processos de instalação e montagem e uma melhor gestão da informação a respeito do ciclo de vida de cada um dos projetos. É importante citar que todas estas informações complexas necessitam de um *software* capaz de armazená-las e modelá-las. Isto é considerado algo sofisticado e que grande valia para a engenharia (EASTMAN *ET AL*, 2011).

Outro ponto que também merece destaque deste benefício do processo logístico é que o canteiro de obras se torna um local mais seguro. Se peças ou equipamentos de alto valor forem armazenados de maneira inadequada, é possível que o risco de furtos e assaltos aconteçam dentro do canteiro. Com a utilização do BIM como ferramenta de planejamento logísticos, estas peças ou equipamentos podem ser instaladas no canteiro de obras em um curto espaço de tempo, diminuindo o risco de exposição e aumentando a segurança do local.

No que diz respeito à elaboração de projetos, pode-se verificar que o BIM também é um agente que consegue prever possíveis sobreposições entre projetos diferentes. Com o processo logístico, atuando paralelamente ao cronograma de projetos é possível que estes erros sejam evitados. Desta forma, o processo logístico também

pode passar por uma maior eficiência, devido ao fato de que após os ajustes de interferências só os itens essenciais serão devidamente fornecidos para a obra.

Desta forma, é possível ter uma estimativa assertiva em relação a quantidade de materiais que necessitam de utilização para o desenvolvimento do trabalho. Apenas os itens essenciais serão devidamente fornecidos, e isto gera mais economia, aumento de segurança, redução de desperdícios de materiais e uma maior eficiência para a conclusão da obra.

2.3 BIM para orçamentos

O principal objetivo do desenvolvimento de orçamentos é prever os custos do projeto da maneira mais fiel possível. Durante a incorporação de um novo empreendimento, o processo da criação de orçamentos parte principalmente pela subempreiteira. Estes orçamentos por muitas vezes são desenvolvidos de maneira manual ou com o auxílio de planilhas. De maneira geral, a tarefa de desenvolver um orçamento pode ser um processo complexo, que requer o máximo de atenção possível.

Desta forma, os orçamentos estão sujeitos a falhas humanas, especialmente quando se há a necessidade de desenvolver o projeto em um curto prazo. Por esta ser, usualmente, uma responsabilidade das subempreiteiras, por muitas vezes estes acabam por realizar extensos orçamentos em um curto prazo de tempo, em torno de 5 a 7 dias. A principal razão desta agilidade é para que a proposta chegue ao cliente final o mais rápido possível. (EASTMAN *ET AL*, 2011)

A produção civil é fragmentada em diversos agentes, sendo estes através de projetos, contratos e relatórios técnicos. É possível encontrar especificações técnicas nestes documentos e isto facilita o processo de cálculo orçamentário de um empreendimento (GUERRETTA; SANTOS, 2015). Erros que possam acontecer em algum desses documentos podem gerar despesas imprevistas, que levam a um maior atraso na obra, além da possibilidade de alguns ambientes não atingirem a funcionalidade esperada (EASTMAN *ET AL*, 2011).

Desta forma, é importante o uso de metodologias integradas visando reduzir danos e prejuízos. Para engenheiros orçamentistas é possível desenvolver levantamentos

quantitativos de materiais que irão ser utilizados com a metodologia BIM, assim como estimar os seus custos através de orçamentos mais detalhados, e também de reduzir horas de trabalho que podem ser vistos como desnecessárias no canteiro de obras (YOUNG; JONES; BERNSTEIN, 2008).

Guerretta e Santos (2015) analisaram um estudo de caso de uma construtora em São Paulo que desenvolveu esta estimativa de custos para instalações hidrossanitárias, onde foi possível constatar uma economia acima de 30% em relação ao total estimado pelas subempreiteiras dentro do orçamento. Este resultado mostra que o desenvolvimento de orçamentos com a tecnologia BIM é bastante promissor para engenheiros orçamentistas e subempreiteiros.

2.4 BIM para canteiros de obras

É possível também desenvolver a interface entre o BIM e as atividades de campo, de modo a reduzir erros e identificar problemas de projetos dentro do canteiro de obras, além de ser possível aumentar a produtividade. A metodologia antecipa os imprevistos, evitando-os e fazendo com que a obra seja executada de maneira mais otimizada. Desta forma, é possível ter uma representação mais coerente em relação ao cronograma e orçamento que foram inicialmente previstos.

A utilização do BIM é valiosa para o canteiro de obras, pois é possível otimizar detalhamentos do canteiro para que tenha um maior aproveitamento do espaço durante a fase de construção. É importante desenvolver uma modelagem onde é pensado sobre os pontos do suporte do canteiro de obras para que eles não interfiram nas etapas iniciais da obra de um empreendimento.

Eastman *et al.* (2011) traz em seu livro o exemplo de um grave erro no canteiro de obras que foi identificado com o auxílio do BIM. O exemplo em questão ocorreu na cidade de São Francisco, nos Estados Unidos. Houve um erro no posicionamento de uma forma de concreto, que foi identificado rapidamente com o auxílio do BIM. Caso o erro não tivesse sido identificado, o mesmo padrão de posicionamento seria repetido nos três pavimentos superiores e iria gerar sérios prejuízos para o empreendimento, pois a parte estrutural seria afetada por esta falha de posicionamento.

Uma outra exemplificação do benefício em utilizar o BIM é que ele ajuda a orientar informações para fabricação de peças no momento correto, o que melhora a logística do canteiro conforme a fase da obra. Este entendimento pleno, que é associado ao processo logístico, faz com que o investimento seja mais assertivo, evitando assim desperdícios de materiais e suas utilizações inadequadas.

A grande problemática que atrapalha o desenvolvimento do BIM no canteiro de obra é que sua utilização não é prática o suficiente para que o engenheiro de campo consiga acessar tais informações através do computador. As atividades em obra limitam o acesso no uso de *softwares*, e não é desejável que o engenheiro de campo se desloque para acessar tais informações devido ao seu escopo de trabalho. Isto transforma o BIM em um processo inviável e requer novas soluções tecnológicas para suprir esse *déficit*.

Como forma de suprir esta necessidade, soluções tecnológicas através de aplicativos móveis estão sendo desenvolvidas de maneira integrada ao BIM. Eastman *et al.* (2011) cita em seu livro o exemplo de uso de novos sistemas desenvolvidos em universidades norte-americanas para a entrega de informações em canteiros de obras de estradas e pontes, através da coordenação integrada entre o sistema GPS, o projeto 2D, 3D e o BIM.

2.5 BIM para o *As Built*

Um projeto caracterizado como *as built* é aquele que representa o levantamento fiel do que foi construído em obra. Este levantamento adequado pode servir de referência para futuros ajustes na obra, como possíveis reformas, ampliações e modificações. Desta forma, é possível reduzir o risco de acidentes ou imprevistos caso deseje aplicar algum desses ajustes. A norma NBR 14645 : 2001 (ABNT, 2001) é responsável por propor diretrizes para a execução de projetos do tipo *as built*.

Por exemplo, a norma diz que para o *as built* de instalações hidrossanitárias todos os dutos devem ser detalhados para que exista informações sobre o real posicionamento das instalações. Com estas informações, é possível atualizar e substituir o projeto, e isto deve ser feito após a conclusão da obra para que se obtenha o resultado mais fiel possível.

Amaral (2006) destaca que a maior problemática dos projetos tipo *as built* é que as atualizações do projeto são feitas na através do diário de obras. Após o detalhamento no diário, elas são devidamente arquivadas para servirem de referência ao *as built*. Entretanto, o processo de transmissão destas informações não é automatizado, o que dificulta a qualidade no nível de detalhamento do projeto.

Em casos de atividades com subempreiteiras, o fluxo da aquisição dos projetos com as incorporadoras é dividido em três partes, sendo estas a solicitação para a aquisição do projeto em si, o detalhamento do projeto e a sua fabricação. O *as built* pode requerer constantes atualizações, e é desgastante e cansativo diante de todas estas fases preliminares. Entretanto, existe a possibilidade do BIM fazer uma mudança neste processo, uma vez que a modelagem pode reduzir tempos de espera e gerar menos desperdícios (EASTMAN ET AL., 2011).

Goedert e Meadati (2008) desenvolveram um estudo com o objetivo de comparar projetos de *as built* com a utilização do 3D e com a utilização do 2D. Foi acompanhada uma obra em fase de andamento e foi criado o modelo BIM durante a execução da obra. Neste estudo, foi possível concluir que o modelo 3D consumiu mais tempo que o tradicional 2D, e que apenas em alguns momentos foi necessário o uso do sistema tridimensional.

Entretanto, ao final foi concluído que o BIM pode sim mudar o método construtivo, mas que essa seria uma transição que requer mudanças de paradigmas nas fases do ciclo de vida útil de uma construção. Desta forma, leva-se a concluir que para projetos do tipo *as built* ainda há muito a se evoluir, e que a metodologia BIM ainda não é completamente suficiente para suprir os *déficits* de produtividade.

CAPÍTULO 3: SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS

A NBR 13531:1995 (ABNT, 1995) define que as instalações hidrossanitárias são compostas por sistemas de esgoto sanitário, água fria, água quente, captação e escoamento de águas pluviais, sistemas de combate a incêndio, ou qualquer outro tipo de sistema que seja cabível para a edificação em estudo. A elaboração de um projeto hidrossanitário conta com cinco etapas: o estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto executivo e projeto *as built* (ARANTES, 2003).

Conforme visto anteriormente, é possível observar que todas estas etapas podem ser feitas com o auxílio da modelagem BIM. Assim como também citado anteriormente, é possível prever também economias com o uso deste sistema para instalações prediais do tipo hidrossanitárias. O uso do BIM também é estratégico para evitar possíveis interferências entre diferentes projetos por erros de compatibilização.

Com todos esses pontos positivos que o BIM pode apresentar para este tipo de sistema, é interessante entender quais são as principais deficiências que o sistema hidrossanitário apresenta atualmente. Isto pode ser identificado através da análise das principais patologias, das melhorias em representações de projetos, do levantamento dos principais itens pré-fabricados para projetos hidrossanitários e, por fim, pela composição de orçamento para este tipo específico de instalação.

3.1 Melhorias em Projetos Hidrossanitários

Silva e Cabral (2012) realizaram um estudo onde é possível comparar o quanto os engenheiros projetistas seguem as diretrizes da ABNT em relação a representações gráficas nos projetos. Como resultado da pesquisa, é possível observar que existe uma grande deficiência em seguir os padrões normatizados, fazendo assim com que haja um *déficit* entre o desenvolvimento do projeto e sua devida representação.

Problemas durante a fase de obras geralmente indicam possíveis falhas no desenvolvimento do projeto. Estes eventuais problemas podem surgir devido à pouca usabilidade da norma por parte do projetista, por representações gráficas confusas no projeto, ou por compatibilização incorreta com outros projetos. Arantes

(2003) desenvolveu uma análise onde é possível ver possibilidades de melhorias na representação de projetos hidrossanitários, como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Melhorias em projetos hidrossanitários.

1. Padronizar a apresentação (tipos de documentos, tamanho, símbolos, tipo de graficação, etc.)
2. Definir padrões de apresentação de detalhes construtivos, com apresentação desvinculada dos demais documentos, porém sempre referenciados;
3. Utilizar para os documentos dimensões que permitam o fácil manuseio em qualquer lugar (especialmente na obra);
4. Desenvolver especificação técnica para compra dos materiais e componentes;
5. Desenvolver o manual do usuário;
6. Ao final da obra elaborar projeto como <i>as-built</i> ;
7. Procurar formas de facilitar a visualização (plantas com elevações cotadas, perspectivas isométricas e vistas frontométricas cotadas)
8. Facilitar o entendimento do projeto evitando deixar as definições para o canteiro de obras (por exemplo, cotar a distribuição de hidráulicos em planta).

Fonte: Adaptado de Arantes (2003, p. 83).

A utilização do BIM pode ser um facilitador para suprir alguns desses *déficits*. Por se tratar de uma metodologia que permite uma análise sistêmica e completa das instalações prediais, é possível que seja desenvolvida uma padronização correta do projeto. Além disso, verificações de desempenho e sustentabilidade também podem ser analisadas, pois a metodologia consegue trabalhar de maneira integrada com a norma técnica.

Desta forma, pode-se concluir que ainda há muito a se evoluir através dos processos de padronização de projetos, e que de maneira geral o BIM é capaz de promover melhorias através de toda a cadeia automatizada que este tipo de sistema é capaz de proporcionar. Alguns dos pontos identificados pelo Arantes (2003) não

precisam necessariamente da utilização do BIM, como é o caso do manual do usuário supracitado. Entretanto, de maneira geral, pode-se concluir que o BIM é capaz de suprir boa parte das deficiências de representação de projetos.

3.2 Patologias em Projetos Hidrossanitários

A patologia é uma manifestação de erros que não atenderam aos quesitos de desempenho de um projeto. Infelizmente, indícios de patologias são comuns em sistemas hidrossanitários. Carvalho Júnior (2018) diz que 75% das patologias na construção civil são referentes a erros no sistema hidráulico e sanitário. Este *déficit* pode ocorrer na fase de projeto, de compra de materiais, de mão de obra não qualificada, por falta de compatibilização ou por falha na execução.

Em algumas dessas fases, a utilização do BIM pode evitar possíveis patologias no projeto. Gnipper e Mikaldo Jr. (2007) desenvolveram um levantamento que aborda as principais causas e patologias em instalações prediais hidrossanitárias decorrentes de falhas no projeto, que chega em cerca de 36% a 49%. Estes altos percentuais citados anteriormente estão muito relacionados com a pouca importância que é dada para desenvolver projetos hidrossanitários. Além disso, a busca pela máxima economia também interfere na qualidade da obra ao final.

Como resultado, estes tipos de projetos estão suscetíveis a patologias de curto a longo prazo. As causas das patologias podem ser diversas:

1. Patologia devido ao projeto devido a falhas no dimensionamento das tubulações e insuficiência de detalhes construtivos, que levam ao entendimento inadequado do projeto na etapa da execução. Além disso, também é observado falha na compatibilização entre projetos.
2. Patologia devido a execução por possíveis falhas e improvisações na obra. Estas falhas podem ocorrer devido a possíveis alterações no projeto ou pelas condições de produção no canteiro de obras.
3. Patologias devido a qualidade dos materiais e falhas do produto através de busca por economias que não são verdadeiramente eficientes. A escolha de

produtos mais baratos pode alterar a qualidade do projeto, além das suas condições de transportes que podem causar possíveis depreciações dos insumos.

4. Patologia devido a uso e manutenção também podem acontecer através do mau uso dos sistemas e do *déficit* de manutenções corretivas e preventivas. Arantes (2003) cita a necessidade de desenvolver manuais de usuários para evitar problemas de uso inadequado do sistema.

Através desta visão geral dos principais pontos é possível observar que as patologias se manifestam de diversas formas, entre elas o entupimento na própria tubulação; vazamentos, que pode ser aparente ou não; ruídos devido a oscilação de pressão e velocidade da água; oscilação de pressão devido a erros de dimensionamento; retornos de água ou de esgoto e mau cheiro devido a falta de colunas de ventilação ou sifões.

A tecnologia BIM pode ser um forte aliado para reduzir possíveis patologias neste setor, uma vez que os problemas supracitados podem ser cuidadosamente analisados através de recursos automatizados e suas modelagens. Erros de compatibilização podem ser anulados com o uso do BIM, além da possível automatização de processos na representação gráfica em projetos.

Diversas manifestações patológicas podem ser evitadas com o uso do BIM, e muitas delas podem ser evitadas ainda na fase de concepção do projeto. Pode-se concluir que o uso da metodologia proporciona melhor qualidade no desenvolvimento de projetos, tornando-se uma opção segura para o projetista que é capaz de reduzir erros a longo prazo.

3.3 Pré-fabricados de Projetos Hidrossanitários

Ao realizar a compra de itens pré-fabricados de sistemas hidrossanitários, como a compra de joelhos e registros, muitas vezes não são feitas a conferência do material e o armazenamento adequado. Desta forma, é um problema comum de que algumas dessas peças não atendem às especificações normativas e projetuais. A conferência destes materiais em campo poderia evitar não conformidades, como o

recebimento de peças danificadas. Como exemplo, algumas dessas peças podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1 - Materiais com avarias



Fonte: Borsato e Back (2015, p.16)

Alguns desses problemas ocorrem no processo de transporte destes materiais, que aumenta a possibilidade de entrega com avarias. Conforme citado no capítulo anterior, a modelagem permite que exista uma antecipação da solicitação destas peças, devido a perspectiva realista do quantitativo proporcionado por este processo automatizado. Desta forma, é possível observar que o uso do BIM é capaz de promover eficiências no canteiro de obras para itens pré-fabricados.

Utilizando o recurso do BIM o engenheiro de campo consegue desenvolver um melhor controle de qualidade de cada um desses itens. Souza e Mekbekian (1996) destacam que o controle da entrada e saída dos itens pré-fabricados são capazes de reduzir qualquer inconformidade no processo de aquisição dos materiais com o fornecedor. Isto é capaz de aumentar a eficiência do projeto, reduzir imprevistos causados pelas avarias e proporcionar uma maior economia na fase de execução.

Além disso, estes materiais podem ser armazenados de maneira incorreta no canteiro de obras, fazendo com que o canteiro de obras se torne mais desorganizado. Borsato e Back (2015) destacam em seu artigo que 30% dos danos nas peças hidrossanitárias são desenvolvidos durante o armazenamento dos mesmos. É importante observar que estes devem ficar separados por diâmetros, além de se ficarem em locais de fácil acesso e protegidos das intempéries, como sol e salinidade.

Com a exposição destes materiais de maneira inadequada, é possível observar que a qualidade do projeto como um todo pode ser comprometida, assim como o uso de materiais de qualidade inferior também interfere na qualidade do projeto. O BIM é capaz de proporcionar melhorias logísticas no canteiro de obra no que se refere ao armazenamento destes materiais, devido ao processo automatizado que busca por melhorias constantes.

3.4 Orçamentos em Projetos Hidrossanitários

O orçamento é definido como o processo técnico que visa prever o custo total de uma determinada prestação de serviço, de forma que seja utilizada todas as informações disponíveis no documento de um projeto. O desenvolvimento de um orçamento está sujeito a erros humanos que podem acarretar em grandes prejuízos se não forem previamente identificados. Além disso, o desenvolvimento de um orçamento também é um processo demorado e pode durar cerca de 50% à 80% do tempo para estimar os custos de um determinado projeto (SABOL, 2008).

Com o recurso da modelagem, tem se tornado mais fácil extrair dados de áreas e volumes, assim como a quantidade de materiais suficientes para preencher estes espaços. Eastman *et al* (2011) diz que isto é importante para o desenvolvimento de orçamentos mais assertivos, uma vez que a ferramenta BIM tem todas estas funcionalidades que dão o devido suporte para o desenvolvimento do processo de orçamentação.

Os projetos em BIM são vantajosos devido à capacidade de reduzir erros que surgem nos orçamentos e planejamentos, que podem ser causados por mudanças repentinas durante a execução da obra. Com foco específico em orçamentos o BIM 5D atua diretamente com isto, sendo este uma extensão do tridimensional em que as informações de custos são adicionadas à modelagem dos elementos construtivos.

No BIM 5D estas informações ficam armazenadas e podem ser atribuídas a novos projetos, fazendo assim com que seja um processo mais rápido para a elaboração de novos orçamentos. Este é um processo muito vantajoso, pois acelera a

capacidade de produção para a elaboração de novos projetos e inicia uma automatização de um processo repetitivo e cansativo.

O modelo 5D também apresenta vantagens pela capacidade em vincular dados de custo onde se apresenta os insumos de produção. Desta forma, este modelo é o modelo mais próximo entre as variações de orçamentos e o custo real da obra. Além disso, também existem funcionalidades que permitem possíveis alterações no orçamento sem a necessidade de novas contagens manuais.

No que diz respeito aos sistemas hidrossanitários em especial, é observado que com o uso do BIM é possível ter uma maior noção da metragem correta de tubulações que necessitam ser fornecidas, além do quantitativo mais preciso de peças específicas de utilização, como válvulas e registros. Tudo isto é muito importante para evitar gastos desnecessários com envio de produtos inadequados.

Ainda sobre sistemas hidrossanitários, também é observado que o recurso da modelagem é capaz de trazer quantitativos assertivos sobre a necessidade de movimentação de terra para a instalação da tubulação no solo. Esta é uma informação importante, pois com ela é possível prever o tempo que os funcionários precisam para se movimentar à terra e quais equipamentos também serão necessários. Pode-se concluir que além de economizar com o uso correto de equipamentos, também se torna possível economizar com o tempo de cada funcionário para esta atividade.

Com base em todas as informações prestadas, é possível concluir que a utilização do BIM é capaz de gerar economias para orçamentos em geral, e através da análise de três estudos de caso será possível observar cuidadosamente cada uma destas afirmações desenvolvidas pela literatura. Com exemplos práticos desenvolvidos em estudos de caso, é possível desenvolver dados capazes de mensurar a real economia que o BIM pode gerar na elaboração de projetos hidrossanitários.

CAPÍTULO 4:

MÉTODO E PROCEDIMENTO DE PESQUISA

A metodologia foi desenvolvida através de um comparativo entre três estudos de casos diferentes, um na cidade de Araraquara, no estado de São Paulo, um na cidade de Pato Branco, no estado do Paraná, e o outro em São Francisco, nos Estados Unidos. Entre eles existiam o desenvolvimento do sistema hidrossanitário com a utilização da metodologia BIM para a concepção do projeto até a fase de construção. Além disso, também foi realizado o orçamento de ambos os sistemas e a comparação da metodologia BIM e sem a metodologia BIM, para que fosse possível comparar qual solução é a mais viável ao desenvolvimento do projeto.

Em Araraquara, no estado de São Paulo, foi estudado um centro comercial de pequeno porte por uma construtora que atua há cerca de 27 anos na região. Em 2013, foi decidido adotar o BIM na modelagem de sistemas prediais. Desta forma, todos os projetos de instalação foram realizados utilizando a metodologia BIM. Inicialmente houve a atividade de subempreiteiros para o desenvolvimento do projeto, que por sua vez não utilizaram o BIM para desenvolver a orçamentação. Desta forma, é possível ter uma análise comparativa entre a construtora, que utilizou a metodologia BIM, e a subempreiteira, que não utilizou. Estas análises foram desenvolvidas através da elaboração de tabelas sobre os insumos e orçamentos dos sistemas hidrossanitários.

Já em Pato Branco, na cidade do Paraná, foi estudado um projeto em uma residência unifamiliar com área total de 326,45 m². Localizada em uma área próxima a diversos terrenos livres, a edificação conta com um segundo pavimento e a casa pode ser considerada de alto padrão pelo seu design arquitetônico. O estudo de caso levou em consideração todas as fases necessárias para a construção de uma casa, incluindo as instalações hidrossanitárias. Além disso, o principal objetivo foi desenvolver um comparativo entre orçamentos dos projetos desenvolvidos pelos *softwares* AutoCAD e Revit, que trabalham respectivamente com modelos 2D e 3D para a elaboração do projeto.

Por fim, em São Francisco, nos Estados Unidos, foi estudada a construção de um centro médico para o Camino Medical Group. O projeto contou com inúmeros engenheiros e arquitetos para o desenvolvimento ágil do empreendimento. Diversas etapas existiram para que o empreendimento fosse concebido, desde a etapa de fundação até as instalações prediais. Durante o desenvolvimento do projeto foram realizados orçamentos, além da análise comparativa de custos extras entre os projetos 3D e 2D. Outro ponto que merece destaque é que ao longo deste projeto foram necessários ajustes no projeto hidráulico, que levaram a custos mais altos em relação aos demais, mostrando que até para custos extras o uso do BIM pode ser vantajoso.

Com base na análise de três estudos de casos diferentes, é possível ter uma coleta de dados assertiva sobre a economia que o BIM pode proporcionar em sistemas hidrossanitários. É de se esperar que tais valores sigam um padrão de economia e que seja possível desenvolver gráficos e análises sobre tais dados. Desta forma, se torna possível concluir sobre a viabilidade do BIM para orçamentos de projetos hidrossanitários.

CAPÍTULO 5:

ESTUDO DE CASO

Três estudos de caso foram estudados a fim de se obter dados conclusivos sobre a economia com o uso da metodologia BIM. Dois dos estudos de caso analisados são do Brasil e outro nos Estados Unidos. Espera-se observar resultados de padrão de economia entre todos estes estudos supracitados. Ao final, serão desenvolvidos gráficos e tabelas comparativas com respectivos dados das possíveis economias que o BIM pode gerar em um projeto hidrossanitário.

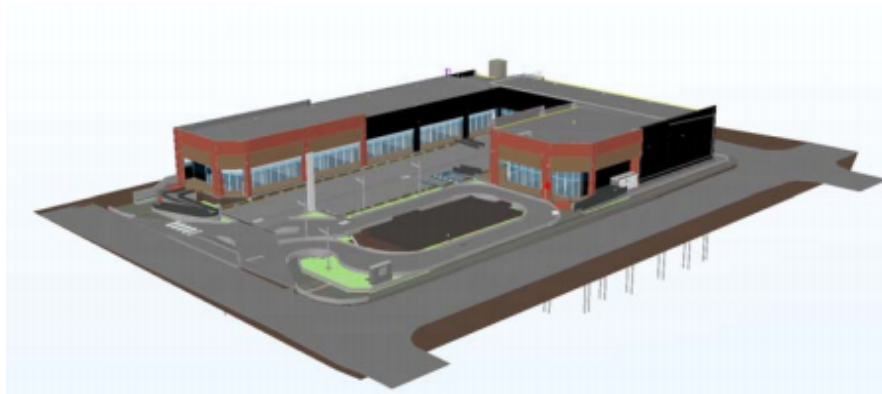
5.1 Centro Comercial em Araraquara

Na cidade de São Paulo está localizada uma construtora que atua no mercado há 27 anos. O estudo de caso destaca que esta é uma construtora de médio porte e que realiza obras em diversos segmentos da engenharia, contando com um acervo total de aproximadamente 2.000 obras. A metodologia BIM foi aderida por esta empresa em 2013 e teve o principal objetivo que o departamento BIM trabalhasse de maneira conjunta com o departamento de orçamentos.

A principal motivação da aderência ao BIM pela empresa é em desenvolver o conceito de modelagem para evitar possíveis interferências no projeto, além de trazer maior confiabilidade e reduzir prazos da obra. Em 2015, este processo de modelagem passou a contar também com a modelagem de sistemas prediais. Isto daria a construtora em questão um maior detalhamento de quantitativos que seriam necessários para a execução do empreendimento.

O empreendimento em questão se trata de um centro comercial com área construída aproximada de 1500m², contando com 18 lojas e vagas de estacionamento a céu aberto. Este empreendimento fica localizado na cidade de Araraquara, no estado de São Paulo. O empreendimento foi modelado com o auxílio do BIM e pode ser visualizado na Figura 2.

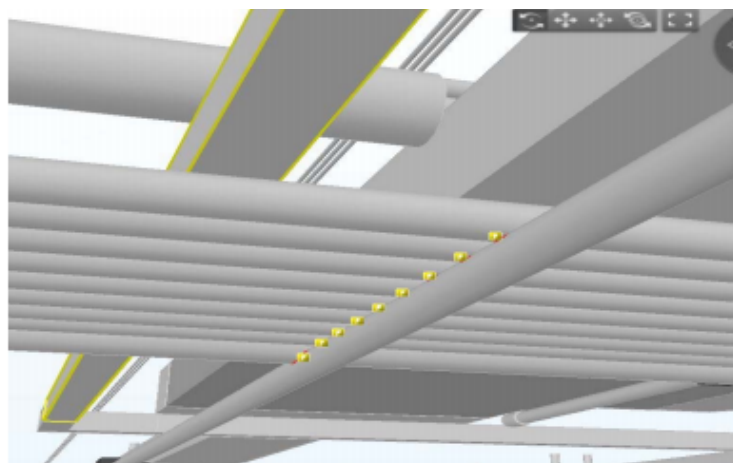
Figura 2 - Centro comercial do estudo de caso



Fonte: Gueretta e Santos (2015, p.4)

A modelagem foi devidamente realizada em todas as instalações prediais elétricas e hidrossanitárias. Ao final, foram verificados cerca de 148 pontos de interferência entre as instalações prediais, o estrutural e o arquitetônico. Todas essas interferências foram identificadas de uma vez só, e isto levou a necessidade de apenas uma revisão de projeto. Os engenheiros responsáveis relataram que assim houveram melhores soluções de engenharia para os problemas identificados. Algumas dessas interferências foram expostas no estudo de caso, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Interferências do estudo de caso



Fonte: Gueretta e Santos (2015, p.5)

No que diz respeito ao orçamento, foi identificado que a construtora desenvolveu o seu próprio orçamento, além de contar com cinco subempreiteiros para realizar também o orçamento. Devido a modelagem das instalações prediais, foi possível extrair o quantitativo de tubulações e conexões do encanamento. Esta perspectiva realista facilitou o desenvolvimento do orçamento por parte da construtora, além de proporcionar uma maior disparidade entre o orçamento da construtora e das subempreiteiras selecionadas.

Dos cinco empreiteiros selecionados, apenas três retornaram com suas respectivas propostas. Desta forma, é possível observar na Tabela 1 a quantidade total de insumos através de um comparativo entre a construtora e as subempreiteiras, além da geração dos percentuais de desvio padrão entre cada um desses itens.

Tabela 1 - Quantitativo de insumos e desvio padrão

	Modelo BIM	Instaladora A	Instaladora B	Instaladora C
Tubos de PVC marrom soldável (m)				
TOTAL	1.584	1.812	2.178	1.505
DIFERENÇA %	0,00%	14,39%	37,50%	-4,99%
Conexões de PVC marrom soldável (peça)				
TOTAL	241	0	121	375
DIFERENÇA %	0,00%	-100,00%	-49,79%	55,60%
Tubos de PVC tipo série R (m)				
TOTAL	480	490	540	360
DIFERENÇA %	0,00%	2,08%	12,50%	-25,00%
Conexões de PVC tipo série R (peça)				
TOTAL	241	0	216	0
DIFERENÇA %	0,00%	-100,00%	-10,37%	-100,00%

Fonte: Adaptado de Gueretta e Santos (2015, p.8)

Ao final, o estudo de caso concluiu que houveram grandes diferenças em relação ao que foi previsto pela construtora e pelas empreiteiras. Essa diferença entre resultados levou a necessidade de uma análise mais profunda através da análise

orçamento, de forma em que os quantitativos de insumos foram quantificados financeiramente. Entretanto, para realizar este estudo mais aprofundado, a construtora desconsiderou a Instaladora C devido a falta de dados referentes ao valor da mão de obra.

Além disso, é importante observar que os valores obtidos pela construtora foram quantificados através do modelo BIM. Esta análise de orçamento pode ser visualizada na Tabela 2.

Tabela 2 - Orçamento de estudo de caso

	Modelo BIM	Instaladora A	Instaladora B
Tubos e conexões de PVC marrom soldável	R\$ 6.548,65	R\$ 8.088,22	R\$ 12.001,92
Tubos e conexões de PVC tipo esgoto	R\$ 2.916,73	-	-
Tubos e conexões de PVC tipo série R	R\$ 20.691,04	R\$ 51.733,89	R\$ 22.495,80
Tubos e conexões de cobre	R\$ 8.681,66	-	R\$ 16.540,80
Tubos de aço carbono	R\$ 5.650,48	R\$ 16.753,87	R\$ 4.408,00
Conexões de ferro maleável classe 10 galvanizada	R\$ 1.248,60	-	-
Total Hidráulica	R\$ 45.737,16	R\$ 76.575,98	R\$ 55.446,52

Fonte: Adaptado de Gueretta e Santos (2015, p. 9)

O estudo de caso mostra através de seus resultados que a diferença é nítida entre as quantidades estimadas pela construtora e as quantidades estimadas pela instaladora. Desta forma, o estudo destaca que a metodologia utilizada pelas instaladoras não está diretamente relacionada com os quantitativos do projetos, fazendo com que exista uma falha entre a expectativa previamente orçada e a realidade. Este mesmo efeito também ocorre em relação às instalações elétricas, que também foram objetos de estudo deste artigo.

Como conclusão, foi possível obter diversos ensinamentos a respeito do estudo de caso pelo uso da metodologia BIM:

1. Com o uso do BIM, fica claro um ganho de poder que a construtora tem na negociação devido a este processo de orçamentação. Afinal, esta é uma parte essencial para o processo de proposta das subempreiteiras;
2. A construtora também ganhou uma maior agilidade nas atividades de compatibilização e coordenação dos diversos projetos envolvidos (estruturais, instalações e arquitetônico). No modelo tradicional, isto só seria possível no canteiro de obras após a mobilização da equipe;
3. A precisão dos quantitativos supracitados foram precisos com o uso do BIM, e isto foi um fator diferencial para o modo de contratação dos subempreiteiros. Após a análise desses dados, a construtora decidiu assumir responsabilidade na compra dos componentes prediais, de modo que a subempreiteira ficou responsável apenas pela mão de obra. Isto gerou uma economia de R\$577.055,60 para a construtora;
4. Também foi alterado o processo de cadeia de suprimentos em relação a compra de novos produtos. A construtora conseguiu firmar parcerias com fornecedores específicos com o objetivo de atender a demanda da mudança de contrato com a subempreiteira.

Por fim, a maior conclusão deste estudo de caso é que existe um enorme potencial para as subempreiteiras em adotarem a metodologia BIM. Não é de interesse das construtoras assumirem esta responsabilidade dessas atividades específicas. Além disso, a construtora em questão também destaca a importância da necessidade de transparência com as instaladoras, para que novos contratos possam ser devidamente firmados em próximas experiências.

Empresas responsáveis pelas instalações prediais assumiram uma posição muito mais valiosa com a implementação do BIM em seu processo de produção de projetos. Afinal, o processo BIM tem como principal objetivo que as empresas trabalhem de forma colaborativa e interoperável, fazendo com que o processo consiga ser devidamente integrado para todos os setores.

5.2 Residência Unifamiliar em Pato Branco

Em Pato Branco, no estado do Paraná, foi desenvolvido um projeto para uma residência unifamiliar em uma área mais remota da cidade, em um terreno de área total de 766 m². A área é cercada por terrenos livres e algumas casas pela redondeza, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Terreno utilizado para a concepção do projeto



Fonte: Silva e Comparim (2016, p.37)

Neste terreno foi-se planejado o desenvolvimento de uma casa com primeiro e segundo pavimento, sendo estes distribuídos em primeiro pavimento de área de 326,45 m² e no segundo pavimento contando com 36,55 m² de área, totalizando 363 m². O projeto foi feito tanto pelo Revit quanto pelo AutoCAD pelo arquiteto Derli José Fischer. Inicialmente, o estudo de caso destaca que o projeto no AutoCAD apresenta menos detalhamentos que o Revit. O recurso da modelagem garante uma boa percepção do projeto e do padrão da casa que o arquiteto deseja alcançar, que pode ser visualizado através da Figura 5.

A construção conta com três suítes ao longo da casa, e com cômodos que são capazes de revelar o padrão da casa, como piscina com *deck*, salão de festa, churrasqueira, *closet*, sala de lareira, biblioteca e um amplo gramado. Essas facilidades na casa garantem o bem estar dos moradores e são bem distribuídas ao

longo de toda a área construída da casa, fazendo com que todos os cômodos sejam bem projetados pelo arquiteto. A casa conta com padrões de acabamento elevados, como o uso de vidros e madeiras e isto poderia reduzir a privacidade dos moradores. Como a casa fica em uma área remota da cidade é possível que o morador possua privacidade neste ambiente projetado.

O estudo de caso também destaca que houveram problemas de compatibilização entre alguns dos componentes que puderam ser bem analisados quando o projeto foi desenvolvido na modelagem. O principal objetivo deste estudo de caso foi comparar o orçamento proporcionado entre ambos os *softwares* para se obter um comparativo entre tais valores. O orçamento foi desenvolvido e referenciado pelo sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil (SINAPI) referente ao mês de março de 2015. A SINAPI apresenta amplas tabelas com dados de insumos atualizados mensalmente para engenheiros orçamentistas.

Figura 5 - Projeto da residência pelo Revit



Fonte: Silva e Comparim (2016, p.41)

Para dar início ao processo de compatibilização do canteiro de obras, foi elaborado o fluxograma do canteiro de obras. O principal objetivo foi para que houvesse uma maior disposição física no *layout* entre funcionários, materiais e equipamentos. O resultado final é que houvesse um menor tempo de espera entre as atividades e uma maior eficiência no desenvolvimento da obra. O uso do Revit facilitou este processo, uma vez que foi possível obter maiores informações sobre os materiais de

cada elemento, o tipo de revestimento e suas características utilizado em cada área da casa.

O estudo de caso destaca que estas informações são essenciais para o desenvolvimento do orçamento, uma vez que o *software* é capaz de armazenar tais informações. Para o projeto hidrossanitário foram utilizados os *softwares* AltoQi e QiBuilder, que são capazes de antecipar dados de dimensionamento. Após a coleta desses dados, o projeto foi transferido para o Revit, com o objetivo de auxiliar na modelagem.

A obtenção dos quantitativos é a primeira etapa para o desenvolvimento do orçamento. Como o objetivo deste estudo de caso foi comparar orçamentos entre BIM e Revit, os dados quantitativos dos insumos dos mesmos foram extraídos de ambos os *softwares* e foi-se desenvolvida uma tabela comparativa entre eles. Como o objetivo foi a comparação em si, não foram levadas em consideração percepções do 3D que não pudessem ser observadas no 2D. Ao final, foi observado que alguns dos serviços não apresentaram variações, enquanto outros apresentaram, como foi o caso da atividade da atividade de chapiscagem na alvenaria, por exemplo.

Em relação ao projeto completo de levantamento da casa, foi observado uma variação percentual de 7,27%, de forma que o projeto compatibilizado através do Revit apresentou uma economia de R\$32.722,88. No que diz respeito ao projeto hidrossanitário, esta diferença não foi observada. Foi observado o mesmo valor para ambas as atividades, que custaram R\$46.241,05. Os maiores detalhamentos de cada um desses itens, que não houveram alterações, podem ser observados na Tabela 3.

Ao final, os autores desenvolvem uma série de recomendações para o desenvolvimento de projetos mais econômicos, como a utilização de novos *softwares* para o processo de compatibilização do projeto; a extração do resumo de consumos entre materiais orçados em programas 2D e 3D; a necessidade de estimar os prejuízos que a falta de detalhamento pode causar durante a fase de obra e a necessidade de desenvolver uma matriz de elaboração entre sistemas e subsistemas encontrados em um projeto.

Tabela 3 - Orçamento de estudo de caso

INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS			
INSUMOS	CUSTO DO SERVIÇO – AUTOCAD	CUSTO DO SERVIÇO - REVIT	DIFERENÇA PERCENTUAL
CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 1000 LITROS.	R\$1.700,00	R\$1.700,00	-
CISTERNA COM BOMBA	R\$3.500,00	R\$3.500,00	-
TUBULAÇÃO DE PVC ÁGUA FRIA MARROM 25MM (3/4")	R\$2.500,00	R\$2.500,00	-
CONEXÕES DE PVC ÁGUA FRIA MARROM 25MM (3/4")	R\$1.585,13	R\$1.585,13	-
CAIXA SIFONADA, PVC, DN 100 X 100 X 50 MM, JUNTA ELÁSTICA	R\$167,70	R\$167,70	-
LIGAÇÃO DOMICILIAR DE ESGOTO DN 100MM, DA CASA ATÉ A CAIXA	R\$1.200,00	R\$1.200,00	-
TUBO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40, 50, 100, 150 MM, FORNECIDO E INST	R\$6.000,00	R\$6.000,00	-
CONEXÕES DE PVC ESGOTO (40MM, 50MM, 100MM)	R\$831,3	R\$831,3	-
CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 50MM COM TAMPA	R\$9.889,20	R\$9.889,20	-
CAIXA DE INSPEÇÃO 90X90X80CM EM ALVENARIA - EXECUÇÃO	R\$4.731,80	R\$4.731,80	-
BOMBA RECALQUE D'ÁGUA TRIFÁSICA 1,5HP	R\$1.755,92	R\$1.755,92	-
MISTURADOR 25 X 3/4 FFF	R\$1.880,00	R\$1.880,00	-
INSTALAÇÕES DE ÁGUA QUENTE, CONEXÕES E TUBULAÇÃO	R\$10.500,00	R\$10.500,00	-
TOTAL	R\$46.241,05	R\$46.241,05	-

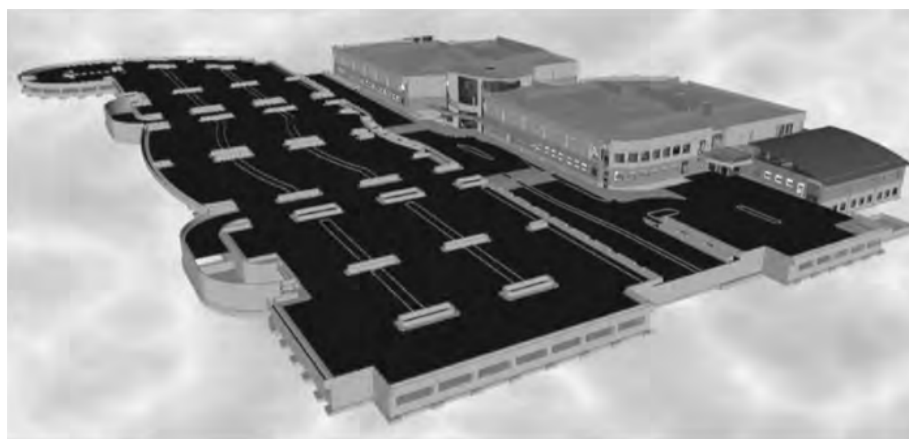
Fonte: Adaptado de Silva e Comparim (2016, p.82-89)

5.3 Centro Médico em São Francisco

O terceiro estudo de caso é referente à construção de um centro médico em Mountain View, Califórnia, na baía de São Francisco. Nesta localidade, foi criado um centro médico para o Camino Medical Group (CMG). O maior destaque deste estudo de caso é através do cronograma eficiente e fiel ao esperado. O gerente do empreendimento, John Holms, teve um papel fundamental nisso através da utilização da metodologia 3D em conjunto com técnicas de modelagem enxuta. Desta forma, o centro médico conseguiu ser finalizado rapidamente, em seis meses antes do atendimento do centro médico ao público.

Através da Figura 6 pode-se ter uma maior percepção sobre a complexidade e estrutura do centro médico. O empreendimento conta com 1.100 vagas de estacionamento, uma área de 39.086 m² e 110 profissionais de saúde atuando em clínicas de cirurgia, farmácia, laboratório e serviços de emergência. Desta forma, é possível concluir que este é um projeto de grande complexidade. Diversos itens de instalações prediais devem ser desenvolvidos para que o projeto fosse assertivo em suas fases de construção.

Figura 6 - Projeto do centro médico



Fonte: Eastman *et al.* (2011, p.352)

A equipe de projetos iniciou o empreendimento pelo modelo tradicional de projetos, o modelo 2D, e só depois iniciou o modelo 3D para o empreendimento. Como a agilidade de entrega era algo fundamental para o desenvolvimento do projeto, foi

decidido que a construção seria iniciada antes do detalhamento do projeto. De maneira similar ao estudo de caso em Araraquara, existiam barreiras referentes a subempreiteira e a construtora, de modo que o modelo tradicional impediria que as subempreiteiras fornecessem detalhes no projeto antes de finalizar o processo de concorrência. Algo que foi essencial para o desenvolvimento deste processo foi o alinhamento sobre a necessidade da vivência com a modelagem, pois seria utilizado neste empreendimento.

Após a tomada de decisão referente às subempreiteiras, foi solicitado a cada um dos subempreiteiros detalhamentos sobre o projeto das instalações elétricas e hidráulicas no 3D. O principal objetivo foi para que os 3Ds das instalações fossem mesclados com o projeto arquitetônico e estrutural. As equipes que não tinham tanta vivência com projetos tridimensionais foram requisitadas a delegar esta modelagem a outras empresas. Diante disso, este processo de mudança entre o 2D e 3D simultaneamente permitiu que fosse possível desenvolver o projeto com ambas as perspectivas, sendo possível assim obter uma comparação assertiva entre o modelo tradicional e integrado. Para os projetos hidráulicos foi utilizado o *software* Piping Designer 3D, diferente do estudo de caso em Pato Branco, que utilizou o QIBuilder.

O uso do modelo virtual facilitou a colaboração mais estreita entre as partes interessadas. Foi uma solução interessante para o cliente, os projetistas e a construtora. O estudo de caso cita alguns benefícios em especial, como a tomada de decisões ainda na fase do projeto, a ausência de desentendimento entre as diferentes equipes, os profissionais de saúde do centro médico puderam visualizar o projeto e um bom planejamento logístico na concepção do projeto.

Voltando ao quesito de subempreiteiros, pode-se reforçar que houveram dificuldades em relação aos projetos realizados em 2D e 3D. Para isso, foi utilizado um *software* em especial, capaz de detectar interferências entre os mais diferentes projetos. Além disso, como envolvia um trabalho com mais de um subempreiteiro, foi necessário adoção de práticas para facilitar o desenvolvimento do projeto. Entre eles, pode-se citar o uso de escalas comuns, a adoção de um mesmo ponto de referência, padronizações de cores e outros processos que foram fundamentais para evitar quaisquer falhas de comunicação.

Em relação ao orçamento, foi utilizado o modelo 3D para calcular o custo extra do projeto em relação aos imprevistos que surgiram na obra. Além disso, também foi desenvolvido o orçamento para produzir no 2D. Desta forma, foi possível obter uma percepção de comparativo entre as duas partes até mesmo em situações emergenciais de ajustes. No que diz respeito às instalações hidrossanitárias, o estudo de caso destaca que houve situações de retrabalho devido a alguns objetos que não conseguiram ser modelados no 3D, como o caso de pequenas tubulações e suportes para tubulações no geral.

Isto resultou no custo extra do orçamento citado anteriormente, mas que poderia ter sido um prejuízo muito maior se não houvesse a modelagem, devido ao fato de que o melhor detalhamento foi o principal fator responsável por acelerar o progresso da obra e reduzir a sua duração. Desta forma, o estudo de caso ainda destaca que apesar deste imprevisto ter sido visto negativamente por parte da subempreiteira de hidráulica, ainda assim foi um resultado positivo para todas as outras devido a possibilidade de analisar antecipadamente estes imprevistos.

Este custo extra foi visualizado no orçamento e foi devidamente comparado nos modelos 2D e 3D. O valor extra previsto para o hidráulico foi de USD 200.000 no 3D, e USD 296.400 no 2D. Nesse valor, foi previsto adições de tubulação, suporte às tubulações, cintamento sísmico para coordenar com outras disciplinas, detalhamentos e coordenação.

Desta forma, é possível ter o comparativo de possíveis economias com o uso da modelagem e sem a modelagem. De maneira integrada à construção enxuta, é possível dizer que o modelo BIM atingiu resultados satisfatórios para este empreendimento. Por fim, pode-se concluir que o estudo de caso mostra as vantagens de sucesso que é possível obter com a utilização do BIM. Este estudo de caso é destaque no livro Manual BIM, desenvolvido por Chuck Eastman, e foi destaque também em outras literaturas da engenharia. Este é um exemplo de sucesso de como o BIM pode ser uma ferramenta de economia para projetos de engenharia e arquitetura.

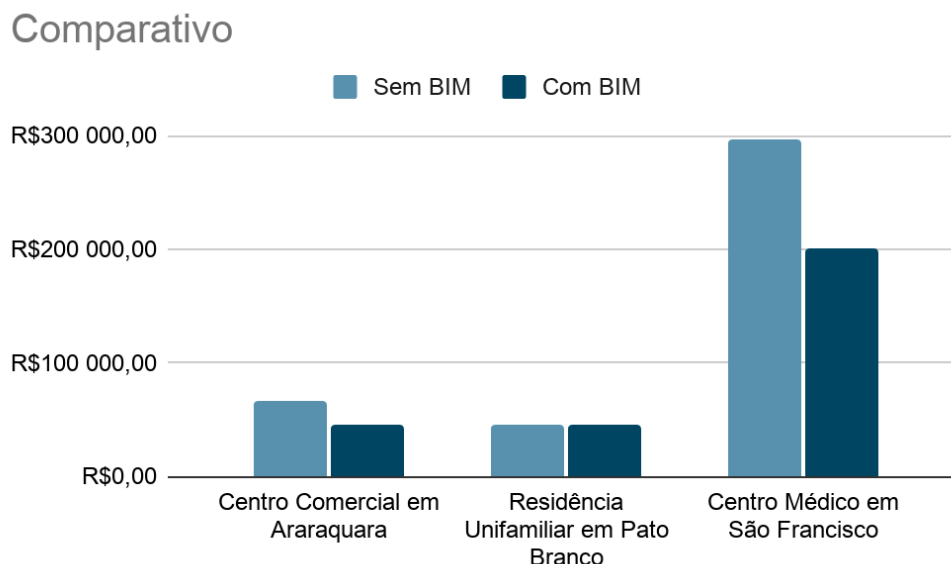
CAPÍTULO 6:

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos estudos de caso desenvolvidos anteriormente é possível verificar que todos eles apresentam economias significativas com o BIM, mas que não são necessariamente conectados aos sistemas hidrossanitários, como é o caso do residencial em Pato Branco. Entretanto, ao avaliar o estudo de caso em São Francisco, é possível observar que o sistema hidrossanitário foi onde apresentou a maior economia em relação ao uso do BIM.

Cada estudo de caso traz suas respectivas peculiaridades, mas que podem ter suas informações exportadas através de um gráfico que visa abordar a projeção de economia na elaboração de sistemas hidrossanitários em um comparativo de valores estimados com o BIM e sem o BIM de cada um dos estudos de caso, como mostrado na Figura 7. É importante citar que para o estudo de caso do Centro Comercial de Araraquara foi adotado o valor médio estipulado pelas Instaladoras A e B, sendo este de R\$ 66.011,25.

Figura 7 - Comparativo de estudos de caso



Fonte: Autora (2021)

É importante observar na Figura 7 que o estudo de caso do Centro Médico em São Francisco apresentou uma maior disparidade em relação aos demais por se tratar de um centro médico com um alto grau de complexidade, onde conta com centros de internação, farmácias e consultórios médicos. Conforme descrito anteriormente, o estudo de caso de Pato Branco não apresentou diferenças no sistema hidrossanitário. Por se tratar de uma residência unifamiliar não existe um expressivo grau de complexidade e é preciso levar em consideração este fator para este estudo de caso. Por isso, não foram observadas diferenças.

Com isso, outra análise possível a ser desenvolvida é a comparação entre a complexidade do projeto e o percentual de economia, uma vez que os projetos de maior complexidade apresentaram uma maior economia, enquanto que os mais simples não apresentaram economia significativa. Isto nos leva a conclusão de que é muito interessante que obras com um alto grau de complexidade adotem a metodologia BIM, pois os dados indicam que a chance de obter economias neste tipo de cenário é muito maior. É interessante analisar o percentual de economia entre todos os estudos de caso supracitados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados de economia e complexidade

Estudo de caso	Complexidade do projeto	Economia (%)
Centro Comercial em Araraquara	Média - 1500 m ² com 18 lojas e vagas de estacionamento	44,32%
Residência Unifamiliar em Pato Branco	Baixa - 363 m ² em residência unifamiliar simples	0,00%
Centro Médico em São Francisco	Alta - 39.086 m ² com clínicas de cirurgia, farmácia, laboratório e serviços de emergência.	48,20%

Fonte: Autora (2021)

O estudo de caso de Pato Branco apresenta, além de observação referente a baixa complexidade do projeto, outro destaque de que a aplicação da metodologia BIM foi totalmente conduzida por um arquiteto, enquanto que os estudos de Araraquara e de São Francisco foram conduzidos por uma equipe composta por engenheiros e arquitetos trabalhando simultaneamente com o recurso da modelagem. Contar com

apenas um profissional é exatamente o oposto que a metodologia BIM propõe, que visa um trabalho integrado através de uma equipe multidisciplinar. Informações sobre a distribuição de funcionários atuando com a metodologia BIM podem ser visualizadas no Quadro 2, sendo analisadas para cada estudo de caso.

Quadro 2 - Distribuição das equipes BIM

Estudo de caso	Arquiteto	Projetista de instalações	Engenheiro de instalações - Campo	Orçamentista
Centro Comercial em Araraquara	X	X	X	X
Residência Unifamiliar em Pato Branco	X			
Centro Médico em São Francisco	X	X	X	X

Fonte: Autora (2021)

Outra conclusão que pode ser obtida analisando os dados do Quadro 2 diz respeito ao percentual de economia que foi obtido no Centro Comercial em Araraquara e no Centro Médico em São Francisco. Estes projetos foram executados em países diferentes e mesmo assim o percentual de economia assume valores semelhantes e respectivos a 44,32% e 48,20%. Estes dados podem mostrar que existe uma tendência de economia de aproximadamente 45% com o recurso do BIM. Entretanto, é importante observar que apenas dois estudos de caso não são suficientes para chegar a uma conclusão de um valor exato da economia percentual.

Ainda assim, vale insistir na constatação de que o uso do BIM é uma alternativa econômica para projetos hidrossanitários, especialmente para projetos que apresentam um nível significativo de complexidade. Conforme citado anteriormente, esta monografia objetiva o desenvolvimento de uma tabela resumo com as principais diferenças e peculiaridades de cada um destes estudos de caso, para que seja possível a obtenção de um panorama geral sobre cada um dos estudos de caso. Os resultados podem ser observados na Tabela 5 deste material e pode ser concluído que o BIM é uma solução econômica para o desenvolvimento de projetos hidrossanitários. A Tabela 5 apresenta uma análise entre a complexidade dos

projetos, a equipe responsável pelas diretrizes BIM, se existiu a presença de subempreiteiras para executar a obra e o percentual de economia que cada sistema hidrossanitário apresentou.

Tabela 5 - Tabela-resumo

Estudo de caso	Centro Comercial em Araraquara	Residência Unifamiliar em Pato Branco	Centro Médico em São Francisco
Tipo	Comercial	Residencial	Hospitalar
Área (m ²)	1.500	363	39.086
Equipe BIM	Arquiteto Projetista de instalações Engenheiro de obra de instalações Engenheiro orçamentista	Arquiteto	Arquiteto Projetista de instalações Engenheiro de obra de instalações Engenheiro orçamentista
Subempreiteira?	Sim	Não	Sim
Complexidade	Média	Baixa	Alta
Economia (%)	44,32%	0,00%	48,20%
Conclusão	O uso do BIM permitiu uma maior capacidade de negociação com as Instaladoras A e B	Houve uma economia de 7,37% com o BIM em relação ao levantamento das paredes, mas não em relação ao hidrossanitário em si.	O BIM não foi prever pequenas tubulações e detalhamentos. Isto gerou retrabalho, mas ainda assim os dados confirmam que é economicamente viável utilizar a metodologia.

Fonte: Autora (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os estudos de casos proporcionam a capacidade de novas perspectivas de análise sobre os benefícios da utilização do BIM. Sem dúvidas, o BIM está atrelado ao futuro da engenharia multidisciplinar, atuando como um facilitador na execução de projetos e como um redutor de possíveis erros de compatibilização, diminuindo assim a possibilidade de retrabalhos ao longo do percurso. Isto é fundamental para que as atividades de campo sejam mais assertivas e que precisem passar por menos modificações.

Analisando o estudo de caso do centro comercial de Araraquara é possível destacar que o BIM pode atuar como um instrumento por parte da construtora para o processo de orçamentação com as subempreiteiras. Além disso, também traz considerações sobre a maior agilidade que a metodologia proporciona através das atividades de coordenação, compatibilização e processo da cadeia de suprimentos para a obtenção de novos produtos. Estas são aquisições importantes para as empresas e são responsáveis por maiores lucratividades nas construções.

O estudo de caso da Residência Unifamiliar em Pato Branco traz recomendações sobre a utilização de novos *softwares* com funcionalidades específicas de analisar possíveis erros de compatibilização entre projetos, além da funcionalidade de extração do quantitativo de insumos orçados nos programas 3D que visem facilitar o processo de orçamentação. O estudo também considera a necessidade de desenvolver uma matriz de elaboração entre sistemas e subsistemas encontrados em um projeto.

Por fim, o estudo de caso do Centro Médico em São Francisco destaca que o modelo 3D foi capaz de analisar o custo extra de imprevistos que surgiram nas obras. Além disso, implicitamente o estudo mostra que houveram situações de trabalho com o uso do 3D por alguns objetos que não conseguiram ser inseridos, mostrando implicitamente que existem ainda necessidades de melhorias para pequenos detalhamentos.

Com uma síntese destas informações, é possível ver que é de responsabilidade do engenheiro projetista de instalações hidrossanitárias analisar qual *software* deve ser utilizado de acordo com a sua necessidade momentânea. Isto é capaz de reduzir possíveis imprevistos e facilita a obtenção do resultado final daquilo que se deseja, seja este por calcular insumos antecipadamente, por analisar possíveis interferências ou por qualquer outro motivo que seja conveniente ao projetista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Tatiana Godim do. **Gerenciamento do Ciclo do Processo de Projeto. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído.** Florianópolis, 2006.

ARANTES, Gerson Antonio Lisita Lopes. **Modelo de Avaliação e Lista de Verificação para Projetos de Sistemas Hidrossanitários Prediais.** Santa Catarina, 2003.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas.** Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 14645: Elaboração do "como construído" (as built) para edificações.** Rio de Janeiro, ABNT, 2001.

BENNING, P. et al. **Inpro Framework for Collaboration.** Inpro Consortium, 2010.

BORSATO, F.; BACK, N. **AVALIAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DE EXECUÇÃO DOS SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS.** UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2015.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto. **Patologias em sistemas prediais hidráulico-sanitários.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

CASTRO, L. **Aplicação do Building Information Modeling (BIM) em Projetos de Infraestrutura nas Fases Pré-completion e/ou Post-completion.** Monografia para obtenção de grau de Especialista. Escola Nacional de Administração Pública, 2019.

EASTMAN, C. et al. **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** 2a. ed., Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

EASTMAN, CHARLES; FISHER, DAVID; LAFUE, GILLES et al. **An Outline of the Building Description System.** Institute of Physical Planning, 1974.

FUNDAMENTOS BIM - **Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/** Câmara Brasileira da Indústria da Construção.- Brasília: CBIC, 2016.

GEROLLA, G. **O Brasil - universidades, projetistas, arquitetos, engenheiros - está preparado para o BIM?** AU - Arquitetura e Urbanismo, v. 208, p. 16-17. São Paulo, 2011.

GUERRETTA, L. F.; SANTOS, E. T.; **Comparação de orçamento de obra de sistemas prediais com e sem utilização de BIM.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais do VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Porto Alegre: ANTAC, 2015.

GNIPPER, Sérgio Frederico; MIKALDO JR, Jorge. **Patologias frequentes em Sistemas Prediais Hidráulico-Sanitários e de Gás Combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto**. Anais do VII Workshop brasileiro de gestão do processo de projetos na construção de edifícios. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2007.

GOEDERT, James Dean; MEADATI, Pavan; **Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling**. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE. Julho, 2008. Vol. 134, p. 509 – 516.

MENEZES, GILDA LÚCIA BAKKER BATISTA DE. **Breve histórico de implantação da plataforma BIM** - DOI: 10.5752/P.2316-1752.2011v18n22p152. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v. 18, n. 22, 2011.

NEDERVEEN, G.; TOLMAN, F. **Modelling multiple views on buildings**. Automation in Construction, v. 1, n. 3, 1992.

PENTTILÄ, H. **Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression**. Electronic Journal of Information Technology in Construction, v. 11, p. 395-408, 2006.

ROSSO, S. M. **Especial - BIM: quem é quem**. AU - Arquitetura e Urbanismo, v. 208, p. 61-64. São Paulo, 2011.

SABOL, L. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling**, 2008. Disponível em: <
http://www.dcstrategies.net/files/2_sabol_cost_estimating.pdf>..

SACKS, R. **Evaluation of the economic impact of computer-integration in precast concrete construction**. Journal of Computing in Civil Engineering, v. 18, n. 4, p. 301-312, 2004.

SILVA, J. L.; COMPARIM, L. L. **Estudo de caso: Análise comparativa do orçamento e planejamento de uma residência unifamiliar utilizando as ferramentas Autocad e Revit**. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Pato Branco, 2016.

SILVA, L.; CABRAL, Y. **Normas Técnicas da ABNT para Representação Gráfica de Projetos de Construção Civil: Aplicabilidade x Prática de Projetistas**. VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Tocantins, 2012.

SOUZA, R. E MEKBEKIAN, G. **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras**. São Paulo, 1996.

YOUNG, N. W.; JONES, S. A.; BERNSTEIN, H. M. (2008). **Building Information Modeling (BIM)-Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity**. SmartMarket Report, 48.