

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ENGENHARIA CIVIL

SACHA FERNANDES PEREIRA

LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVO A PARTIR DE UMA FERRAMENTA BIM

NATAL/RN
2018

SACHA FERNANDES PEREIRA

LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVO A PARTIR DE UMA FERRAMENTA BIM

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Msc. Sandra Albino Ribeiro

NARAL/RN

2018

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Pereira, Sacha Fernandes.

Levantamento de quantitativo a partir de uma ferramenta BIM / Sacha Fernandes Pereira. – Natal, 2018.
61 f.

Orientadora: Profa. M.Sc. Sandra Albino Ribeiro.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte.

1. BIM – Monografia. 2. Construção Civil – Monografia. 3. Arquitetura – Monografia. 4. Revit – Monografia. I. Ribeiro, Sandra Albino. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

Larissa Inês da Costa (CRB 15/657)

SACHA FERNANDES PEREIRA

LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVO A PARTIR DE UMA FERRAMENTA BIM

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Sandra Albino Ribeiro

Prof. Orientadora

Prof. Dra. Josyanne Pinto Giesta

Banca externa

Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa

Coordenador de TCC

A Deus por me dar tudo! Aos meus pais e irmãos que sempre me apoiaram e empenharam-se em me conceder a base para seguir sem nunca cair. Aos meus Mestres, pela paciência e dedicação. Aos meus amigos que sempre incentivaram. A cada um que, de alguma forma, esteve presente, me ajudando a construir o meu futuro para eu ser cada dia maior.

AGRADECIMENTO

A Deus por me prover a sabedoria de buscar pela minha verdadeira natureza, tornando-me grande sem jamais perder a minha essência. ELE que me concedeu todas as ferramentas necessárias nessa jornada, pela força e disciplina necessárias para dedicar-me diariamente ao ofício que escolhi seguir.

Ao presente mais precioso que Deus me deu: minha família! Agradeço aos meus pais por nunca terem desistido de mim e sempre se empenharem no meu crescimento. Por cada gota de suor derramado para prover lar, alimento e educação de qualidade a mim. Por sempre terem me estimulado a estudar mostrando que esse quase nunca é o caminho mais fácil, porém é sempre o mais promissor. Obrigada também por me darem os meus melhores amigos: os meus irmãos. A esses, sou grata pelo companheirismo, parceria, lealdade e, principalmente, pela paciência. Agradeço a minha vó, essa que certamente foi a que mais orou a Deus pela minha felicidade, sucesso e alcance de todas as minhas metas e propósito de vida.

Quase tudo me parece instável, más, se uma coisa eu sei, não há futuro que eu possa imaginar onde vocês não estejam. Essa talvez seja uma das poucas certezas que eu tenho: a de que vocês estarão lá.

“No trajeto para a Torre Eiffel, nem uma só vez olhei para os detalhes de Paris: eu flutuava sobre um mar de branco e azul, nada vendo senão o meu objetivo.”

(Santos Dummont)

RESUMO

Na indústria da Construção Civil a evolução tecnológica dos *softwares* acontece de forma rápida, porém nem sempre as empresas e os profissionais acompanham, sejam por questão cultural ou por falta de incentivo do mercado. O uso de sistemas computacionais inteligentes são foco de estudo em grandes empresas e centros de pesquisa. As tecnologias voltadas para prática integrada em todo o ciclo de vida de um projeto é um grande diferencial para os profissionais envolvidos no ambiente operacional. A partir disso, surgiu o *Buiding Information Modeling* – BIM, que significa “Modelagem de Informação da Construção”. O BIM está presente desde o planejamento até a manutenção e demolição da obra, ou seja, em todo o ciclo de vida. Consiste em conjunto de informações geradas no decorrer desse processo, quanto mais detalhadas essas informações, mais precisos e próximos ao real serão os resultados gerados pela ferramenta escolhida.

Esse trabalho foi desenvolvido embasando-se nos conhecimentos adquiridos pelo estudo em BIM, e, a partir disso foi criado um modelo virtual apresentado no estudo de caso elaborado na ferramenta de BIM *Autodesk Revit® 2018*, para o planejamento, modelagem 3D e extração de quantitativo dos materiais, janelas e portas de uma habitação residencial unifamiliar térrea de 51,69 m². O estudo de caso foi dividido em 4 (quatro etapas), no qual a primeira foi: caracterização da obra; a segunda: construção do modelo tridimensional arquitetônico (modelagem 3D); a terceira: extração de quantitativo; e a quarta: análise das vantagens e limitações da utilização do BIM. É fundamental o empenho em desenvolver novas tecnologias no processo de construção e, junto a isso, o compromisso dos profissionais da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) em buscar implementá-las na indústria. A partir disso, é possível minimizar problemas graves como: atraso nos prazos das obras, falha em orçamentos e quantitativos, erro na leitura de projetos, baixa qualificação da mão de obra, entre outros. Desse modo, ao final desse estudo é possível avaliar as vantagens de usar uma tecnologia BIM, suas contribuições para a indústria da Construção Civil, mas também as limitações, por ainda se tratar de uma nova tecnologia.

Palavras-chave: BIM. Construção Civil. Arquitetura. *Revit®*.

ABSTRACT

In the Civil Construction industry, the technological evolution of softwares takes place speedily, but companies and professionals do not always follow, whether due to cultural issues or lack of market-incentive. The use of intelligent computing systems is the large companies and research centers focus of study. The technologies focused on integrated practice throughout the life cycle of a project is a great differential for professionals involved in the operating environment. Then, the Building Information Modeling - BIM, which stands for "Construction Information Modeling" has emerged. BIM operates from the planning to the maintenance and demolition of the work, thus, throughout the life's cycle. It consists of a set of information generated in the course of this process, the more detailed this information, the more precise and close to the reality will be the results generated by the chosen tool. This work was developed based on the knowledge acquired by the study in BIM. Furthermore a virtual model was created presented in the study case elaborated in the tool of BIM Autodesk Revit® 2018, the planning, 3D modeling and quantitative extraction of the materials, windows and doors of a one-story single-family residence of 51.69 m². The case study was divided into 4 (four stages), in which the first one was: characterization of the work; the second: construction of the three-dimensional architectural model (3D modeling); the third: quantitative extraction; and the fourth: analysis of the advantages and limitations of using BIM. The commitment to develop new technologies in the construction process is fundamental and, along with this, the commitment of Architecture, Engineering and Construction (AEC) professionals the aim to implement them in the industry. Then, it is possible to minimize serious problems such as: delay in the construction deadlines, budget and quantitative failure, project read mistakes, low qualification of labor, among others. Thus, at the end of this study it is possible to evaluate the advantages of using a BIM technology, its contributions to the Civil Construction industry, as well as the limitations, once it still is a new technology.

Keywords: BIM. Civil Construction. Architecture. *Revit*®

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida de um modelo BIM	14
Figura 2 – Representação gráfica no <i>AutoCAD 3D</i>	19
Figura 3 - do CAD para o BIM	20
Figura 4 – Analogia da evolução do BIM e o modelo virtual das construções à evolução humana	23
Figura 5 – Uso do BIM para Modelagem de Projetos.....	25
Figura 6 - uso do BIM para construção.	26
Figura 7: Uso do BIM para Operação e Manutenção	26
Figura 8 – Protótipo virtual da edificação com informações de arquitetura, estrutura e instalações	28
Figura 9 – visualização de elementos detalhados em 3D	29
Figura 10 – Protótipo de edificação em 3D	29
Figura 11 – Interface do <i>software Tekla BIMSight®</i>	30
Figura 12 - Interface do <i>software Solibri Model Checker</i>	31
Figura 13 – Interface de <i>Software</i> da Autodesk no modelo 4D	33
Figura 14 – Interface de <i>software</i> em modelo 5D.....	34
Figura 15 - Interface de <i>software</i> em modelo 6D	35
Figura 16 – Representação do ciclo de vida do projeto e a gestão das instalações .	36
Figura 17 –Dimensões do BIM.	37
Figura 18 – Fluxograma dos Níveis de Maturidade.....	39
Figura 19: Fluxograma de fases da elaboração do estudo de caso	43
Figura 20 - planta baixa de arquitetura gerada a partir o <i>Revit®</i>	44
Figura 21 - Perspectiva do modelo digital	45
Figura 22 – Itens quantificados na elaboração da modelagem	50
Figura 23 – Modelo digital com corte para melhor visualização dos materiais.....	51
Figura 24 – Corte 01: Cozinha e quarto.	52
Figura 25 – Corte 02: Cozinha e banheiro.	52
Figura 26 – Sala de estar e cozinha.....	53
Figura 27: Planta baixa de arquitetura no layout do <i>AutoCAD®</i>	56
Figura 28: Projeto hidráulico.....	63
Figura 29: Reservatório de polietileno de 750L.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantitativo de materiais	54
Tabela 2 – Quadro de janelas	55
Tabela 3 – Quadro de portas.....	55
Tabela 4: Planilha de quantitativos e orçamento elaborada de modo tradicional.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Síntese de benefícios do BIM.....	22
Quadro 02 - Conceitos do BIM.....	24
Quadro 03 - Comparativo entre CAD e BIM.....	38
Quadro 04 - Materiais da fundação.....	47
Quadro 05 - Materiais das paredes.....	47
Quadro 06 - Materiais dos pisos.....	48
Quadro 07 - Aspectos com diferenças entre modelagem no BIM e método tradicional.....	60

SUMÁRIO

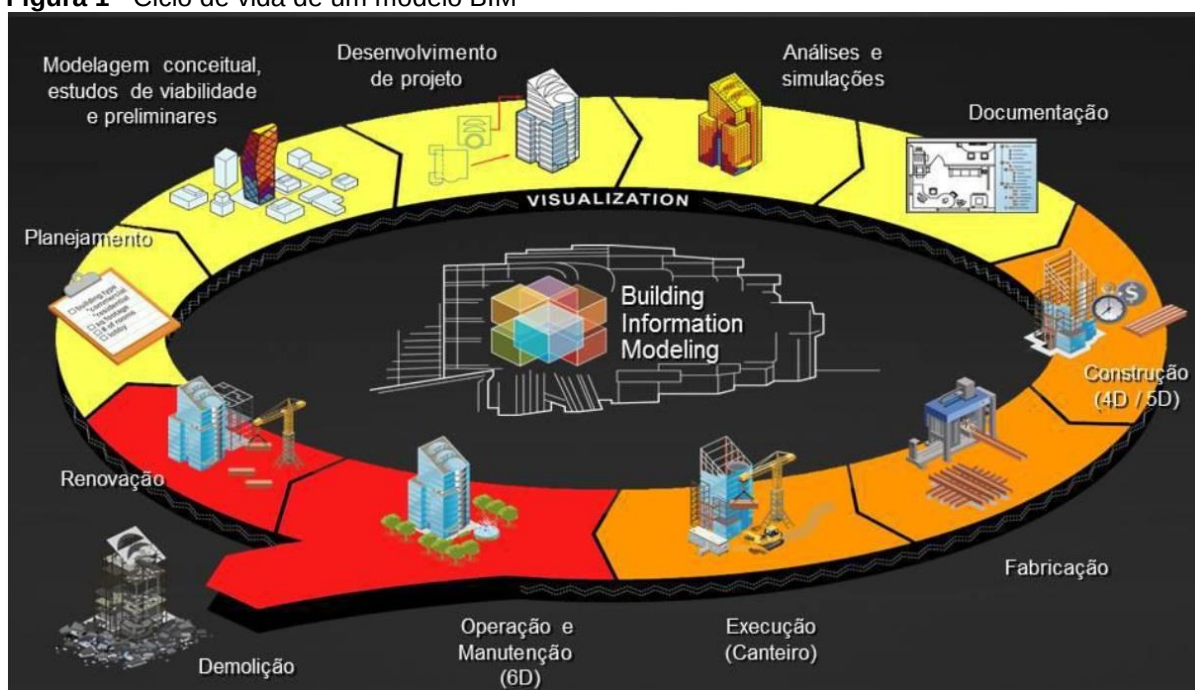
1 INTRODUÇÃO.....	14
2JUSTIFICATIVA	16
3 OBJETIVOS.....	17
3.1 OBJETIVO GERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4 METODOLOGIA	17
5 BUILDING INFORMATION MODELING – BIM.....	19
5.1 CONTEXTO HISTÓRICO	19
5.2 CONCEITOS DO BIM.....	23
6 ASPECTOS DO BIM	27
7 QUANTITATIVOS E ESTIMATIVA DE CUSTOS – REVIT	41
8 ESTUDO DE CASO.....	43
8.1 FASE 1 – CARACTERIZAÇÃO DA OBRA.....	43
8.1.1 Descritivo dos materiais utilizados.....	46
8.2 FASE 2 – CONSTRUÇÃO DO MODELO DIGITAL (REVIT).....	48
8.2.1 Quanto a Dimensão	49
8.2.2 Quanto ao Nível de Maturidade	49
8.2.3 Quanto ao LOD – Nível de desenvolvimento.....	49
8.3 FASE 3 – EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS	50
8.4 FASE 4 – ANÁLISE DAS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DE USO DO BIM.....	59
CONCLUSÃO	61
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais obstáculos da construção civil no Brasil é o longo ciclo temporal na realização das obras, esse entrave provém muitas vezes da falta de planejamento, o uso de orçamentos imprecisos e ferramentas de controle ineficientes, além de projetos inadequados ou com baixa qualidade. Estes últimos contribuem, em especial, para o surgimento de patologias construtivas, adicionais de serviço, aumento dos custos e ampliação dos prazos de execução, Luke (2012).

A produção da construção necessita integrar novas tecnologias e novos processos mais efetivos que objetivem o desenvolvimento da produtividade e qualidade nos projetos que, por sua vez, influenciam no desempenho da edificação bem como na eficiência da execução. Em meio a isto, emerge um novo paradigma no setor da construção civil: o BIM (*Building Information Modeling*) que quando bem empregado, facilita o ciclo de vida (Figura 1) de construção desde o planejamento à operação. O BIM possibilita um processo integrado que resulta na melhor produtividade, seja no âmbito projetual como da própria construção de empreendimentos.

Figura 1 - Ciclo de vida de um modelo BIM



Fonte: Eastman, Teicholz, Sacks e Liston (2008)

O ciclo de vida BIM começa com o planejamento da construção, em seguida são criados modelos tridimensionais virtuais com poucos detalhes para análise da viabilidade do edifício. Obtida a viabilidade junto a definição do modelo, inicia-se o detalhamento do projeto BIM 3D, que irá conter diversas informações como: os materiais a serem empregados; camadas de revestimento; detalhes construtivos; esquadrias; peças e acessórios; tubulação, dispositivos elétricos entre outros itens. Logo, o modelo tem de ser abastecido com dados da construção e, só após isso o projeto é submetido a simulações mais específicas como a estrutural. Quando aprovado gera-se na sequência a documentação para a fase de legalização e o arquivo é liberado para as fases de orçamento e planejamento.

Diante do cenário atual, onde o mercado se mostra cada vez mais competitivo e a indústria da construção civil exige cada dia mais dos profissionais da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) respostas eficientes e eficazes, é preciso buscar qualidade aliada a alto índice de desempenho. Em meio a isto, não se pode deixar de mencionar que nos últimos tempos o país tem vivido uma das piores crises econômicas. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC)¹ a construção civil teve em 2017, seu quarto ano consecutivo de retração. Ou seja, mais desemprego e mais empresas do setor em falência. Por outro lado, a Plataforma BIM vem buscando promover uma mudança no processo de produção da construção e concepção de projetos de modo a minimizar custos e otimizar os mais diversos procedimentos no ciclo de vida do edifício.

Recentemente, foi publicado no Diário Oficial da União o incentivo do Governo Federal ao uso desta nova plataforma. De acordo com o Decreto de 5 de junho de 2017, revogado pelo decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, onde:

“Art. 1º Fica instituída a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em Building Information Modelling - BIM e sua difusão no País. ”.

O Decreto tem como objetivo, de acordo com o artigo 2º: difundir o BIM e seus benefícios; coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM; criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM; estimular a capacitação em BIM; propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM; desenvolver normas técnicas,

¹ Fonte: <https://cbic.org.br/balanco-2017-cbic-aponta-retracao-de-6-no-setor/>

guias e protocolos específicos para adoção do BIM; desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM; estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

O presente trabalho reconhece a indústria da construção civil como um dos setores nacional de mais baixa produtividade e qualidade, ao mesmo tempo identifica o BIM como um dos caminhos para reverter este quadro. Para tanto, o trabalho em questão visa explorar apenas uma das possibilidades do BIM, devido a limitação de domínio do uso no *software Autodesk Revit®*. no tempo limitado para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão do Curso (TCC). Dessa forma, foi preferido estudar a ferramenta BIM de modelagem e levantamento de quantitativos.

2 JUSTIFICATIVA

A tecnologia BIM há algum tempo consolidou-se em locais que buscam compromisso com a gestão de políticas públicas e são referência em desenvolvimento tecnológico, como Europa, Estado Unidos e Ásia. Ciente da realidade da Construção Civil no Brasil (atrasos nos prazos nas obras, baixa qualificação dos profissionais, entre outros impasses) e da importância do tema, o Governo Federal está buscando melhorias e modernizações no setor da construção, fruto disso é a instituição da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* que entrou em vigor no dia 17 de maio de 2018, quando da publicação do Decreto 9377/18.

Esse progresso certamente irá impulsionar o processo construtivo e tecnológico no setor da Construção Civil, diante disso, é necessário mais do que o incentivo dos órgãos responsáveis, como também o engajamento dos profissionais da Arquitetura e Engenharia Civil (AEC), pois são os responsáveis direto pelo planejamento, elaboração e execução dos projetos produzidos através da tecnologia BIM.

A partir disso, em conjunto com as ações de normatização elaboradas visando a aplicação e propagação do BIM, tem-se o desafio dos profissionais de implantar e difundir essa tecnologia tanto no setor público como privado. As empresas necessitarão de uma adaptação, passando por uma ascensão que deve começar pelas pessoas, afinal, de nada adianta ter disponível toda a tecnologia sem que tenha qualificação dos que irão utiliza-la.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a aplicação da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos de obras civis, analisando os resultados obtidos com essa aplicação.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender o conceito e os principais aspectos da tecnologia BIM, além de suas vantagens para elaboração de projetos e extração de quantitativos.

Ferramentas utilizadas: livros, manuais, artigos, teses e dissertações.

- Executar a modelagem arquitetônica paralelo ao desenvolvimento de um banco de dados onde serão adicionadas as documentações envolvidas, as tabelas necessárias e qualquer item que faça parte do processo pré até pós-construção. Ferramenta utilizada: *software Autodesk Revit®*.

- Quantificar o objeto de estudo (habitação residencial térrea).

Ferramentas utilizadas: *software Autodesk Revit®* e *Microsoft Excel®*.

- Analisar as vantagens do uso da tecnologia BIM para levantar quantitativos e para concepção de projetos (arquitetônico).

4 METODOLOGIA

A primeira etapa para esse trabalho é constituída por um referencial bibliográfico que visou conceituar a tecnologia *Building Information Modeling – BIM*, bem como os seus aspectos e as suas ferramentas pertinentes para elaboração de um projeto e extração dos quantitativos. Por sua vez, esta fase possibilitou maior entendimento das etapas de concepção de um projeto e os impactos diretos no custo e qualidade de uma obra.

Na segunda etapa foi elaborado um estudo de caso visando o levantamento de quantitativo referente a uma habitação residencial térrea (51,69m²) a partir de uma ferramenta BIM, fundamentando a teoria do estudo. O estudo foi dividido em quatro fases:

- Fase 1: Caracterização da obra;
- Fase 2: Construção de modelo digital, sendo elaborado o projeto arquitetônico, utilizando o *software Autodesk Revit®* 2018;
- Fase 3: Extração de quantitativos a partir do *software Autodesk Revit®* 2018;
- Fase 4: Análise das vantagens da utilização do BIM para quantificar a modelagem da habitação em estudo.

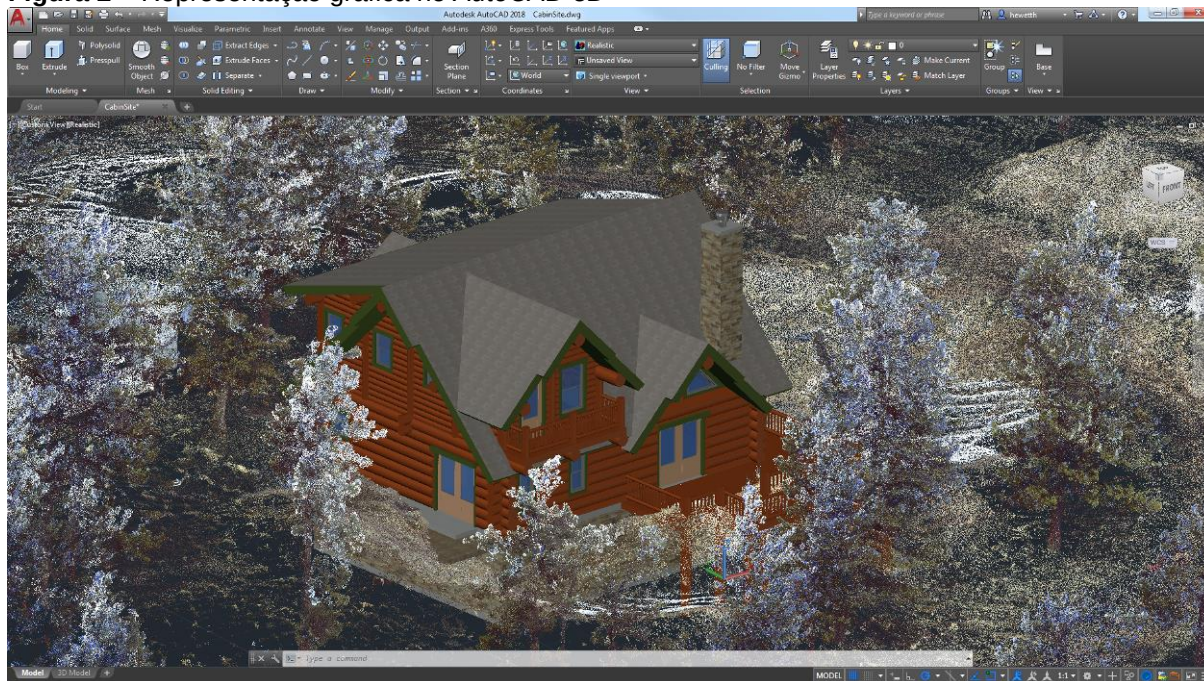
5 BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

5.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Em meados dos anos de 1980, foram desenvolvidos os primeiros *softwares* de modelagem tridimensional a partir de estudos acadêmicos e pesquisas realizadas em grandes empresas, de diversos ramos como automobilístico e aeroespacial. Pouco a pouco foram surgindo os programas como o *AutoCAD*® 2D e 3D, da empresa *Autodesk*, que facilitou a vida de Arquitetos e Engenheiros, em especial, no continente americano. No Brasil, apenas nos anos de 1990 que a utilização destas ferramentas começou, paulatinamente, a ser uma realidade em escritórios, construtoras e em faculdades.

Inicialmente, o *AutoCAD*® foi adotado apenas para elaboração de desenhos técnicos e só depois de algum tempo foi utilizado para produção de modelos tridimensionais, as chamadas maquetes eletrônicas. Este novo produto permitiu visualizar o empreendimento de modo mais realístico (Figura 2). No entanto, muitos profissionais da engenharia e arquitetura ainda utilizavam desenhos executados em pranchetas para representação de seus empreendimentos e raramente faziam o uso de modelos tridimensionais.

Figura 2 – Representação gráfica no *AutoCAD 3D*



Fonte: Damassets (2017).

O impacto do CAD (*Computer-Aided Design*) na década de 1990 causou ganhos consideráveis para o custo e tempo de elaboração de projetos. De acordo com Auster (2015), apesar do grande ganho no que diz respeito aos aspectos qualitativos, onde houve a transferência de algo manual para o formato digital, não se compara ao impacto que o BIM vem causando nesse processo de transição CAD-BIM (Figura 3). O BIM vai além da representação 3D, “ele representa uma filosofia que está intrinsecamente conectada a multidisciplinaridade de projetos e a contribuição simultânea nos mesmos”, Auster (2015).

Figura 3 - do CAD para o BIM



Fonte: Biblus (2017).

Por volta da década de 2000, as ferramentas CAD passaram a ser utilizadas em larga escala e a elaboração de modelos tridimensionais (3D) tornou-se frequente em escritório. Vale lembrar que neste período outros *softwares* começaram a ganhar destaque na área de projeto de Arquitetura, tem-se por exemplo: *Sketchup*® (2006) e *3Ds Max*® (2007), no campo de sistemas prediais e estrutura, emergem os programas da empresa *Altoqi* (*Eberick*® – 2000, *Lumine*® – 2001 e *Hydros*® – 2002), além do *TQS*® e *CYPECAD*®.

A tecnologia *Building Information Modeling* – *BIM*, ou Modelagem da Informação da Construção, apesar de seus conceitos, abordagens e as metodologias terem cerca de trinta anos, ela vem sendo divulgada e aplicada no Estados Unidos nos anos de 2000, porém no Brasil apenas na última década (2010). Vista como uma das áreas, em desenvolvimento, mais promissora da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC), ela apresenta novas tecnologias e, a cima de tudo, um novo modo de trabalho o qual tem por premissa básica promover uma

melhor produtividade e qualidade nas fases de projeto, planejamento, execução e até mesmo na operação do empreendimento

Em 2005, durante o congresso *Computer-Aided Architectural Design Futures 2005 – CAADFutures*, em Viena, Áustria, William J. Mitchell, diretor da *School of Architecture and Planning do MIT – Massachusetts Institute of Technology*, disse a respeito de arquitetura contemporânea que:

Anteriormente os edifícios podiam ser entendidos como a materialização de desenhos feitos à mão sobre o papel e, atualmente, devem ser entendidos como a materialização de informações digitais, concebidas, desenvolvidas, executadas e gerenciadas digitalmente e, desse modo, a avaliação de sua qualidade passa pela avaliação da qualidade dos recursos digitais utilizados em sua produção, Guia Asbea Boas Práticas em Bim (2013, p.4).

De acordo com Mitchell, em sua obra *TIC – Tecnologias da Informação e Computação*, demonstrou que os sofisticados recursos dessa nova tecnologia não deveriam ficar restritos à representação gráfica dos produtos projetados, e precisavam se estender a todo o processo, desde a fase de concepção até a execução do edifício e sua posterior gestão, de acordo com o Guia Asbea Boas Práticas em Bim (2013).

A tecnologia BIM é dotada de inúmeros benefícios desde a pré-construção até a pós-construção, dando suporte e incrementando a muitas práticas dos profissionais dos setores da AEC. A seguir, no Quadro 1 serão abordadas algumas dessas práticas em diferentes estágios da construção.

QUADRO 01: SÍNTESE DE BENEFÍCIOS DO BIM	
ETAPA	BENEFÍCIOS
NA PRÉ-CONSTRUÇÃO PARA O PROPRIETÁRIO	• Conceito, viabilidade e benefícios no projeto; • Aumento da qualidade e do desempenho da construção;
O PROJETO	• Visualização antecipada e mais precisa de um projeto; • Correção automática de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto; • Geração desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto; • Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto; • Verificação facilitada das intenções de projeto; • Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto; • Incrementação da eficiência energética e da sustentabilidade.
A CONSTRUÇÃO E A FABRICAÇÃO	• Sincronização de projeto e planejamento da construção; • Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção; • Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro; • Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados; • Melhor implementação e técnicas de construção enxuta; • Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção.
PÓS-CONSTRUÇÃO	• Melhor gerenciamento e operação das edificações; • Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades.

Fonte: Autoria própria (2018)

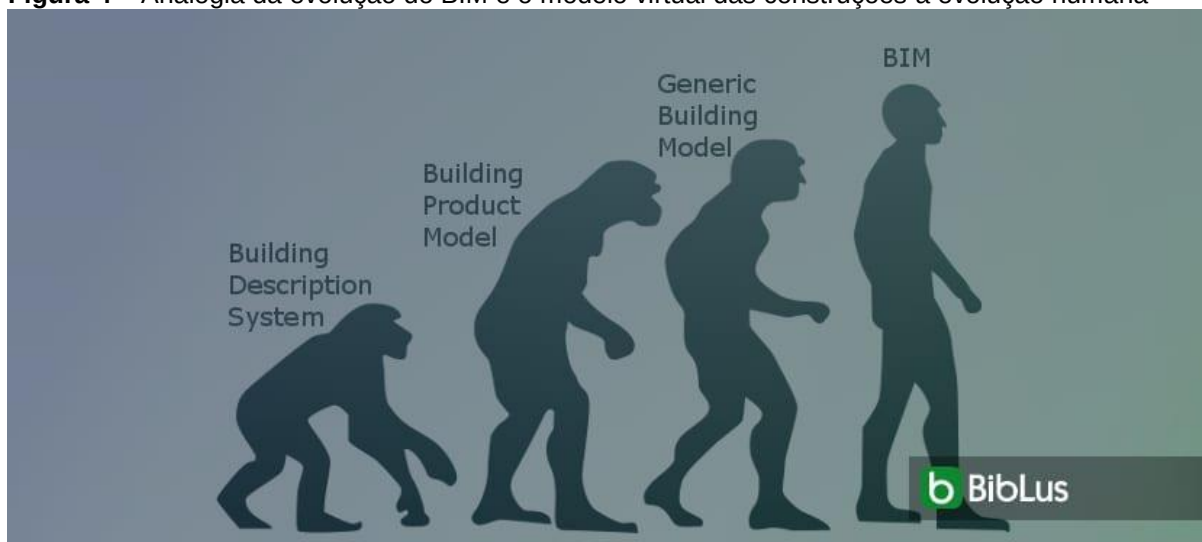
Em síntese, a inserção das ferramentas digitais aplicadas ao projeto (arquitetura, estrutura e instalações) é dividida em **duas fases**. **A primeira fase** é definida pelo uso do computador através de programas CAD que em essência promoveu a substituição dos desenhos realizados a mão livre por desenhos feitos no meio digital. No caso, dos projetos de instalação e estrutura, possibilitou também o dimensionamento e análises.

A segunda fase, mais recente, trouxe a substituição do CAD pelo BIM que por sua vez traz um novo paradigma: a possibilidade de criar um protótipo virtual da obra com informações, as quais podem ser utilizadas entre as diversas etapas da elaboração de qualquer empreendimento. Dado a sua complexidade, os próximos tópicos trataram das definições e seus aspectos.

5.2 CONCEITOS DO BIM

Segundo o site americano Biblus², que é autoridade em divulgar informações sobre o BIM, o conceito do *Building Information Model* passou por um processo de evolução ao longo das últimas décadas (figura 4). A primeira vez que ele apareceu era chamado de *Building Description System*, depois passou a ser chamado sucessivamente *Building Product Model*, *Generic Building Model* até chegar na sigla BIM. Apesar de ter mudado de sigla, a essência sempre foi a mesma: construir em meio digital o protótipo da edificação projetada com informações. Este objetivo não era nada fácil de ser alçado, haja visto que a tecnologia na época não permitia reunir tantas informações em um arquivo único.

Figura 4 – Analogia da evolução do BIM e o modelo virtual das construções à evolução humana



Fonte: Biblus (2018)

A ideia pareceu ser impossível, mas com os avanços dos *softwares* e *hardwares*, ela passou a ser tangível e com o tempo novas teorias foram emergindo para ampliar e complementar o conceito do BIM. Chuck Eastman, outros profissionais e estudiosos da área fomentaram as definições sobre o conceito de BIM, para melhor compreensão foi construída o Quadro 02 com os principais conceitos no âmbito internacional.

² <http://biblus.accasoftware.com/en/bim-evolution-buildings-virtual-model/>

QUADRO 02 – CONCEITOS DO BIM	
Succar (2013)	BIM é uma série de tecnologias, processos e políticas que possibilitam que diversos envolvidos no projeto projetem, construam e utilizem um empreendimento de forma colaborativa.
Eastman et al. (2014)	BIM é uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.
NBIMS - National BIM Standard – United States (2015)	BIM é a representação digital das características físicas e funcionais de uma construção . Assim sendo, serve como um recurso de compartilhamento de conhecimentos para informações sobre o empreendimento, formando uma base confiável de para decisões durante o ciclo de vida do projeto .

Fonte: Autoria Própria (2018). Grifo nosso.

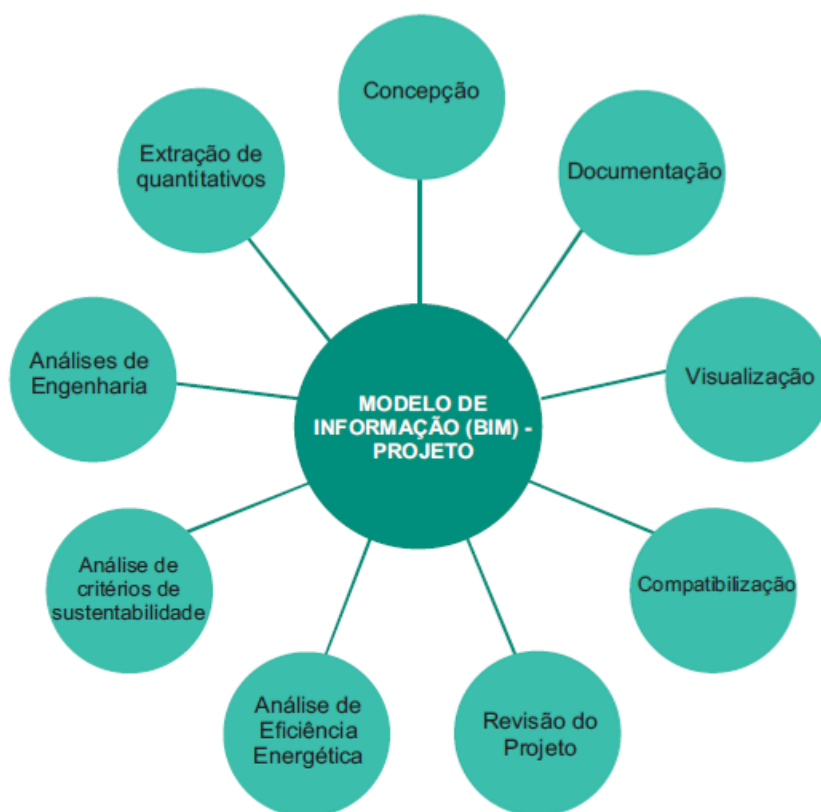
O BIM envolve uma modelagem tridimensional para informar e comunicar as decisões do projeto, design, visualização e simulação. A compatibilização é uma das características chaves do BIM, permitindo assim identificar erros, produzir vistas detalhadas e extrair quantitativos, Auster (2015). Ou seja, representa o ideal para concepção de projetos visando unir os profissionais envolvidos, concebendo uma modelagem que tenha características tão detalhadas quanto o produto real.

A Plataforma BIM pressupõe que todas as informações relativas à construção, nas diversas fases de seu ciclo de vida, sejam alocadas em um só modelo integrado, paramétrico, intercambiável e passível de simulação, que poderá ser utilizado desde a concepção dos projetos, durante as obras e até durante toda vida útil do espaço construído, Guia Asbea Boas Práticas em BIM (2013).

O Guia Asbea Boas Práticas em BIM (2013), descreve alguns dos principais usos da tecnologia BIM ao longo do ciclo de vida de um empreendimento:

Projeto (figura 5):

- Concepção do projeto;
- Documentação do projeto;
- Visualização do projeto;
- Compatibilização dos projetos;
- Revisão de projeto;
- Análise de eficiência energética;
- Avaliação de critérios de sustentabilidade;
- Análises de engenharia;
- Extração de quantitativos.

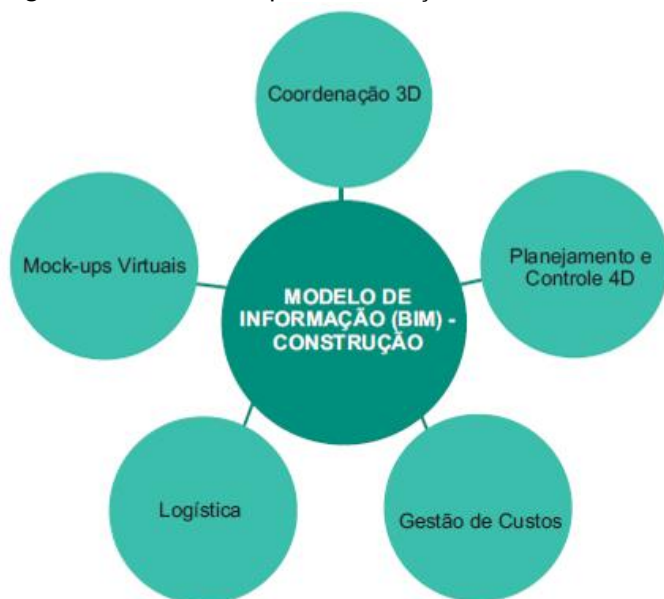
Figura 5 – Uso do BIM para Modelagem de Projetos.

Fonte: Compilado de Guia Asbea Boas Práticas em BIM (2013).

Construção (Figura 6):

- Coordenação 3D;
- Planejamento e controle 4D;
- Gestão de custos;
- Logística;
- Mark-ups virtuais.

Figura 6 - uso do BIM para construção.



Fonte: compilado de Guia Asbea Boas Práticas em BIM (2013).

Operação e Manutenção (figura 7):

- Planejamento de manutenção preventiva;
- Gerenciamento do edifício;
- Gerenciamento dos espaços;
- Plano de evacuação do edifício;
- Modelo consolidado (final).

Figura 7: Uso do BIM para Operação e Manutenção



Fonte: Compilado de Guia Asbea Boas Práticas em BIM (2013).

Em resumo, o BIM é uma **nova tecnologia** que busca incrementar uma **nova forma de trabalhar para os profissionais** da AEC, fazendo com que **otimizem seus trabalhos reduzindo a possibilidade de erros** através de diversas atividades, entre elas a compatibilização de projetos. O BIM modela componentes de uma construção em seu ciclo de vida, de forma que fique o mais próximo possível do produto final que se deseja obter, através da interoperabilidade entre profissionais envolvidos, que, por sua vez, desenvolvem um bando de dados capaz de simular o comportamento de todos os itens associados.

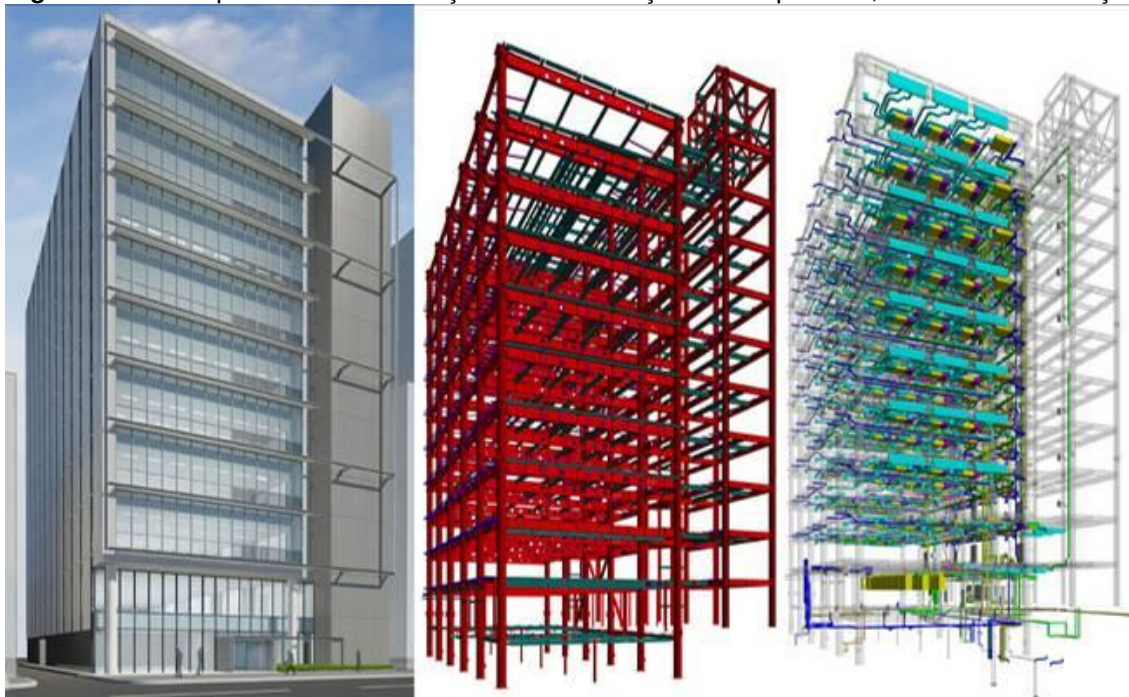
6 ASPECTOS DO BIM

6.1. DIMENSÕES DO BIM

Planejamento e programação da construção envolvem o sequenciamento de atividades no espaço e no tempo, considerados aprovisionamento, recursos, limitações espaciais e outras questões no processo, Eastman et al. (2014). Atualmente, os planejadores usam softwares que utilizam o Método do Caminho Crítico (COM), um dos mais conhecidos e utilizados é o *Microsoft Project*[®], para criar, atualizar e comunicar o cronograma utilizando uma vasta variedade de relatórios e visualizações. Métodos tradicionais, no entanto, não capturam adequadamente os componentes espaciais relacionados com essas atividades, nem fazem conexão direta com o projeto ou o modelo da construção, Eastman et al. (2014).

A programação é uma tarefa intensa, que muitas vezes permanece fora de sincronia com o projeto e cria dificuldades para que os empreendedores entendam facilmente a programação e seu impacto na logística do canteiro. Dois tipos de tecnologias evoluíram para tratar essas deficiências, a primeira é o CAD 4D (ou BIM 4D) e a segunda consiste em usar ferramentas de análise que incorporam componentes BIM e informações sobre métodos construtivos para otimizar a sequência de atividades (Figura 8), Eastman et al. (2014).

Figura 8 – Protótipo virtual da edificação com informações de arquitetura, estrutura e instalações



Fonte: Docmanagement (2018)

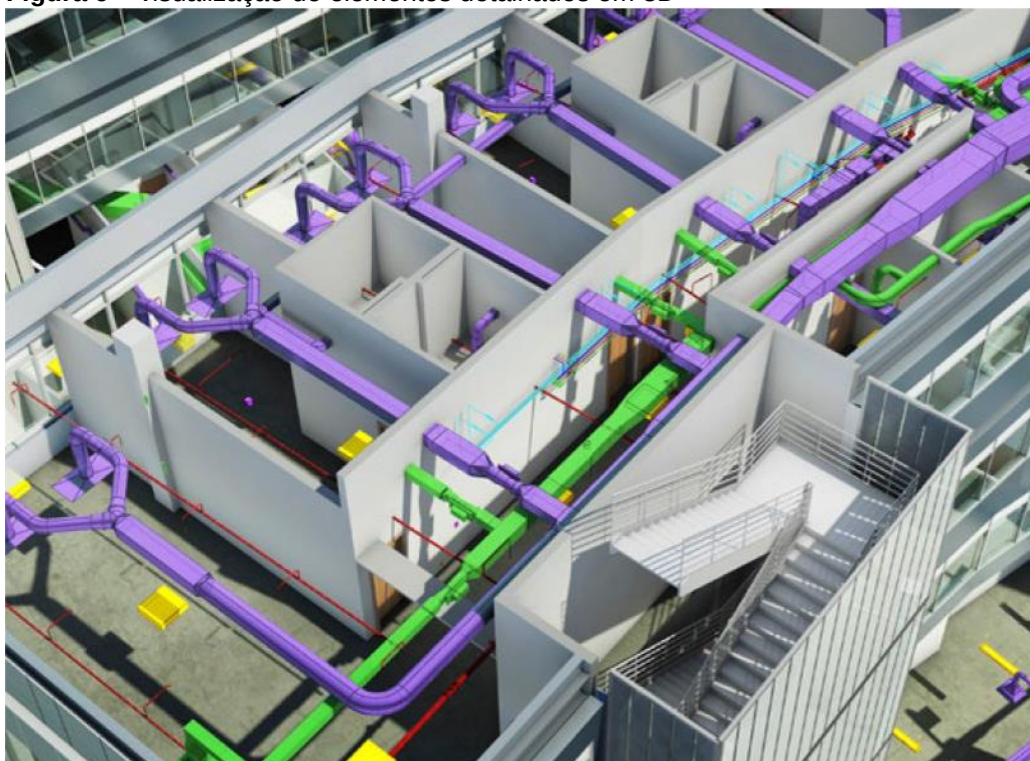
Vale ressaltar que a existência do BIM 4D só é possível a partir de modelos BIM 3D, ao mesmo tempo ambos possibilitam outras dimensões. Para melhor entendimento será abordado nos próximos tópicos cada dimensão e sua importância para o ciclo de vida do empreendimento.

BIM 3D

A tecnologia BIM está em fase inicial, contudo, vem crescendo rapidamente e os seus adeptos: Arquitetos, Engenheiros e Construtores (AEC), estão utilizando diferentes ferramentas para alavancar essa tecnologia. Nesta fase, é possível extrair toda representação do edifício (cortes, fachadas, plantas-baixa, perspectivas entre outros desenhos técnicos), extrair os quantitativos, fazer análises e até dimensionamento.

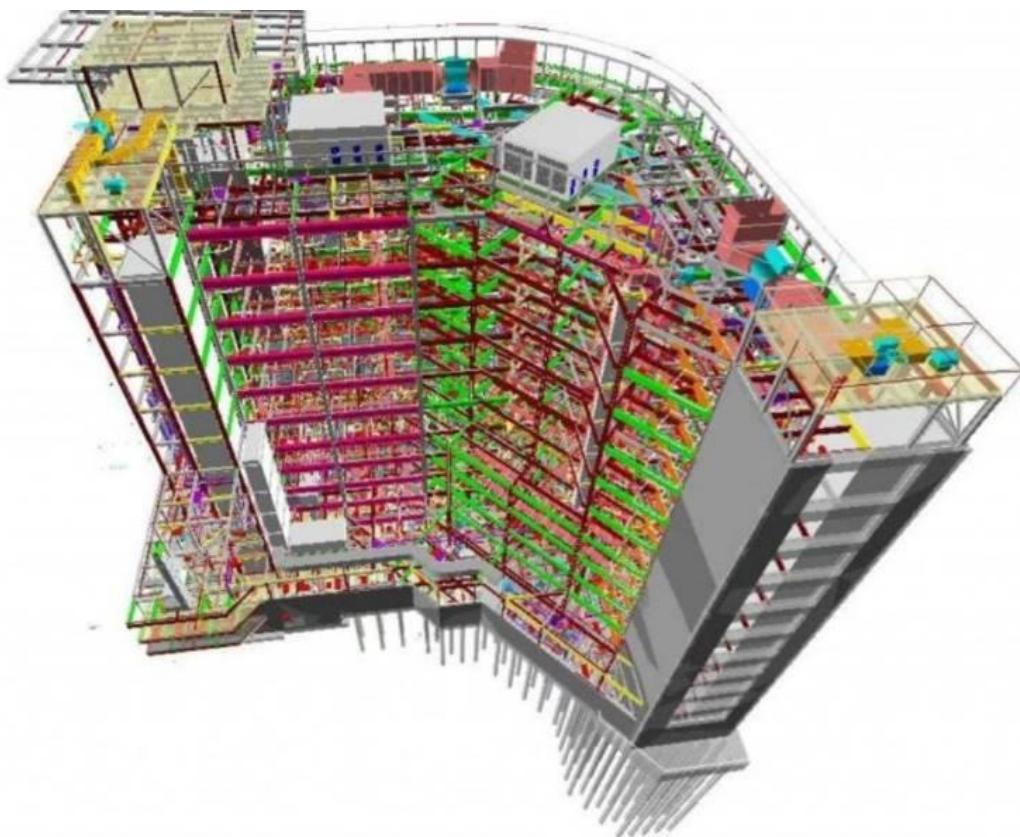
Em síntese, a modelagem 3D (ou dimensão 3D) possibilita a visualização exata do que está sendo projetado em três dimensões, com todos os elementos necessários para sua caracterização, garantido o entendimento e a eficácia do processo de comunicação e alinhamento, mesmo nas fases iniciais da edificação, por mais complexo que sejam suas instalações (Figuras 9 e 10).

Figura 9 – visualização de elementos detalhados em 3D



Fonte: Compilado de: 10 Motivos Para Evoluir com o Bim (2016).

Figura 10 – Protótipo de edificação em 3D

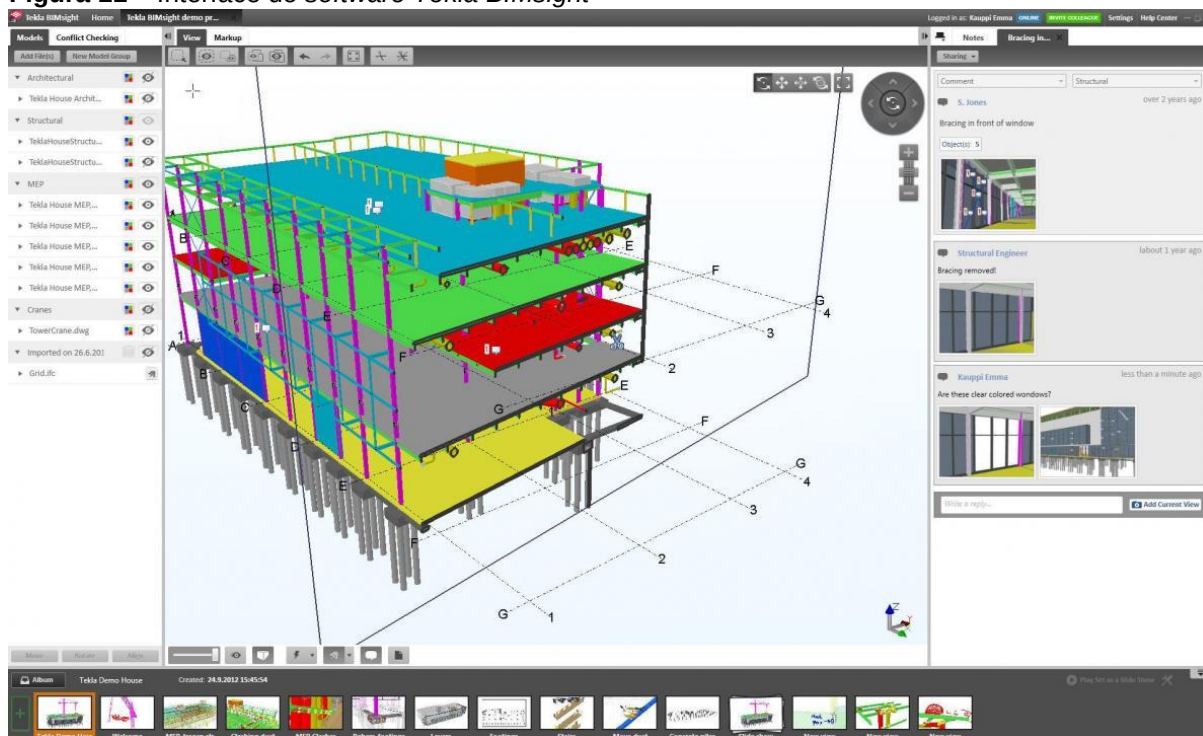


Fonte: Detailingexpress (2017)

Nem todas as soluções de modelagem 3D são BIM. Mas se forem BIM, certamente serão 3D, 10 Motivos Para Evoluir com o Bim (2016). Os *softwares* BIM na dimensão 3D elaboram a modelagem do projeto e trabalham como gestores de bancos de dados, ou seja, acompanham bibliotecas de objetos com todas as informações sobre sua geometria (tamanhos, espessura etc.), podem ainda destrinchar os seus materiais e outros dados importantes para execução e desempenho da construção. Como tem o *Revit®* da Autodesk e *Archicad®* da Graphisoft

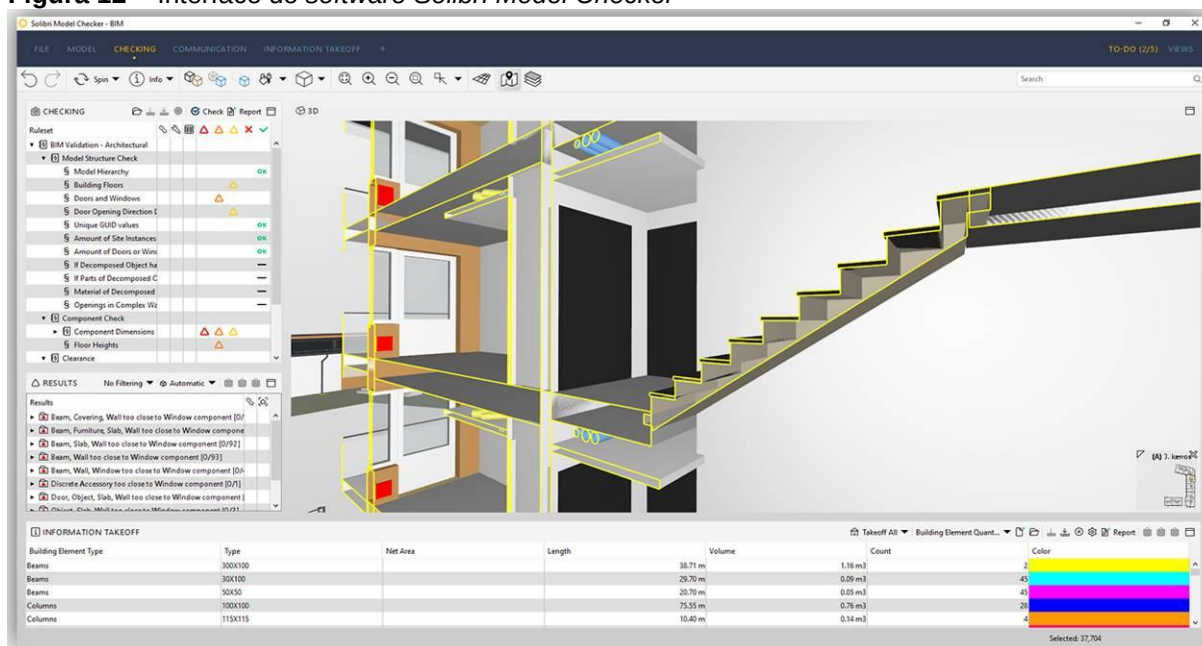
Outros Programas como o *Tekla BIMSight®* (Figura 11) e *Solibri Model Checker – SMC®* (figura 12) fazem a análises destes modelos. Ambos, por exemplo, possibilitam a reunião de todos as disciplinas em um só arquivo, conhecido como modelo federado, e permitem o estudo da compatibilização automática por meio do comando “*clash detection*” (detecção de interferências). O *Solibri®* é mais sofisticado, pois proporciona ainda estudos mais analíticos como a rota de fuga ou a verificação de regras como a acessibilidade.

Figura 11 – Interface do software *Tekla BIMSight®*



Fonte: Teklabimsight (2018)

Figura 12 - Interface do software *Solibri Model Checker*



Fonte: Solibri (2017).

BIM 4D - Modelo 3D + Tempo

Os modelos 4D são, em síntese o modelo 3D mais a dimensão “tempo”. Suas ferramentas foram desenvolvidas no final dos anos 1980 por grandes organizações envolvidas na construção de empreendimentos para infraestruturas complexas, para os quais atrasos na programação e erros traziam grandes impactos nos custos, Eastman et al. (2014).

O Planejamento BIM 4D permite que se identifique, previamente, vários conflitos e problemas específicos a fase de construção, que poderão ser analisados e contornados também previamente, evitando ‘surpresas’ durante a execução, quando a flexibilidade para tomada de decisão, é muito reduzida, 10 Motivos Para Evoluir com o Bim (2016). O uso do BIM no planejamento 4D permite que se estude detalhadamente todas as etapas e atividades previstas para execução de uma obra.

É possível por meio dessa tecnologia, simular as diversas fases de um canteiro de obra e usar esse modelo para analisar detalhadamente todo o processo construtivo, definindo e sequenciando as atividades com um nível de informação inigualável. Dentre os benefícios do modelo 4D, Eastman et al. (2014) destaca os seguintes:

- Comunicação: os planejadores podem capturar aspectos temporais e espaciais de um cronograma e comunicá-lo mais efetivamente do que um diagrama de Gantt tradicional;
- Contribuição de múltiplas partes interessadas: frequentemente utilizados em fóruns e comunidades para apresentar a leigos os impactos de um empreendimento;
- Logística do canteiro: os planejadores podem administrar as áreas de armazenamento, acesso ao canteiro, locações, etc.;
- Coordenação de disciplinas: os planejadores podem coordenar o fluxo esperado no tempo e espaço das disciplinas no canteiro, bem como a coordenação do trabalho em espaços pequenos;
- Comparação de cronogramas e acompanhamento do processo da construção: os gerentes do empreendimento podem comparar diferentes programações facilmente, e identificar rapidamente se o projeto está em dia ou atrasado.

No *software Revit*[®], por exemplo, cada objeto planejado pode ser atribuído a uma “fase” que é entrada como texto, como “junho 2007” ou “existente”, e ordenar essas fases como desejado. Os usuários podem, então, aplicar filtros para mostrar todos os objetos numa fase específica ou nas anteriores, Eastman et al. (2014). Alguns exemplos de *software* compatíveis com essa ferramenta são: *Revit*[®] (Figura 13) e *Navisworks*[®], da *Autodesk*[®] e o *Synchro*[®].

Figura 13 – Interface de Software da Autodesk no modelo 4D

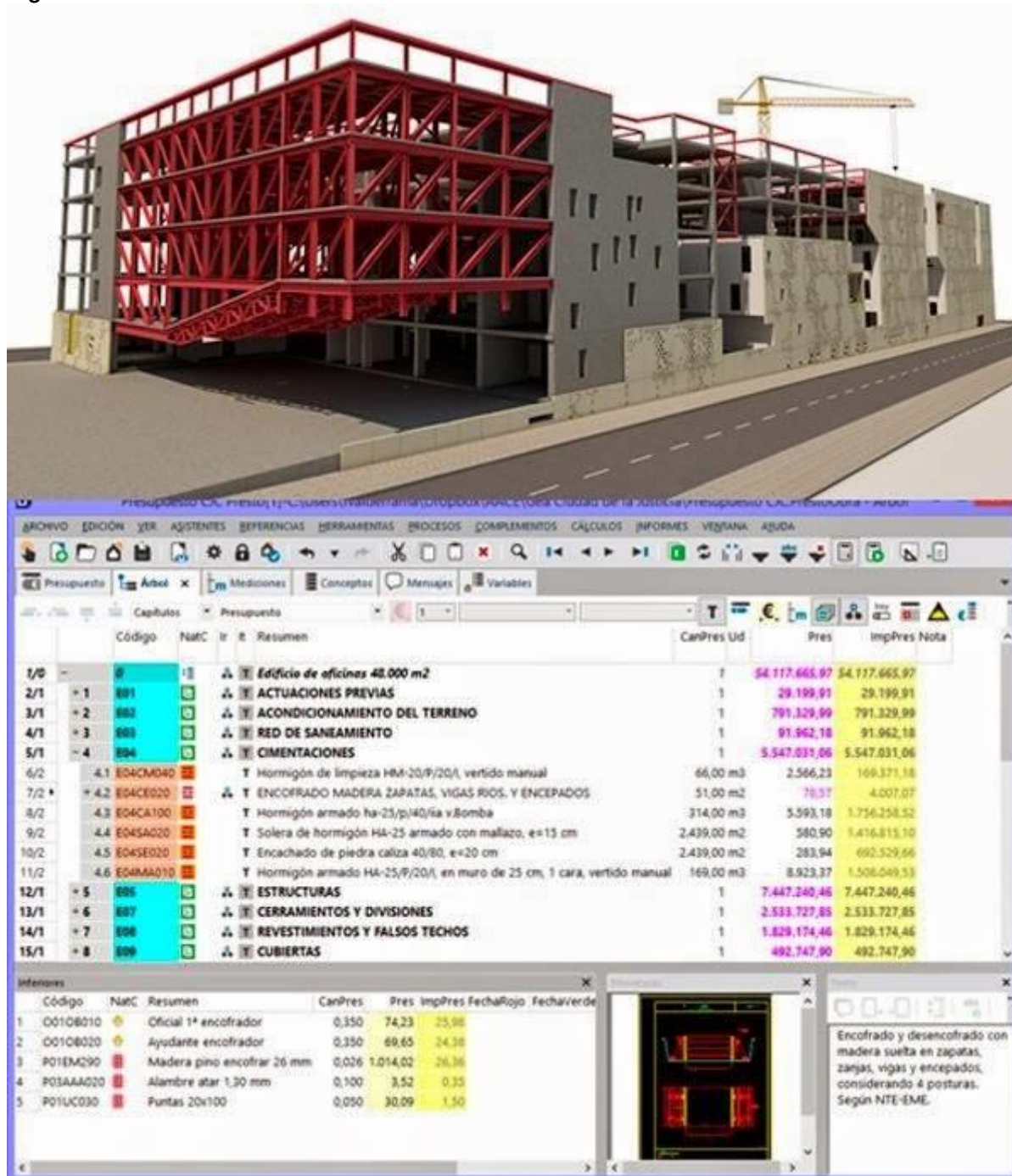


Fonte: Keepcad (2017).

BIM 5D – Modelo 4D + custo

O BIM 5D agrega a dimensão “custo” ao modelo tridimensional, cada elemento do projeto passa a ter vinculação a esse dado. Qualquer alteração feita no projeto ocorre a atualização do orçamento, agilizando e diminuindo o retrabalho dos responsáveis (Figura 14). Em síntese: há precisão no quantitativo, as atualizações são automáticas e a elaboração é simultânea (3D e 4D) que por sua vez minimizam erros de custos e otimizam tempo neste processo.

Figura 14 – Interface de software em modelo 5D



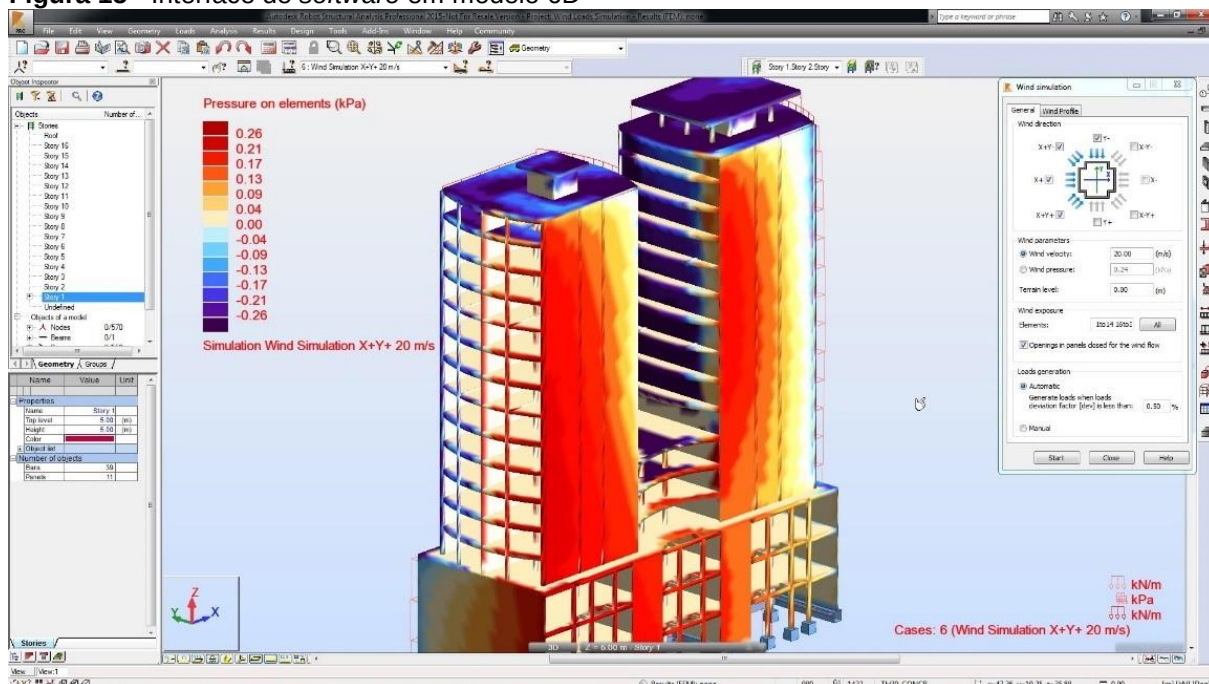
Fonte: 2.bp (2017).

No caso do software Revit®, o trabalho com o BIM 5D funciona de duas maneiras: para cada item dentro da estrutura do orçamento, vincula-se o elemento correspondente, obtendo o quantitativo; ou elaborando a estrutura do orçamento através dos elementos.

BIM 6D – SUSTENTABILIDADE

A sexta dimensão envolve, em resumo, a performance e desempenho da edificação e as análises de eficiência energética, e ajuda a realizar a análise do **consumo de energia** (figura 15). A inclusão de informações para o gerenciamento e a operação de instalações, geram melhores resultados de negócios e análises relacionadas a sustentabilidade - selos de construção sustentável.

Figura 15 - Interface de *software* em modelo 6D



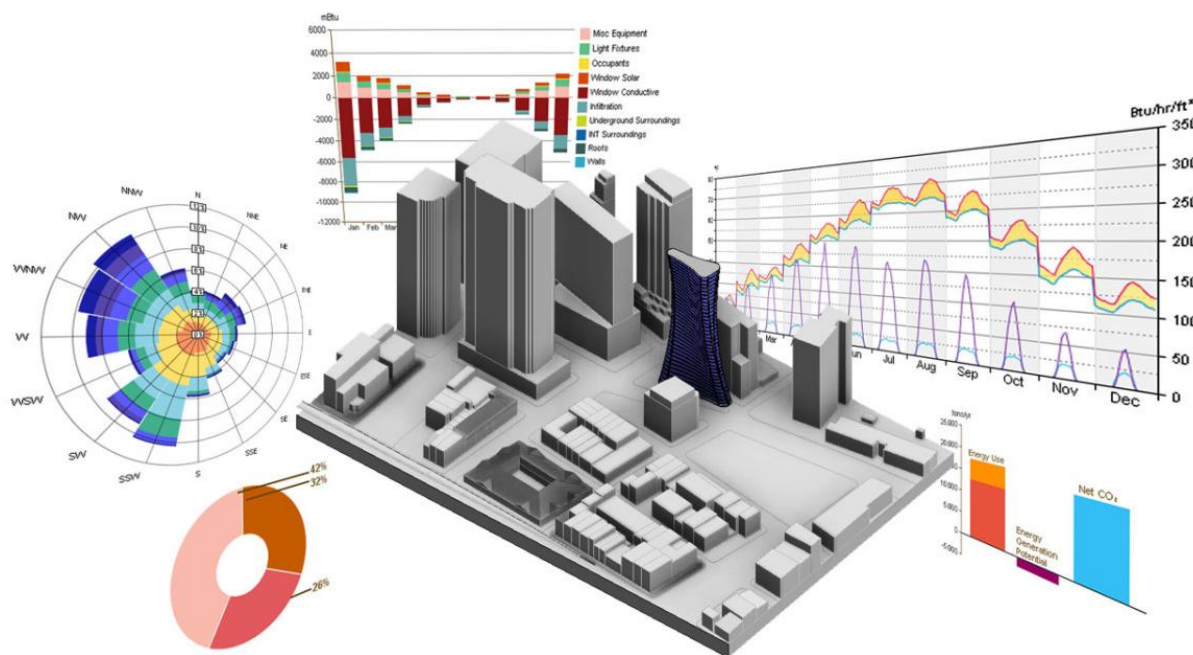
Fonte: Blog Render (2018)

No escopo da sustentabilidade, são feitas as análises de eficiência energética, do consumo de energia, pegada de carbono, contribuindo para com o meio ambiente e consequentemente para as diversas certificações existentes. Na plataforma *Revit®*, através do aplicativo “*Green Building Studio*”, é possível realizar as simulações energéticas do modelo BIM 3D. Vale ressaltar que parte da literatura troca a definição do 6D pelo 7D.

BIM 7D - GESTÃO E MANUTENÇÃO

A sétima dimensão faz a análise do **ciclo de vida do projeto e a gestão das instalações**, permitindo controlar a garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes e fornecedores, custos de operação, entre outros. A sétima dimensão do BIM permite que os gestores possam extrair e rastrear dados de ativos relevantes, gerenciando de acordo com a etapa, tais como status de componentes, especificações, manuais de operação, datas de garantia entre outros (Figura 16).

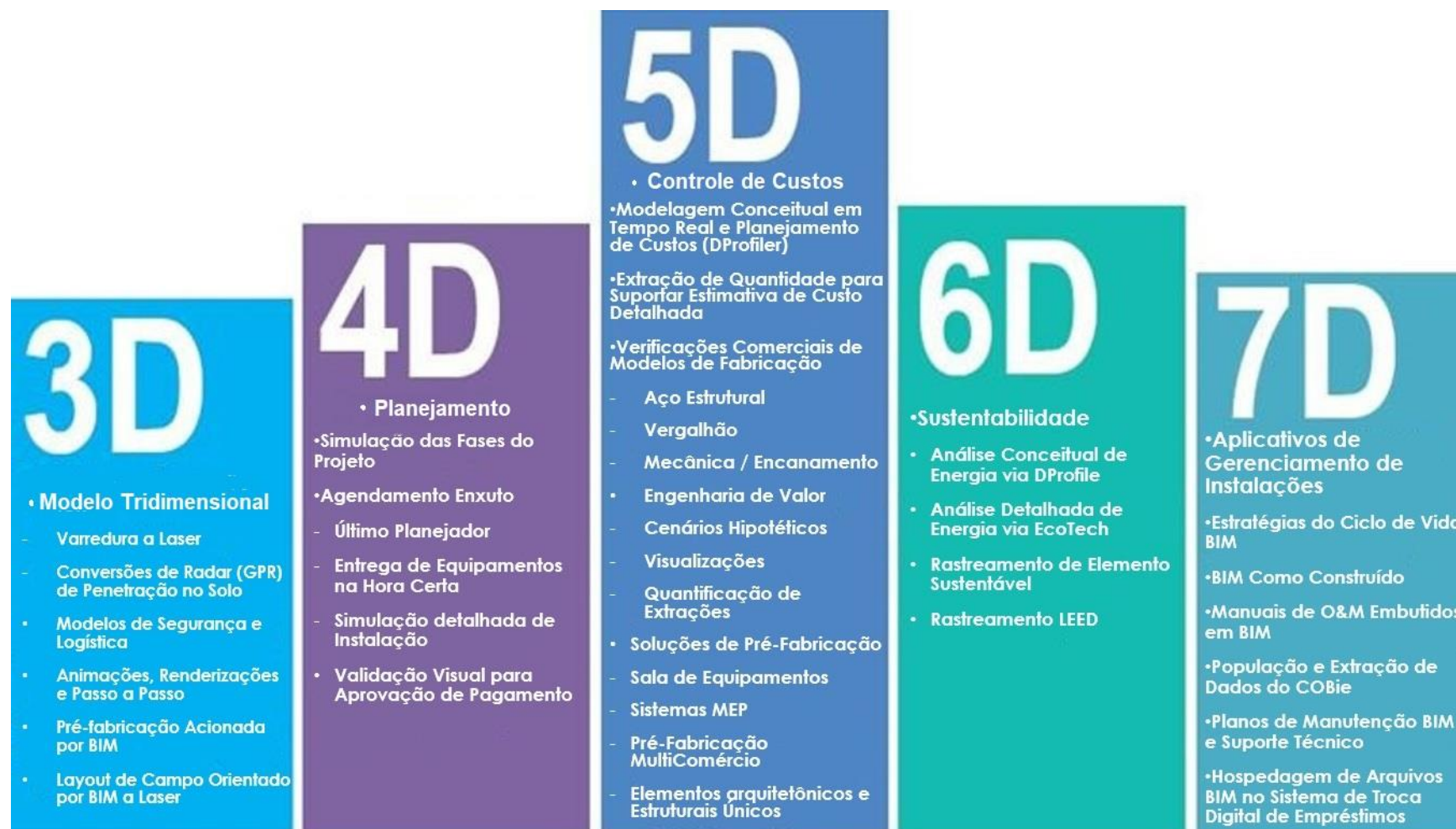
Figura 16 – Representação do ciclo de vida do projeto e a gestão das instalações



Fonte: zmdouglas (2018).

O BIM 7D gerencia o ciclo de vida do empreendimento. É possível com a ferramenta controlar a garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados dos fabricantes e fornecedores, custos de operação, entre outros. Em síntese, o BIM 7D envolve o processo “*BIM as built*”, ou “como construído” (processo de recuperação das informações de um edifício em tempo real) e o COBie - *Construction Operations Building Information Exchange* (formato de troca de informações), o plano de manutenção e controle de garantias do empreendimento. A Figura 17 a seguir apresenta um resumo das dimensões do BIM.

Figura 17 –Dimensões do BIM.



Fonte: Hashtagbim. (2017).

6.2. NÍVEIS DE MATURIDADE

A transição do CAD para BIM está, de fato, sendo um marco na história da arquitetura e engenharia, com toda a tecnologia e melhorias que o sistema possibilita, o trabalho dos profissionais fica mais rápido e com maior qualidade. Os sistemas baseados em tecnologia BIM são vistos como a evolução dos sistemas CAD, gerenciando o ciclo de vida completo de uma construção, através de um banco de informações inerentes a um projeto, vinculando todos os profissionais envolvidos no empreendimento. No quadro 03 é possível observar algumas diferenças entre os sistemas CAD e BIM:

Quadro 03 - comparativo entre CAD e BIM

CAD	BIM
Método: tradicional	Método: Inovador
A concepção se baseia na criação de desenhos técnicos que reunidos possibilitam a compreensão do edifício. Apenas possibilita conferir medidas lineares e áreas de ambientes.	A concepção se fundamenta na elaboração de um modelo tridimensional virtual que permite a extração de desenhos técnicos como também de dados inerentes ao projeto.
Projeta com textos e linhas (vetores).	Projeta com objetos paramétricos.
Desenho 2D. Todo os outros documentos complementares, tabelas, cronogramas, simuladores, planilhas entre outros são elaborados separadamente e manualmente.	Pensa no modelo, executa, e extrai o que se deseja: vistas, cortes (3D), tabelas, quantitativos, etc., além de documentos que fazem parte de um banco de dados de modo automático.
Os desenhos formam objetos com linhas e volume.	Os objetos já são paredes, portas, janelas e elementos prontos.
Consta no arquivo informações como: posições no espaço; Componentes: linhas ou volumes; Aparência: textura.	Consta no arquivo informações como: geometria 3D, posição no espaço: parâmetros de controle; custos, cronogramas; especificações, fabricantes entre outras informações.

Fonte: autoria própria.

A implantação da tecnologia BIM não é uma tarefa simples e rápida. Para que possa ocorrer de modo correto é necessário a implantação de todos os seus estágios (figura 18). Diversos autores, tratam deste assunto como nível de maturidade, ou seja, baseia-se no estágio de seu desenvolvimento.

Figura 18 – Fluxograma dos Níveis de Maturidade



Fonte: Compilado de Coelho e Novaes (2008)

O primeiro nível é chamado Pré-BIM que consiste em métodos tradicionais de se projetar através de linhas e detalhes 2D, utilizando softwares em CAD. O fluxo de trabalho é baseado em documentação e há falta de interoperabilidade, integração e colaboração entre os profissionais envolvidos. Para Tobin (2008), existem três estágios: BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0.

BIM 1.0 – MODELAGEM

A tecnologia é utilizada como uma ferramenta. O processo de trabalho é individualizado, ou seja, apenas o projetista tem participação no projeto, os profissionais das demais disciplinas não. Este nível representa a emergência dos aplicativos baseados em objetos paramétricos, que substituem gradativamente os softwares de CAD tradicionais. As principais características da geração BIM 1.0 são:

“Capacidade de coordenação de documentos, adição de informações aos objetos e rápida produção de documentos. Com isso geram-se documentos em tempo real, bem como, passa-se a trabalhar com modelos geométricos tridimensionais com informações agregadas substituindo modelos bidimensionais.”
Tobin (2008).

BIM 2.0 – COLABORAÇÃO

Neste nível a tecnologia é utilizada expandida para os demais profissionais envolvidos, de todas as disciplinas, o projetista já não trabalha mais de forma isolada, assim a interoperabilidade e cooperação tornam-se cruciais, melhorando a troca de informações, ampliando a percepção das possibilidades, exigindo diferentes tipos de desempenho para o mesmo empreendimento.

Tobin (2008) denomina essa etapa do BIM como *“The Big Bang in Reverse”*, pois, segundo ele, é quando diversas galáxias de projetistas e construtores, que viviam em constante desentendimento de informações, convergem para um ponto comum, que é o resultado do produto final.

BIM 3.0 – INTEGRAÇÃO

De acordo com Tobin (2008), essa é a geração da prática integrada. O processo de projeto caracteriza-se por trabalhos em equipes multidisciplinares, utilizando modelos integrados e cujo fluxo de informações acontecerão de forma contínua, sem perdas ou sobreposições.

Os diferentes profissionais irão construir um “modelo único” para um propósito coletivo que é a construção virtual do modelo do edifício, chamado por Tobin (2008) como “protótipo do edifício”. Esse protótipo está representado por uma rede centralizada de banco de dados em que o modelo BIM é construído de forma colaborativa em um ambiente virtual tridimensional, Tobin (2008).

Essa etapa do BIM permite usar o potencial dos três pilares da tecnologia: modelagem paramétrica, interoperabilidade e gestão da informação do ciclo de vida, Ruschel et al. (2010).

6.3. INTEROPERABILIDADE E LOD

A ideia da interoperabilidade parte do pressuposto de que uma melhor coordenação de projetos requer um mecanismo que seja capaz de interligar as diversas informações da construção, de forma que todas elas consigam ser inseridas num repositório comum; Inovação, Produtividade e Empreendedorismo na Engenharia Civil (2013).

De acordo com a *International Organization for Standardization (2011)*, interoperabilidade pode ser definida como a habilidade de dois ou mais sistemas (computadores, meios de comunicação, *software* e outros componentes de tecnologia da informação) de interagir e de intercambiar dados de acordo com um método definido, de forma a obter os resultados esperados e sem perdas de informações.

O “*Level of Development*” (LOD) ou “Nível de Desenvolvimento”, permite aos profissionais da indústria de AEC especificar e articular com alto nível de clareza o conteúdo e a confiabilidade do BIM em vários estágios do processo de projeto e construção. De acordo com a AIA - *American Institute of Architects (2013)*, a especificação de LOD define e ilustra as características dos elementos do modelo de diferentes sistemas de construção em diferentes níveis de desenvolvimento, permitindo que os autores definam para que seus modelos podem ser confiáveis, permitindo que os usuários entendam claramente a sua usabilidade e limitações.

A AIA elaborou uma classificação dos LOD em 5 níveis (de 100 a 500), onde LOD subsequente é baseado no nível anterior e incluindo suas características. Isso permite ter diferentes LOD em diferentes etapas de desenvolvimento dos elementos. As classificações podem ser associadas aos seguintes significados:

LOD 100: conceito;

LOD 200: Geometria aproximada;

LOD 300: Geometria precisa;

LOD 400: Adequado para realização;

LOD 500: “as built”, como realizado.

7 QUANTITATIVOS E ESTIMATIVA DE CUSTOS – REVIT

Atualmente, a maioria dos projetos, nas suas diversas disciplinas (arquitetônica, estrutural, instalações etc.) ainda são representados por desenhos bidimensionais que são utilizados para representar a construção através de cortes, vistas e detalhes, que nem sempre são de fácil entendimento para quem lida com eles na execução de um procedimento ou para o levantamento de quantitativos, Inovação, Produtividade e Empreendedorismo na Engenharia Civil (2013).

Apesar de todos os avanços nos modelos CAD, os desenhos bidimensionais se mostram com baixa capacidade para coordenar as informações da construção, pois nessa forma de representar, as informações ficam diluídas em diversos

arquivos independentes, e a modificação em um deles não gera reflexos nos demais, podendo levar a má coordenação das informações da construção pois, um quantitativo de serviços, por exemplo, pode não refletir a realidade, e gerar dados inconsistentes, atrapalhando o construtor, Inovação, Produtividade e Empreendedorismo na Engenharia Civil (2013).

Devido a essa necessidade de uma boa coordenação de projetos, entra a ideia de interoperabilidade, mas além dessa ferramenta, é necessário que os projetos abandonem o modelo puramente geométrico de representação e adotem a ideia de objetos paramétricos como também a ideia que estão construindo de fato um protótipo do edifício.

Eastman et al. (2014) chama de “estimativa de custos paramétrica”, as quantidades cujo cálculo é baseado nos principais parâmetros da construção. Esses quantitativos, em geral, não estão disponíveis em aplicativos para projeto preliminar, por não definirem tipos de objetos, é aí que os softwares BIM têm diferencial. A importância de levar o modelo do projeto preliminar para o BIM dar-se pela viabilização uma boa extração de quantitativos e a realização de estimativas de custo aproximadas.

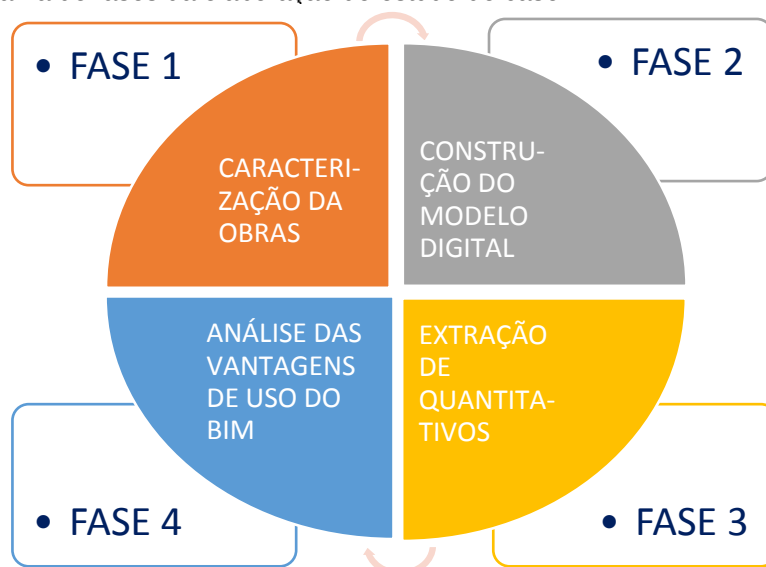
Na modelagem paramétrica os objetos não são representados por geometrias e propriedades fixas. Ao invés disso, eles são definidos por parâmetros e regras que determinam o seu comportamento na construção, além da sua geometria. As regras e os parâmetros podem se relacionar com outros objetos, permitindo assim que sejam atualizados automaticamente de acordo com as modificações feitas nos demais, Eastman et al. (2014).

De acordo com o que já foi mostrado a respeito do ciclo de vida de um projeto, percebe-se que a tecnologia BIM é capaz de agregar valor aos projetos, sendo uma ferramenta poderosa para atividade de orçamentação de uma obra por meio da extração automática de quantitativos – objeto de estudo desse trabalho.

8 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado nesse trabalho tem a finalidade de avaliar a aplicação da ferramenta BIM e suas vantagens no levantamento de quantitativo de uma obra, apresentando os resultados obtidos. A figura 19 apresenta um fluxograma com as fases seguidas na elaboração do estudo utilizando o *software Autodesk Revit® 2018* em todo o processo.

Figura 19: Fluxograma de fases da elaboração do estudo de caso



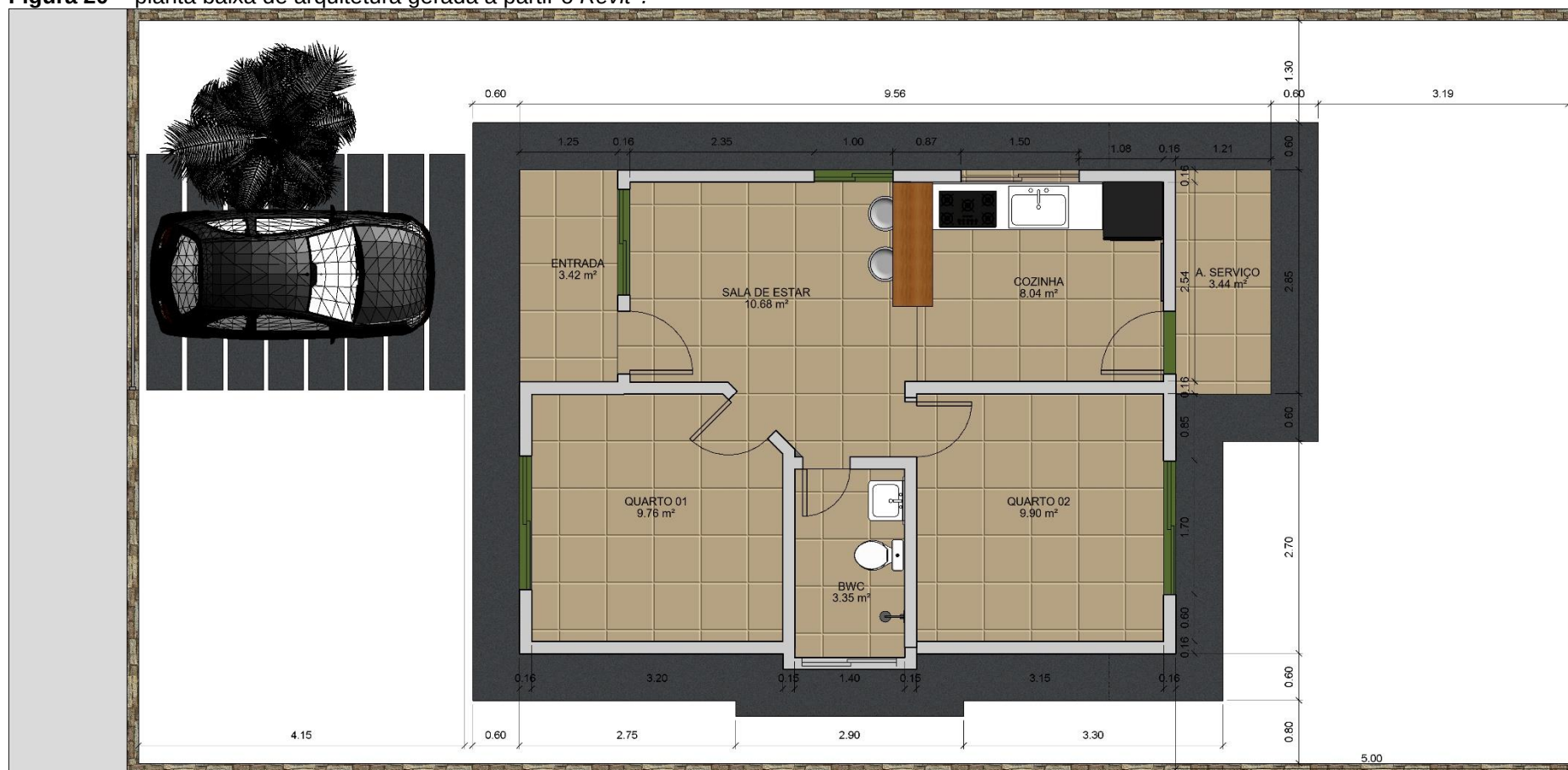
Fonte: Autoria Própria (2018)

8.1 FASE 1: caracterização da obra

A edificação trata-se de uma residência unifamiliar térrea de 51,69 m² de área construída que possui uma área de circulação interna e cinco cômodos: dois quartos, um banheiro, sala com terraço e cozinha com área de serviço. A Figura 20 apresenta a planta baixa da casa com as dimensões dos cômodos, localização das esquadrias, limites da calçada, projeção da cobertura e outras informações que foram importantes para a construção do modelo virtual. A figura 21 é a perspectiva arquitetônica para melhor visualização do modelo.

Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 20 - planta baixa de arquitetura gerada a partir o Revit®.



Fonte: Autoria própria (2018). Planta baixa extraída do software Autodesk Revit® 2018.

Figura 21 - Perspectiva do modelo digital



Fonte: Autoria própria (2018). Perspectiva extraída do software Autodesk Revit® 2018.

O Projeto de Arquitetura é de autoria e utilizado pela Professora e Arquiteta Suerda Campos nas suas disciplinas do Centro Universitário (UNIRN) que contém o *AutoCAD*[®], tanto no curso de Engenharia Civil como o de Arquitetura e Urbanismo. Ao mesmo tempo, é utilizado pela Professora e Arquiteta Sandra Albino também na mesma instituição e cursos, sendo que nas suas cátedras utiliza-se o *software Autodesk Revit*[®].

As duas docentes supracitadas são responsáveis pela implantação do BIM e pesquisas deste tema em nossa instituição, a ideia inicial foi desenvolver a extração dos quantitativos em um objeto de estudo já utilizado por diversas turmas e disciplinas. Sendo que esta ação é inédita e possibilitará outros estudos (tanto para os demais discentes como para as docentes mencionadas.).

Com o modelo de Arquitetura e o levantamento dos quantitativos produzidos nesse trabalho, foi possível trabalhar com a Dimensão BIM 3D (modelagem em 3D), o Nível de Maturidade foi do BIM 1.0 e o LOD 400 (nível de desenvolvimento adequado para realização). É certo que haverá limitações já que faltam dados mais consistentes como o modelo estrutural e instalações, no entanto isto não impossibilita o uso de *Softwares* BIM nem mesmo a confiabilidade do que foi elaborado.

8.1.1 Descritivo dos materiais utilizados

Essa etapa consiste em um memorial que descreve os materiais adotados para elaborar o modelo virtual mostrado nesse trabalho. Foi desconsiderado no planejamento todos os serviços técnicos iniciais e serviços preliminares pois não seriam relevantes para finalidade desse trabalho.

Os quadros 4, 5 e 6 apresentarão cada elemento e onde estão localizados, seguido pelo detalhamento de cada material que os compões. Todas as paredes têm em seu núcleo tijolos cerâmicos de 8 (oito) furos e a cobertura é composta por madeiramento convencional e telha colonial com inclinação de 25%.

Quadro 4 – Materiais da fundação

FUNDAÇÃO	LOCAL	MATERIAIS	DESCRIÇÃO
	MURO	CINTA CORRIDA	Concreto moldado <i>in loco</i> : traço de cimento, brita, gravilhão e areia.
	EDIFICAÇÃO	LAJE RADIER	Concreto armado
			Tela impermeabilizante.
			Lona.

Fonte: Autoria própria (2018).

Quadro 5 – Materiais das paredes

PAREDES	LOCAL		MATERIAL	DESCRIÇÃO
	MURO	FACHADA	REVESTIMENTO DE PEDRA	Chapisco
				Reboco
				Argamassa Colante
				Revestimento de Pedra
		LATERAIS E POSTERIOR	SEM TEXTURA OU REVESTIMENTO	Chapisco
				Reboco
				Selador
	EXTERNAS	EDIFICAÇÃO	TEXTURA ACRÍLICA	Chapisco
				Reboco
				Selador
				Textura Acrílica
	INTERNAS	SALA DE ESTAR E QUARTOS	TINTA PVA BRANCA	Chapisco
				Reboco
				Massa Corrida
				Selador
				Tinta PVA
		COZINHA	TINTA PVA BRANCA	Chapisco
				Reboco
				Massa Corrida
				Selador
				Tinta PVA
			PORCELANATO 60X60	Chapisco
				Reboco
				Argamassa Colante
				Porcelanato
				Rejunte
		BANHEIRO (BWC)	PORCELANATO 60X60	Chapisco
				Reboco
				Argamassa Colante
				Porcelanato
				Rejunte

Fonte: Autoria própria (2018).

Quadro 6 – Materiais dos Pisos

PISO	LOCAL		MATERIAL	DESCRIÇÃO
	CALÇADA		PISO INTERTRAVADO	Peças pré-moldadas
	ESTACIONAMENTO		CIMENTO DESEMPENADO	Regularização de piso
				Peças pré-moldadas
	EDIFICAÇÃO	ÁREAS SECA: SALA DE ESTAR E QUARTOS	PORCELANATO 60X60	Regularização de piso
				Contra-piso
				Argamassa colante
				Porcelanato 60x60
				Rejunte
		ÁREAS MOLHADA: COZINHA, BANHEIRO, ÁREA DE SERVIÇO E ENTRADA	PORCELANATO 60X60	Regularização de piso
				Impermeabilizante
				Contra-piso
				Argamassa colante
				Porcelanato 60x60
				Rejunte

Fonte: Autoria própria (2018).

8.2 FASE 2: construção do modelo digital (REVIT)

A etapa de planejamento foi de competência da Professora e Arquiteta Suerda Campos que, em um primeiro momento elaborou no *AutoCAD*® o mesmo projeto aqui apresentado. O modelo virtual 3D da obra elaborado no *software Autodesk Revit*® 2018 (estudo de caso desse trabalho), foi elaborado com a orientação da Professora e Arquiteta Sandra Albino.

A partir da modelagem virtual foi possível compreender as diferentes dimensões, níveis de maturidade e níveis de desenvolvimento explanados anteriormente. No estudo de caso apresentado aqui, foi possível trabalhar as seguintes vertentes referente aos aspectos dessa tecnologia (para ver todos os aspectos detalhadamente, ver tópico 6):

8.2.1 Quanto a Dimensão

No projeto em estudo foi possível utilizar a Dimensão do BIM 3D, ou seja, foi elaborada uma modelagem 3D que possibilita a visualização exata do que foi projetado, com todos os elementos necessários para sua caracterização. Esses detalhes garantem o entendimento e a eficácia do processo, seja entre os profissionais envolvidos ou entre o profissional e o cliente, mesmo nas fases iniciais da edificação.

8.2.2 Quanto ao Nível de Maturidade

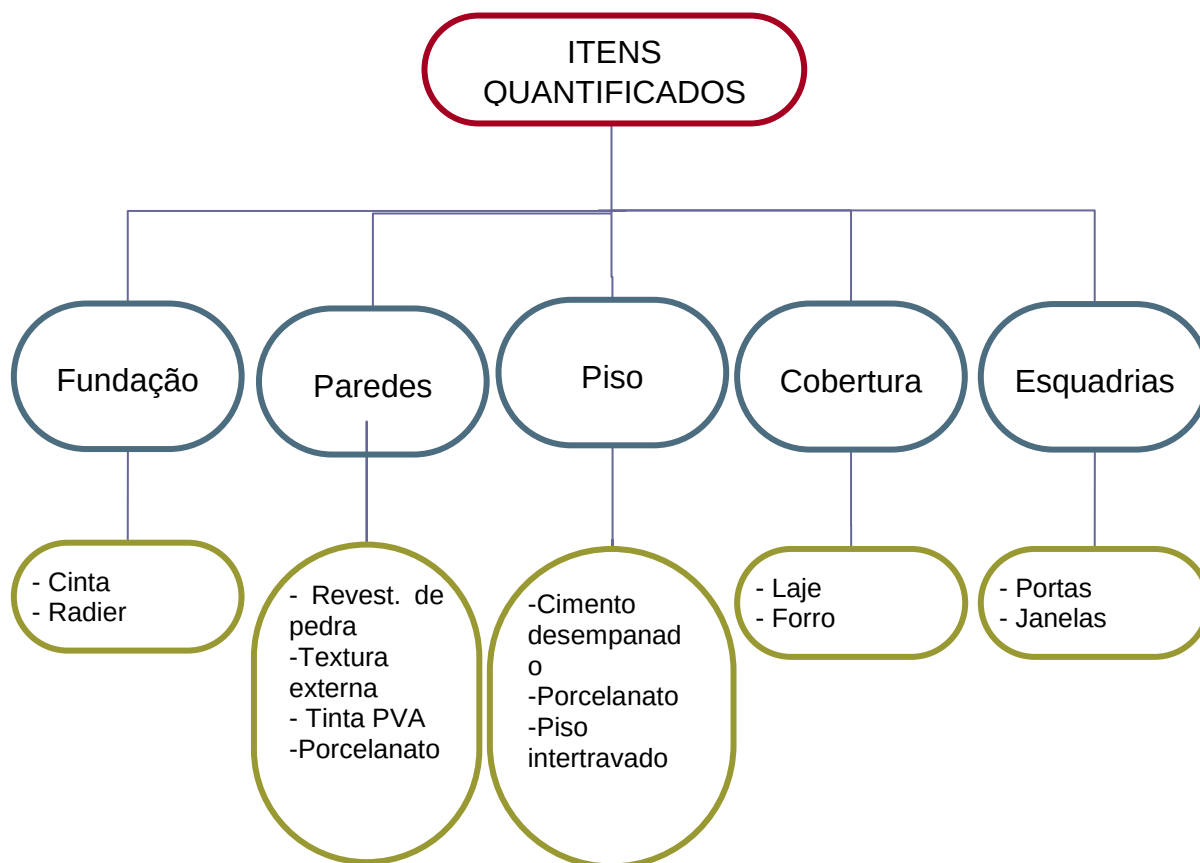
A elaboração do modelo em estudo tem Nível de Maturidade BIM 1.0 pois é de autoria de um único profissional, ou seja, com participação apenas de um projetista. Não houve profissionais das demais disciplinas envolvidas, pois trata-se de um Trabalho de Conclusão de Curso elaborado individualmente (seguindo normas da Instituição), além de ter sido respeitado as limitações de conhecimento e uso do *software Revit®* pelo elaborador.

A opção pelo uso do *Revit®*, por ser tecnologia BIM, possibilitou além da modelagem tridimensional, a geração no próprio *software* das tabelas de quantitativo dos materiais utilizados, onde foi possível verificar e editá-los quando necessário. Ver figuras 27, 28 e 29.

8.2.3 Quanto ao LOD – Nível de desenvolvimento

O modelo desenvolvido apresenta elevado nível de confiabilidade devido ao detalhamento de seus elementos, sendo assim de LOD 400. Os elementos selecionados para a quantificação foram aqueles pertencentes as etapas que respondiam, acumuladamente, por 80% do custo direto total da obra. As etapas correspondentes a esses elementos estão apresentadas no fluxograma da figura 22 a seguir:

Figura 22 – Itens quantificados na elaboração da modelagem



Fonte: Autoria própria (2018).

8.3 FASE 3: **extração de quantitativos**

EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS ATRAVÉS DO REVIT®

Todos os materiais contidos na tabela 1 fazem parte do modelo digital criado para elaboração desse TCC. A escolha desses materiais foi um consenso a orientanda e orientadora em reuniões, onde optaram por utilizar materiais funcionais e de fácil acesso no mercado da construção civil.

Para extração do quantitativo, no primeiro momento foram definidos os materiais que compõem a residência. Após isso foi elaborado o modelo virtual aplicando-os de acordo com a finalidade do ambiente (figura 23).

Figura 23 – Modelo digital com corte para melhor visualização dos materiais



Fonte: Autoria própria (2018). Compilado do Autodesk Revit® 2018.

Para a criação dos elementos foi necessário configurar no Autodesk Revit® 2018. Alguns já continham a composição correta para planejamento, porém em outros foi necessário criar um novo, por exemplo: no ambiente cozinha optou-se por uma parede que até 1,80m é revestimento de porcelanato 60x60 e o restante tinta PVA branca e o lado externo foi definido como de textura acrílica. Para chegar a isso, foi criada uma parede empilhada com esses revestimentos/pintura e suas composições: chapisco, reboco, massa corrida (PVA), selador (PVA), argamassa colante (porcelanato). Para os elementos da fundação não foi necessário editar pois tanto a cinta (muro) como a laje radier (edificação) já estavam prontas no template utilizado. As figuras 24, 25 e 26 apresentam cortes onde é possível observar como ficou a aplicação desses materiais no modelo virtual.

Figura 24 – Corte 01: Cozinha e quarto.



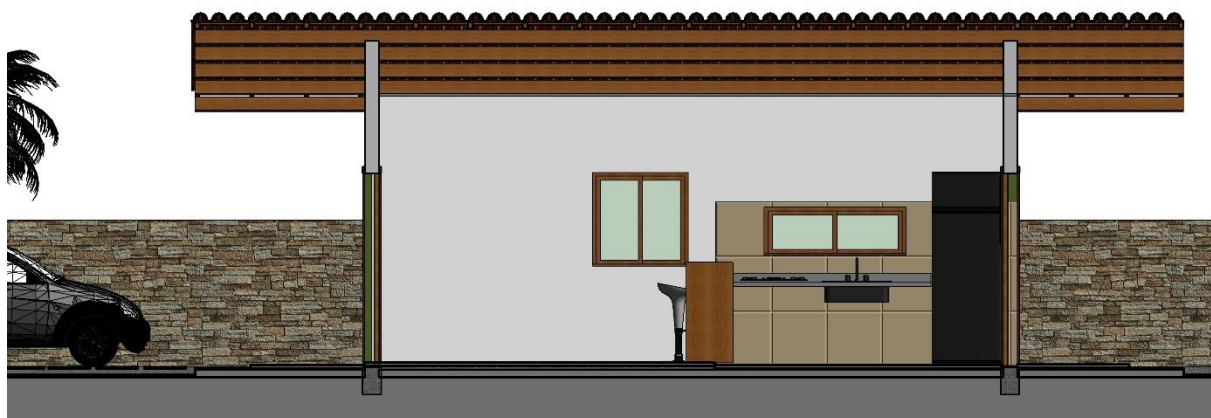
Fonte: Autoria própria (2018). Compilado do Autodesk Revit® 2018.

Figura 25 – Corte 02: Cozinha e banheiro.



Fonte: Autoria própria (2018). Compilado do Autodesk Revit® 2018.

Figura 26 – Sala de estar e cozinha



Fonte: Autoria própria (2018). Compilado do Autodesk Revit® 2018.

Depois de conferidos as composições de todos os elementos e verificados na opção de mostrar no modelo (“Realçar no modelo”), foi feito o exame nas tabelas de materiais, janelas e portas, elaboradas automaticamente pelo próprio Revit®. Estes foram configurados de acordo com suas classificações, por exemplo: inicialmente o banheiro ia ser revestido com cerâmica 45x45, mas no decorrer da modelagem mudou para porcelanato 60x60, já que é mais comum seu uso; na tabela de quantitativos ainda estava constando a cerâmica, porém, nessa etapa foi substituída pelo material correto.

Estando todos os elementos com suas composições corretas e as tabelas devidamente configuradas no Revit®, cada material em sua correta classificação, foi extraída a tabela para o Excel®. Quando deseja-se fazer isso, a tabela só pode ser salva no formato “txt”, mas isso não atrapalha o resultado final, uma vez aberta no Excel® só é necessário formatar e salvar no formato que desejar. Ressalta-se aqui que foi utilizado o sistema de classificação utilizado pelas planilhas padrão fornecidas pela Caixa Econômica, maior financiadora e investidora do setor habitacional no Brasil.

Tabela 1 – Quantitativo de materiais.

01 - QUANTITATIVO MATERIAIS - TOTAL				
Material: Descrição	Un.	Material: Classificação	QUANT. P/ AP (Volume)	QUANT. P/ CASA (área)
4 - FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA				
Concreto Armado	M3	4 - FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA	14.23 m³	71.13 m²
Lona Plástica	M2	4 - FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA	0.00 m³	71.13 m²
Tela plástica estruturante p/ argamassa rodapé	M2	4 - FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA	0.00 m³	71.13 m²
5 - ESTRUTURA				
Concreto moldado in loco	M3	5 - ESTRUTURA	5.23 m³	89.46 m²
Laje Pré-Moldada	M2	5 - ESTRUTURA	0.26 m³	3.29 m²
6 - PAREDES E PAINÉIS				
Alvenaria de Tijolo Furado	M2	6 - PAREDES E PAINÉIS	19.63 m³	218.68 m²
14 - REVESTIMENTO				
Argamassa colante AC3	M2	14 - REVESTIMENTO	1.46 m³	187.42 m²
Chapisco	M2	14 - REVESTIMENTO	14.56 m³	1129.53 m²
Porcelanato 60x60	M2	14 - REVESTIMENTO	1.66 m³	87.31 m²
15 - FORRO				
Forro de gesso	M2	15 - FORRO	0.08 m³	42.25 m²
16 - PINTURA				
Massa acrílica	M2	16 - PINTURA	0.34 m³	42.25 m²
Massa Corrida	M2	16 - PINTURA	0.82 m³	197.67 m²
Tinta Látex/PVA	M2	16 - PINTURA	0.64 m³	128.02 m²
Tinta Seladora Branca	M2	16 - PINTURA	0.00 m³	266.55 m²
17 - TEXTURAS				
Textura Acrílica Verde	M2	17 - TEXTURAS	0.40 m³	79.15 m²
18 - PAVIMENTAÇÕES				
Piso cimento Desempenado	M2	18 - PAVIMENTAÇÕES	0.63 m³	31.28 m²
Piso Intertravado	M2	18 - PAVIMENTAÇÕES	1.45 m³	14.53 m²
Regularização de piso	M2	18 - PAVIMENTAÇÕES	0.50 m³	83.43 m²

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit® 2018 (2018).

Tabela 2 – Quadro de janelas

05 - QUADRO DE JANELAS						
ITEM	QTD.	DIMENSÕES				TIPO E MODELO
		LARG.	ALT.	PEIT.	ÁREA (m²)	MODELO
J1	2	1.70	1.00	1.10	1.70	Janela de correr com alisar - 2 folhas
J2	1	1.35	1.00	1.10	1.35	Janela de correr com alisar - 3 folhas
J3	1	1.20	0.50	1.60	0.60	Janela de correr com alisar - 3 folhas
J4	1	1.50	0.50	1.22	0.75	Janela de correr com alisar - 2 folhas
J5	1	1.00	1.00	1.10	1.00	Janela de correr com alisar - 3 folhas

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit® 2018 (2018).

Tabela 3 – Quadro de portas.

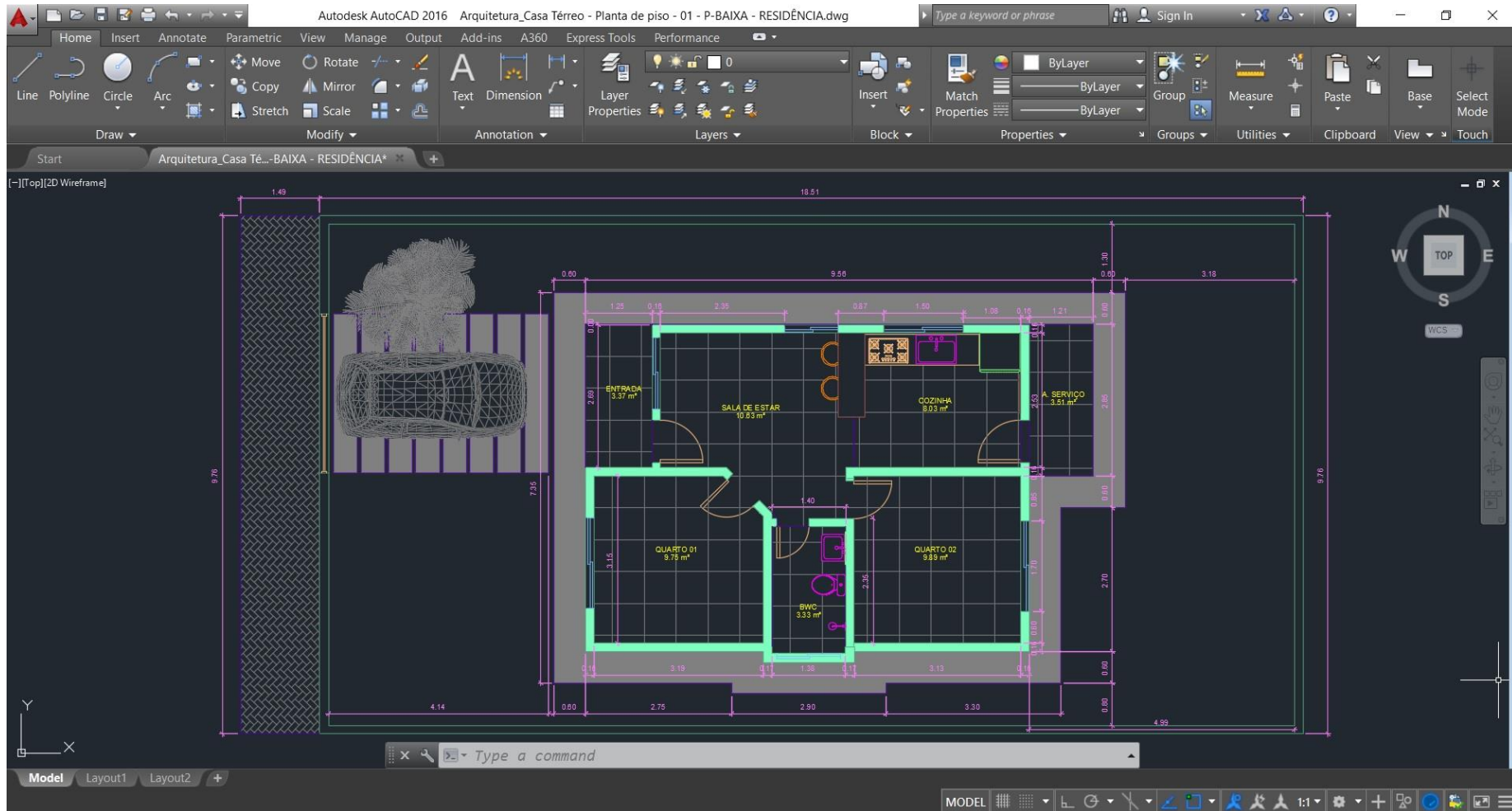
06 - QUADRO DE PORTAS						
ITEM	QTD.	DIMENSÕES			TIPO E MODELO	
		ALT.	LARG.	ÁREA	TIPO	MODELO
P1	1	2.10	0.60	1.26 m²	1	Madeira de Lei
P2	2	2.10	0.80	1.68 m²	1	Madeira de Lei
P3	2	2.10	0.70	1.47 m²	1	Madeira de Lei
P4	1	1.60	3.00	4.80 m²	1	Madeira de Lei

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit® 2018 (2018).

EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS ATRAVÉS DO AutoCAD®

Foi elaborado também um quantitativo de forma tradicional com o intuito de enriquecer a análise da fase 4 que diz respeito as vantagens do uso do BIM para quantificar uma obra, a partir disso foi possível elaborar também um orçamento baseado no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) da Caixa Econômica Federal. O modelo desse estudo - caracterizado no item 8.1 - elaborado no Revit®, foi exportado para o Software AutoCAD® (figura 27) que converteu em um projeto 2D no formato “dwg”. Com isso, foi criada uma planilha orçamentária (tabela 4) no Excel® que consta todos itens com suas devidas composições.

Figura 27: Planta baixa de arquitetura no layout do *AutoCAD*®



Fonte: 1 Autoria própria (2018). Planta baixa extraída do software Autodesk AutoCAD® 2016.

Tabela 4: Planilha de quantitativos e orçamento elaborada de modo tradicional.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA									
OBRA :		RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR					BDI : 25%		
LOCAL :		MUNICÍPIO DE NATAL/RN					DATA : jun/18		
PREÇO:		TABELA SINAPI/RN DESONERADO JANEIRO 2018							
ITEM	CÓDIGO	REFERÊNCIA	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇOS (R\$)			
						UNITÁRIO	PARCIAL	TOTAL	
1			FUNDAÇÕES/ESTRUTURAS					R\$ 9.304,72	
1.1	97096	SINAPI	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA, PARA ESPESSURA DE 20 CM - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2017	M3	11,04	365,30	R\$ 4.032,91		
1.2	COMP 1	CAERN	CONCRETO ARMADO PARA SAPATAS, PILARETES CINTAS Fck=25 Mpa INCLUSIVE FÔRMAS E LANÇAMENTO	M3	3,36	1488,83	R\$ 5.002,47		
1.3	68053	SINAPI	FORNECIMENTO/INSTALACAO LONA PLASTICA PRETA, PARA IMPERMEABILIZACAO, ESPESSURA 150 MICRAS.	M2	55,19	4,88	R\$ 269,34		
2			ALVENARIAS					R\$ 5.570,81	
2	87490	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2	185,57	30,02	R\$ 5.570,81		
3			ESQUADRIAS						R\$ 4.374,26
3.1	90841	SINAPI	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 60X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	1	612,82	R\$ 612,82		
3.2	90842	SINAPI	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 70X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	2	652,10	R\$ 1.304,20		
3.3	90843	SINAPI	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 80X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	2	671,67	R\$ 1.343,34		
3.4	68054	SINAPI	PORTÃO DE FERRO EM CHAPA GALVANIZADA PLANA 14 GSG	M2	4,8	202,57	R\$ 972,34		
3.5	COMP 2	COMPOSIÇÃO	JANELA DE PVC 170X100 cm EM 2 FOLHAS, INCLUSIVE VIDRO LISO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UND	2	0,00	R\$ 0,00		
3.6	COMP 3	COMPOSIÇÃO	JANELA DE PVC 135X100 cm EM 3 FOLHAS, INCLUSIVE VIDRO LISO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UND	1	0,00	R\$ 0,00		
3.7	COMP 4	COMPOSIÇÃO	JANELA DE PVC 120X50 cm EM 3 FOLHAS, INCLUSIVE VIDRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UND	1	0,00	R\$ 0,00		
3.8	COMP 5	COMPOSIÇÃO	JANELA DE PVC 150X50 cm EM 2 FOLHAS, INCLUSIVE VIDRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UND	1	0,00	R\$ 0,00		
3.9	COMP 6	COMPOSIÇÃO	JANELA DE PVC 100X100 cm EM 3 FOLHAS, INCLUSIVE VIDRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UND	1	0,00	R\$ 0,00		
3.10	90826	SINAPI	ALIZAR / GUARNIÇÃO DE 5X1,5CM PARA PORTA DE 60X210CM FIXADO COM PREGOS, PADRÃO MÉDIO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	1	26,90	R\$ 26,90		
3.11	90827	SINAPI	ALIZAR / GUARNIÇÃO DE 5X1,5CM PARA PORTA DE 70X210CM FIXADO COM PREGOS, PADRÃO MÉDIO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	2	28,08	R\$ 56,16		
3.12	90828	SINAPI	ALIZAR / GUARNIÇÃO DE 5X1,5CM PARA PORTA DE 80X210CM FIXADO COM PREGOS, PADRÃO MÉDIO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	UN	2	29,25	R\$ 58,50		
4			REVESTIMENTO						R\$ 9.523,65
4.1	87894	SINAPI	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (SEM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L.	M2	390,5	3,87	R\$ 1.511,24		
4.3	87546	SINAPI	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA MENOR QUE 5M2, ESPESSURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M2	32,97	17,03	R\$ 561,48		
4.4	87529	SINAPI	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_06/2014	M2	357,53	20,84	R\$ 7.450,93		

Fonte: Autoria própria (2018). Compilado do Excel[®].

Continuação da tabela 4 “Planilha de quantitativos e orçamento elaborada de modo tradicional”.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA									
OBRA :		RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR					BDI : 25%		
LOCAL :		MUNICÍPIO DE NATAL/RN					DATA :		jun/18
PREÇO:		TABELA SINAPI/RN DESONERADO JANEIRO 2018							
ITEM	CÓDIGO	REFERÊNCIA	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇOS (R\$)			
						UNITÁRIO	PARCIAL	TOTAL	
4.5	COMP 7	COMPOSIÇÃO	MOSAICO DE PEDRA NATURAIS SÃO TOMÉ PARA PAREDE DE FACHADAS PLACA 30X30 cm - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M2	20,26	0,00	R\$ 0,00		
5			PAVIMENTAÇÃO					R\$ 11.693,68	
5.1	95241	SINAPI	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIER, ESPESSURA DE 5 CM. AF_07_2016	M2	48,51	17,55	R\$ 851,35		
5.2	87263	SINAPI	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO PORCELANATO DE DIMENSÕES 60X60 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10 M². AF_06/2014	M2	81,48	107,61	R\$ 8.768,06		
5.3	73922/1	SINAPI	PISO CIMENTADO TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA) ACABAMENTO LISO ESPESSURA 3,5CM, PREPARO MANUAL DA ARGAMASSA	M2	32,89	39,65	R\$ 1.304,09		
5.5	92396	SINAPI	EXECUÇÃO DE PASSEIO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COR NATURAL DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 6 CM. AF_12/2015	M2	14,54	52,97	R\$ 770,18		
6			PINTURA					R\$ 2.992,25	
6.1	88483	SINAPI	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR LÁTEX PVA EM PAREDES, UMA DEMÃO. AF_06/2014	M2	331,67	2,00	R\$ 663,34		
6.2	88487	SINAPI	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_06/2014	M2	101,35	7,45	R\$ 755,06		
6.3	95305	SINAPI	TEXTURA ACRÍLICA, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDE, UMA DEMÃO. AF_09/2016	M2	71,89	9,74	R\$ 700,21		
6.4	88497	SINAPI	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_06/2014	M2	101,35	8,62	R\$ 873,64		
6.5	6082	SINAPI	PINTURA EM VERNIZ SINTETICO BRILHANTE EM MADEIRA, TRES DEMAOS	M2	7,56	12,69	R\$ 95,94		
TOTAL									R\$ 43.459,37
TOTAL COM BDI									R\$ 54.324,21

Na planilha de quantitativos elaborada pelo método tradicional, o portão de madeira da fachada que foi utilizado na modelagem do *Revit*® não existia no SINAPI, assim, foi substituído por um portão de ferro em chapa galvanizada (item 3.4) no lugar se der elaborada uma nova composição. Vale ressaltar também que o revestimento de pedra do muro não foi quantificado pelo *Revit*® pois as tabelas utilizadas não continham o item pois já haviam sido elaboradas pela da Prof. e Arquiteta Sandra Albino.

8.4 FASE 4: análise das vantagens e limitações de uso do bim

A tecnologia BIM é, de fato, um grande avanço para indústria da Construção Civil, possibilitando benefícios em todo o ciclo de vida do projeto, e mais ainda pelo fato de o Governo Federal do Brasil e os profissionais da AEC estarem buscando acompanhar esse avanço. A utilização dessa tecnologia traz muitas vantagens, a começar pelo planejamento e modelagem tridimensional, onde é possível ter elevada precisão quando for executar, pois modela-se os elementos como serão construídos, com cada material que foi planejado e a execução é como mostra o modelo.

Das vantagens do BIM, pode-se destacar ainda o menor desperdício de materiais e redução de alterações durante a execução da obra, já que a modelagem quando bem feita gera o quantitativo dos materiais com a menor margem de erro possível, quando mais elaborada e detalhada a modelagem, mais preciso os quantitativos e menor a margem para erro no orçamento.

O tempo é um escopo primordial e com o uso do BIM, os prazos podem ser reduzidos, mas para que isso aconteça é necessário domínio da ferramenta. O estudo de caso apresentado nesse TCC, por exemplo, é uma pequena edificação que teria sido modelada em bem menos tempo se houvesse domínio da ferramenta, que não foi o caso. As limitações de domínio atrapalham em qualquer etapa de uma obra, mas a falta de domínio do *Software* sem orientação e dedicação para fazer correções, pode acarretar no que é o oposto à proposta dele, gerando falta ou excesso de materiais e, conseqüentemente, furos no orçamento e prejuízo ao cliente.

Porém, se analisado em um contexto geral, fazendo um comparativo entre o tempo de planejar, modelar, elaborar quantitativo e ainda elaborar um orçamento, é indiscutível a agilidade e economia de tempo quando se usa um *Software* com método BIM onde além da modelagem 3D já elabora os quantitativos os orçamentos automaticamente, e um que elabore a modelagem em 2D onde será necessário utilizar outro sistema para criação das planilhas - o quadro 7 destaca aspectos com diferenças entre elaborar a modelagem nesses dois métodos.

Quadro 7: Aspectos com diferenças entre modelagem no BIM e método tradicional.

MÉTODO BIM	MÉTODO TRADICIONAL
O quantitativo já inclui nas esquadrias todos os elementos de sua composição como: vidro, alisar, PVC, madeira etc.	O quantitativo não inclui esquadrias todos os elementos, é necessário quantificar cada elemento que compõe o item.
Todo o concreto especificado no quantitativo já inclui a concretagem para o radier, cintas e onde mais houver, bem como todos os materiais necessários para execução. Isso é feito no momento do planejamento e edição do material escolhido. O mesmo ocorre com a lona ou qualquer outro item do modelo	O concreto do radier, cinta e onde mais for utilizado é quantificado separadamente, é colocado na planilha cada elemento da composição deles. O mesmo ocorre com lona ou qualquer outro item do projeto.
Na execução das paredes, seja ela de revestimento, painel, textura ou tinta PVA, os materiais de composição em comum são quantificados e orçados juntos.	Na execução das paredes, seja ela de revestimento, painel, textura ou tinta PVA, são quantificados e orçados levando em consideração cada etapa de execução e material que as compõe, separadamente e independentemente de terem materiais em comum.

Fonte: Autoria própria (2018).

CONCLUSÃO

A tecnologia BIM é atual e está em ascensão no que diz respeito a concepção e construção de um empreendimento, pois é possível planejar uma obra onde todos os profissionais envolvidos terão acesso de forma integrada e colaborativa as informações do projeto, possibilitando a melhor coordenação dos projetos e interligando as diversas informações da construção.

Esse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi elaborado a partir o uso de uma ferramenta BIM, o *Revit*® 2018 da empresa *Autodesk*, para o planejamento, elaboração do modelo digital tridimensional de uma habitação residencial unifamiliar térrea e extração de quantitativo de materiais e esquadrias.

Inicialmente foi feito o estudo sobre BIM para embasar teoricamente a elaboração desse trabalho, essa etapa foi de fundamental importância para entender em que se fundamenta tanto a tecnologia como as ferramentas derivadas dela. Devido a esse embasamento teórico, possível aprofundar-se e identificar nas etapas de elaboração do modelo virtual as características e funções do BIM, além de realizar uma revisão dos processos construtivos e metodologias de execução vistos no decorrer da graduação, seus conceitos e os materiais que devem ser utilizados em cada etapa construtiva de acordo com sua funcionalidade.

Para a elaboração do modelo digital 3D foi feito o planejamento e em seguida a modelagem no *Autodesk Revit*® 2018. Dentro das várias dimensões atribuídas ao BIM, o modelo de estudo nesse TCC enquadra-se no BIM 3D, onde foi possível a visualização exata do projetado, com todos os elementos necessários para sua caracterização, e, por fim, esse detalhamento garantiu a eficácia do processo, gerando modelo de um Nível de Desenvolvimento LOD 400, o que significa ser de elevada confiabilidade devido ao detalhamento de seus elementos.

Por fim, as pesquisas realizadas junto com a prática de utilização no *Revit*®, tornaram esse trabalho possível, que por sua vez tem importância tanto institucional, por ser o primeiro trabalho acadêmico com o referido tema, pioneiro no Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário do Rio Grande do Norte – UniRN, como no âmbito do desenvolvimento de pesquisas no geral para todos os que se interessarem, afinal, é uma contribuição em uma área nova que está em desenvolvimento no Brasil, logo, uma ciência em desenvolvimento.

Diante disso, mesmo com todas as limitações de utilização do *software* e as dificuldades que surgiram no emprego de uma ferramenta BIM, com os conhecimentos adquiridos a partir disso, é possível, ao final desse trabalho, ter em mente uma das tecnologias mais atuais do mercado de Construção Civil mundial, isso é suficiente para tornar todas as vantagens em utiliza-lo superiores as suas dificuldades.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

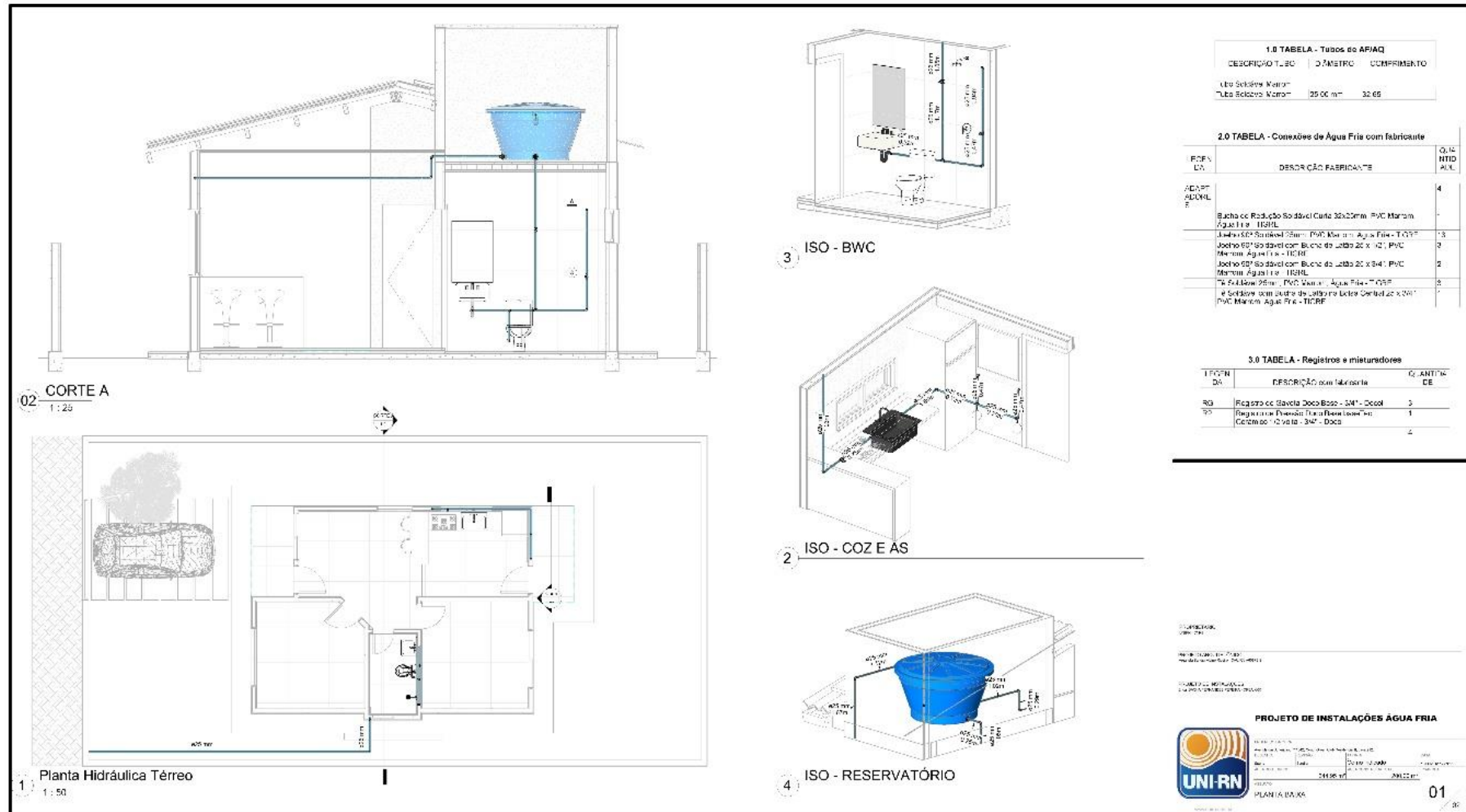
Diante das limitações na utilização do *software Autodesk Revit®* por falta de domínio da ferramenta e tempo limitado, por se tratar de um TCC de bacharelado, não foi possível elaborar um trabalho com maior escopo que abrangesse mais etapas do ciclo de vida de uma obra. Contudo, fica aberto o espaço para continuação da modelagem apresentada, bem como enriquecimento no referencial teórico com assuntos relevantes que foram conhecidos no decorrer do estudo, desenvolvendo, portanto, a parte teórica e prática.

Assim, como recomendação para trabalhos futuros, propõe-se:

- Projeto de instalação hidrossanitário;
- Projeto de instalação elétrica;
- Projeto estrutural;
- Elaboração de orçamento;
- Elaboração de novo quantitativo;
- Explanar detalhadamente como funciona o *software Revit®* MEP (*mechanical, electrical, and plumbing*);
- Abordar detalhadamente todas as ferramentas BIM mais utilizadas no mercado.

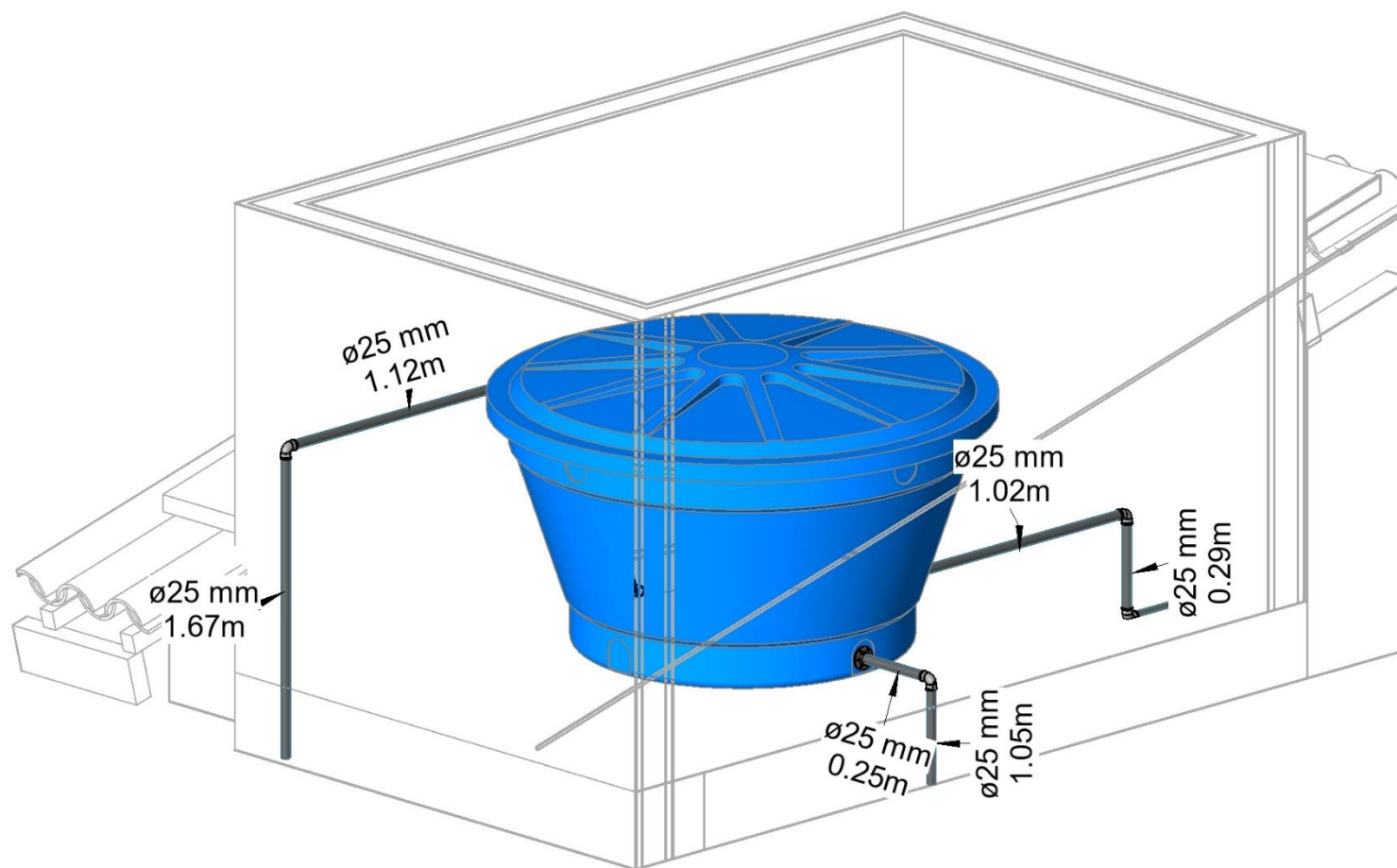
Dos trabalhos sugeridos foi possível ainda a elaboração do projeto hidráulico (Figura 28) durante as aulas ministradas pela Prof. Sandra Albino, onde foi colocado um reservatório de polietileno de 750 litros (Anexo 29) e instalado toda a tubulação de água fria com distribuição para o banheiro e cozinha.

Figura 28: Projeto hidráulico.



Fonte: Autoria própria (2018). Extraída do software Autodesk Revit® 2018.

Figura 29: Reservatório de polietileno de 750L.



Fonte: Autoria própria (2018). Planta baixa extraída do software Autodesk Revit® 2018.

Com a elaboração da parte prática sugerida, será possível, a partir do que já foi feito, por exemplo, trabalhar o BIM nas outras dimensões 4D, 5D, 6D e até o 7D, ou seja, o planejamento, orçamento e até mesmo a operação do canteiro. Com o acréscimo das informações sugeridas na parte teórica, o trabalho se tornará mais rico e, assim uma fonte mais completa para pessoas que se interessarem na área, seja a nível de curiosidade ou até mesmo como referência para elaboração de outros trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10 MOTIVOS PARA EVOLUIR COM O BIM. Brasília: CBIC, 2016.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). **Document G202 2013**: project building information modeling protocol form. Washington Dc, 2013. 5 p.

ANDRADE, M.; RUSCHEL, R. Interoperabilidade Entre ArchiCAD e Revit Por Meio do Formato IFC. In: IV ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2009, Rio de Janeiro. **Anais ... Rio de Janeiro, 2009.**

AUSTER, David Lyrio. **Uso do BIM para compatibilização e modelagem de projetos hidráulicos prediais.** 2015. 123 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

BIBLUS (Ed.). **BIM e Interoperabilidade dos Software.** 2017. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/ptb/bim-e-interoperabilidade-dos-software/>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto n. 9.377, de 17 de maio de 2018**: institui a estratégia nacional de disseminação do Building Information Modelling. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9377.htm>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM). Detailing express. Disponível em: <<http://detailingexpress.co.za/constructionsteelframestructures/Steel-Detailing-Company-Services/bim-building-information-modeling/>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

CABIN SITE. Autodesk AutoCAD. Disponível em <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/products/autodesk-autocad/fy19/overview/features/innovative-3d-design-large-1920x1080.png>. Acessado em: 15 abr. 2017

CAD 2D CONTRA BIM 3D, 2 MANEIRAS COMPLETAMENTE DIFERENTES DE OPERAR: aqui estão os benefícios reais do BIM e um vídeo de demonstração. **Biblus**, 2017. Disponível em <http://biblus.accasoftware.com/ptb/cad-2d-contra-bim-3d/>. Acesso em 17 abr. 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Balanco 2017:** CBIC aponta retração de 6% no setor. 2017. Disponível em: <<https://cbic.org.br/balanco-2017-cbic-aponta-retracao-de-6-no-setor/>>. Acesso em: 9 jul. 20148.

COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso Carlos. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. 2008. **WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**. Disponível em: <https://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

DIMENSÕES do BIM. Disponível em: <https://hashtagbim.files.wordpress.com/2015/10/6a0115704f0347970b016304c1029f970d-800wi.jpg>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

DOC MANAGEMENT. Disponível em: <<http://docmanagement.com.br/wp-content/uploads/2015/05/bim-engenharia.jpg>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM:** um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GUIA ASBEA BOAS PRÁTICAS EM BIM, n. 1. São Paulo: Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura, 2013.

INOVAÇÃO, PRODUTIVIDADE E EMPREENDEDORISMO NA ENGENHARIA CIVIL. Salvador: Oas, 2013. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/inovacao_produtividade_empreendedorismo_2012.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2018.

LÜKE, Washington Gutemberg. **Gestão da Informação de Infraestrutura e edificações no Setor Público**. Presented at the Autodesk University Brasil, 2012.

MELO, Douglas. **Autodesk anuncia próxima geração do software integrado na nuvem BIM 360**. 2017. Disponível em: <<http://zmdouglas.com.br/2017/11/15/proxima-geracao-do-bim/>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National BIM Standard-United States**. 2015. Disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

PACHER, Jean. BIM: 3D, 4D, 5D, 6D. **KeepCAD tecnologia**, 14 jul. 2015. Disponível em <http://www.keepcad.com.br/blog/2015/07/91/BIM---3D,-4D,-5D,-6D>. Acesso em: 16 abr. 2017.

RUSCHEL, Regina Coeli et al. Building Information Modeling para Projetistas. In: FABRICIO, Marcio Minto; ORNSTEIN, Sheila Walbe (Orgs.). **Qualidade no projeto de edifícios**, São Paulo: Rima, 2010. p. 137-162.

SOLIBRI: Model checker: the software that will revolutionize how we design, construct and maintain buildings. Disponível em: <<https://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

SUCCAR, Bilal. **Building Information Modelling**: conceptual constructs and performance improvement tools. 2013. 370 f. Tese (Doutorado) – Curso de School Of Architecture And Built Environment, Faculty Of Engineering And Built Environment, University Of Newcastle, Newcastle, 2013.

TEKLA BIMSIGHT IS THE ULTIMATE BIM COLLABORATION TOOL. **Trimble**. Disponível em: <<https://www.teklabimsight.com/learn-more/what-is-tekla-bimsight>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

THE BIM EVOLUTION: from the virtual model of the building to the “model federation”, with the main models in the construction industry. **Biblus**, 2017. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/en/bim-evolution-buildings-virtual-model/>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

TOBIN, John. Proto-Building: To BIM is to Build. **AECbytes "Building the Future" Article**, 2008. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>>. Acesso em: 10 abr. 2018.