



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**RAFAEL AZEVEDO LINO**

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM  
COMPARAÇÃO COM A TECNOLOGIA CAD ATRAVÉS DE ESTUDO DE CASO  
EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE PEQUENO PORTE**

PALMAS (TO)

2019

**RAFAEL AZEVEDO LINO**

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM  
COMPARAÇÃO COM A TECNOLOGIA CAD ATRAVÉS DE ESTUDO DE CASO  
EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE PEQUENO PORTE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Tocantins como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.a Dra. Indara Soto Izquierdo

PALMAS (TO)

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

L758a Lino, Rafael Azevedo.  
Análise dos benefícios da adoção da tecnologia BIM em comparação com a tecnologia CAD através de estudo de caso em edificação residencial de pequeno porte. / Rafael Azevedo Lino. – Palmas, TO, 2019.  
77 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins –  
Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2019.  
Orientadora : Indara Soto Izquierdo

1. Concepção e projetos de engenharia. 2. BIM. 3.  
Incompatibilidades em projetos. 4. Extração de quantitativos. I. Título  
**CDD 624**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha  
catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

**RAFAEL AZEVEDO LINO**

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM  
COMPARAÇÃO COM A TECNOLOGIA CAD ATRAVÉS DE ESTUDO DE CASO  
EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE PEQUENO PORTE**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT –  
Universidade Federal do Tocantins – Campus  
Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Civil  
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Civil e aprovada em sua forma final pela  
Orientadora e pela Banca Examinadora.

Data de Aprovação \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca examinadora:



Prof.ª Dra. Indara Soto Izquierdo

Orientadora, UFT – Universidade Federal do Tocantins



Prof.ª Dra. Orieta Soto Izquierdo

Examinadora, UFT – Universidade Federal do Tocantins



Prof. Esp. Antônio Carlos da Silva Junior

Examinador, UFT – Universidade Federal do Tocantins

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sua bondade e paciência, por sempre estar ao meu lado durante essa jornada de aprendizado. Em sua infinita compaixão, por diversas vezes encontrei forças para continuar lutando. Obrigado Senhor por ter inserido pessoas em minha vida, que foram importantes na concretização deste sonho.

Agradeço aos meus pais, Juarilson Silva Azevedo e Rita Rosangela Lino por todas as lições de sabedoria que me ensinaram e por todo o apoio que sempre prestaram a mim e meus irmãos. Suas forças e coragem serviram de inspiração em incontáveis momentos durante minha caminhada acadêmica.

Obrigado meus irmãos, Juliano Azevedo Lino e Renata Azevedo Lino, por todo o cuidado, carinho e companheirismo durante todo este período. Agradeço à minha namorada Eliza Vitoria de Sousa Naves, pelo apoio e companheirismo durante todo o curso. A vocês cinco, meu mais profundo amor.

A minha professora e orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Indara Soto Izquierdo, pelo apoio, ensinamentos e compreensão durante a elaboração deste estudo, sua ajuda foi de fundamental importância para a conclusão do mesmo. Agradeço também ao Prof. Dr. Raydel Lorenzo Reinaldo, pelo apoio inicial ao desenvolvimento deste estudo.

Agradeço à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Orieta Soto Izquierdo e à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Tatiana Ferreira Wanderley, por todo o apoio não apenas com os mais diversos ensinamentos repassados, mas também, por nunca negar ajuda quando estive em seus alcances.

Agradeço a todos meus amigos e companheiros, pelos momentos vividos juntos, repletos de boas histórias. Por fim, agradeço a minhas avós, tios e tias, primos e primas por todas orações e carinho e ao meu afilhado lindo que encheu este último semestre de alegria.

## RESUMO

Mesmo com o grande impacto e importância que o setor da construção civil tem sobre o produto interno bruto do país, grande maioria de seus métodos e processos são tidos como arcaicos e de pouca implementação tecnológica, a fase de concepção e projeto de uma edificação, não é diferente. No Brasil, maior parte dos projetos desenvolvidos, seja para proprietários públicos ou privados, seguem conceitos da metodologia CAD 2D, por ser uma tecnologia já consolidada e difundida no setor da construção civil. Em decorrência de suas características bidimensionais, esta metodologia por vezes pode levar a diversos erros em diferentes etapas da edificação. Dentre estes erros podemos citar incompatibilidades entre as diferentes disciplinas que compõe a edificação, essas incompatibilidades, quando não detectadas na etapa de concepção e projeto, podem vir a causar inúmeros problemas à execução, levando a retrabalhos, conseqüentemente ônus no orçamento e perda da qualidade da obra. Na etapa de orçamentação, os processos tradicionais de extração de quantitativo a partir de modelos bidimensionais, se mostram como um trabalho extenso e plausível de erros, que geram desvios no orçamento da edificação e prejuízos. Como alternativa a estes e outros problemas no projeto, orçamento, planejamento, execução e demais etapas de uma edificação surge a metodologia BIM (Building Information Modeling). Através de modelagens tridimensionais e parametrização de elementos, ou seja, inserção de diversas informações nos mais diversos componentes pertencentes à edificação, é possível obter melhoras significativas nas diferentes etapas. Este trabalho tem como finalidade analisar os benefícios da implantação da metodologia BIM perante a metodologia CAD tradicional, para isto, é usado como estudo de caso uma edificação residencial de pequeno porte, na qual é quantificado as incompatibilidades entre as diferentes disciplinas, ilustrando os principais casos e também comparando a extração de quantitativos seguindo o método tradicional e a partir de um modelo BIM. Observou-se além das incompatibilidades entre as diferentes disciplinas, as quais geram retrabalhos à execução, também desvios significativos no quantitativo dos principais materiais da edificação, fazendo assim com que possa haver desvios no cronograma e orçamento final da edificação em relação ao inicial.

**Palavras-chave:** Metodologia BIM; Concepção e projeto; Extração de quantitativos.

## ABSTRACT

Despite the great impact and importance that the construction sector has on the country's gross domestic product, the vast majority of its methods and processes are considered archaic and of little technological implementation, the conception and design phase of a building, not is different. In Brazil, most of the projects developed, whether for public or private owners, follow concepts of the 2D CAD methodology, as it is a technology already consolidated and widespread in the construction sector. Due to its two-dimensional characteristics, this methodology can sometimes lead to several errors in different stages of the building. Among these errors we can mention incompatibilities between the different disciplines that make up the building, these incompatibilities, when not detected in the conception and design stage, may cause numerous problems to the execution, leading to rework, consequently burden on the budget and loss of the quality of the building. work. In the budgeting stage, the traditional processes of quantitative extraction from two-dimensional models are shown as an extensive and plausible work of errors, which generate deviations in the building budget and losses. As an alternative to these and other problems in the project, budget, planning, execution and other stages of a building comes the BIM (Building Information Modeling) methodology. Through three-dimensional modeling and parameterization of elements, ie, insertion of various information in the most diverse components of the building, it is possible to obtain significant improvements in different stages. This paper aims to analyze the benefits of the implementation of the BIM methodology compared to the traditional CAD methodology. For this, a small residential building is used as a case study, in which the incompatibilities between the different disciplines are quantified, illustrating the main cases. and also comparing quantitative extraction following the traditional method and from a BIM model. In addition to the incompatibilities between the different disciplines, which lead to rework to the execution, there were also significant deviations in the quantity of the main materials of the building, thus causing deviations in the schedule and final budget of the building in relation to the initial one.

**Keywords:** BIM Methodology; Conception and Project; Quantitative extraction

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dimensões do BIM .....	10
Figura 2 – Planta Baixa da residência de estudo .....	21
Figura 3 – Fluxograma de modelagem adotado .....	22
Figura 4 – Posição da parede detalhada .....	23
Figura 5 – Modelagem da informação da parede .....	24
Figura 6 – Perspectiva do projeto arquitetônico .....	25
Figura 7 – Perspectiva do projeto estrutural .....	26
Figura 8 – Arquitetura e estrutura compatibilizadas .....	26
Figura 9 – Projetos hidrossanitário e de gás compatibilizados .....	27
Figura 10 – Compatibilização hidrossanitários e gás com estrutura .....	28
Figura 11 - Perspectiva do projeto elétrico .....	29
Figura 12 – Compatibilização projeto elétrico e estrutural .....	29
Figura 13 – Compatibilização completa .....	30
Figura 14 – Compatibilização com paredes apagadas .....	30
Figura 15 – Nível do Pav. Baldrame no projeto estrutural .....	36
Figura 16 – Nível do Pav. Térreo no projeto estrutural .....	36
Figura 17 – Corte AA do projeto arquitetônico .....	37
Figura 18 – Corte AA com níveis do projeto estrutural .....	38
Figura 19 – Área de serviço com viga baldrame elevada .....	38
Figura 20 – Modelagem tridimensional da armadura em projeto estrutural .....	39
Figura 21 – Incompatibilidade entre projeto estrutural e hidráulico .....	40
Figura 22 – Coluna de alimentação de água fria .....	41
Figura 23 – Correção na coluna de alimentação de água fria .....	41
Figura 24 – Incompatibilidade entre projeto estrutural e sanitário .....	42
Figura 25 – Incompatibilidade entre projeto estrutural e gás .....	42
Figura 26 – Incompatibilidade entre projeto hidráulico e sanitário .....	43
Figura 27 – Detalhes instalação hidráulica e sanitária na cozinha .....	43
Figura 28 – Corte da parede hidráulica da cozinha .....	44
Figura 29 – Instalação hidráulica e sanitária compatibilizada .....	44

Quadro 1 – Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto .....	8
Quadro 2 – Quantitativo de eletrodutos (REVIT) .....	33
Quadro 3 – Quantitativo de componentes elétricos (REVIT) .....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos desvios em quantitativos .....	18
Tabela 2 – Resumo de custos totais de materiais .....	19
Tabela 3 – Resumo de incompatibilidades .....	45
Tabela 4 – Comparativo entre quantitativos extraídos no REVIT com o orçamento existente .....	47

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.2 JUSTIFICATIVA .....	3
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
2.1 HISTÓRICO DO BIM.....	5
2.2 PRINCIPAIS FALHAS DE PROJETOS CAD 2D.....	7
2.3 AS DIMENSÕES DO BIM.....	9
2.4 PLATAFORMAS BIM .....	13
2.5 ESTUDOS DE CASO .....	17
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
3.1 ANÁLISE DO PROJETO EM CAD 2D .....	20
3.2 MODELAGEM BIM DO PROJETO DE ESTUDO COM O SOFTWARE REVIT (VERSÃO ESTUDANTE) .....	22
3.3 EXTRAÇÃO DOS QUANTITATIVOS .....	31
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>36</b>
4.1 INCOMPATIBILIDADES E DETALHAMENTOS .....	36
4.2 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS .....	48
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO 1 - Projeto Arquitetônico .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO 2 - Projeto estrutural 1 de 3 .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO 3 - Projeto estrutural 2 de 3 .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO 4 - Projeto estrutural 3 de 3 .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO 5 - Projeto Hidráulico .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO 6 - Projeto Sanitário .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO 7 - Projeto Pluvial .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO 8 - Projeto GLP .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 9 - Projeto Elétrico .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO 10 - Projeto de Telecomunicações .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO 11 - Curva ABC de materiais .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante setor da economia nacional, com representatividade significativa no PIB (Produto Interno Bruto) do país. Porém o setor está longe de ser referência em qualidade e gestão de projetos e obras. Características singulares, historicamente atreladas às obras de construção civil, como por exemplo, o produto ser confeccionado dentro do próprio local de utilização, emprego de recursos humanos de larga escala e em grande parte desqualificado e a obra estar sujeita à variação climática anual do local onde está sendo executada, são algumas das variáveis apontadas como causa da ineficiência.

Além destas, a falta de padronização de processos, descontrole sobre a gestão de materiais e custos e má qualidade em projetos, podem trazer inúmeros problemas à empresa administradora e ao cliente. Dentre estes problemas podemos citar erros de orçamentação, fazendo com que o custo final da obra fique distante do previsto inicialmente. Falando em uma perspectiva de contratação de serviços, a falta de informações sobre quantitativos, prazos e planejamento, pode acarretar possíveis desvios de verba pela empresa contratada.

Em paralelo a estes problemas, a concorrência entre as empresas de construção civil vem crescendo constantemente, junto com a complexidade de algumas obras, fazendo com que essas empresas tenham que inovar para se manterem competitivas no mercado.

Muito dos contratemplos aqui apresentados se derivam da falta de informação e erros associados ao projeto da edificação, realizado em grande maioria de forma tradicional, com o uso da tecnologia CAD (Computer Aided Design).

Segundo Borges (2012), a planificação e a gestão de projetos de arquitetura e engenharia nas obras voltadas para a construção civil, tem sido objeto de estudos e discussões. A criação e adoção de novas tecnologias se torna um passo imprescindível na tentativa de resolver parte dos atuais problemas encontrados no setor da construção civil.

A tecnologia BIM (Building Information Model) que em português é traduzida como Modelagem da Informação da Construção, se mostra como possível solução

para boa parte dos problemas citados acima. Diversos países já tornaram a adoção dela, obrigatória para a licitação de obras públicas de grande porte. A modelagem tridimensional da edificação possibilita a identificação de interferências entre as diferentes disciplinas ainda na fase de projeto, diminuindo drasticamente os prováveis retrabalhos e erros em obra.

O emprego de BIM nos projetos da construção civil, ainda proporciona melhorias significativas na velocidade e precisão da extração de quantitativos. Isto faz com que os orçamentos se tornem mais precisos e, caso haja necessidade de alteração de projeto o quantitativo e orçamento possa ser refeito de forma automatizada e eficaz.

A realização deste trabalho adota como tema a identificação e quantificação de melhorias na etapa de projeto com a substituição da tecnologia CAD, pela tecnologia BIM, visando determinar as vantagens proporcionadas ao projetista, ao construtor e ao cliente, neste novo processo.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar de que forma a aplicação da tecnologia Building Information Model (BIM) em projetos de engenharia, influencia na melhoria de qualidade e diminuição de erros presentes em projetos dimensionados e detalhados baseados em Computer Aided Design (CAD).

### **1.1.2 Objetivos Específicos:**

- a) Comparar, a partir de revisão bibliográfica, as principais características relacionadas à tecnologia BIM que divergem da tecnologia CAD 2D, de forma a identificar os prováveis benefícios;
- b) Modelar um edifício existente, localizado na cidade de Palmas – TO, a partir de conceitos BIM;

- c) Identificar as incompatibilidades existentes entre os projetos feitos na metodologia CAD através da modelagem tridimensional;
- d) Comparar os quantitativos de materiais extraídos do projeto em BIM com os quantitativos utilizados para construção do edifício.

## 1.2 Justificativa

A utilização da tecnologia BIM no setor da construção civil ainda é bastante aquém do que se é esperado. Isto ocorre por diversos motivos, dentre eles o fato de a mesma ainda ser pouco difundida e compreendida entre os profissionais da área. Esta subutilização faz com que alguns detalhes relacionados à implantação da tecnologia ainda não sejam claros, trazendo ainda mais resistência por parte do mercado à adoção desta.

O estudo do fluxo de trabalho em BIM e a quantificação das vantagens obtidas através do uso dele se tornam de extrema importância ao setor da construção civil, para que se obtenha maior confiabilidade no método. De acordo com Pinto (2019), a partir da construção digital do modelo e compatibilização dos projetos, é possível otimizar, racionalizar e acelerar o processo de construção, antecipando erros e incompatibilidades entre projetos.

A possibilidade de detecção de erros ainda na fase de concepção e projeto, gera inúmeros benefícios à obra. Minimizar incompatibilidades e conseqüentemente retrabalhos provenientes das mesmas está diretamente ligado à minimização dos custos da execução, e atendimento ao orçamento e cronograma.

Pinto (2019) analisou as incompatibilidades no projeto de uma portaria de um condomínio residencial, em seu estudo, foi levantado um total de 107 interferências utilizando-se de processo BIM, apenas entre o projeto estrutural e arquitetônico. Este número elevado de interferências deixa explícito a necessidade de um método otimizado de projeto, dado que, se não detectado em projeto, exercício que exige grande aptidão e conhecimento ao ser feito seguindo a metodologia tradicional CAD 2D, estas incompatibilidades representariam um número elevado de problemas durante a execução, implicando provavelmente em um aumento do custo inicial da obra.

Outra vantagem da metodologia de trabalho BIM implantada na fase de concepção e projeto é na etapa de orçamentação da edificação. Modelos BIM possuem elementos parametrizados, ou seja, elementos que contém informações sobre suas características além de dimensões geométricas. Estas informações fazem com que a extração de quantitativos de um modelo BIM seja feita de forma ágil e com maior precisão.

Santos, Antunes e Balbinot (2014), compararam o processo de extração de quantitativos entre o método tradicional e em tecnologia BIM, utilizando-se como objeto de estudo uma unidade habitacional padrão da Companhia de Habitação do Paraná (COHAPAR). Em seu estudo, os autores conseguiram identificar variações em diversos materiais da edificação, onde os principais foram tubulação PVC de diâmetro 25 mm, pintura látex, eletrodutos e tubulação de PVC de diâmetro de 40 MM, com respectivamente 42,3%, 14,7%, 13,4% e -13,2%.

Estas variações no quantitativo, são provenientes do método tradicional conter muitos processos manuais e passíveis de erro humano e fazem com que o orçamento final se distancie da realidade, podendo o valor final do mesmo se mostrar insuficiente à construção da edificação ou superestimado, a depender das variações nas quantidades de materiais e serviços.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Histórico do BIM

O crescente aumento na complexidade das edificações e processos envolvidos na construção civil, fez com que houvesse a necessidade de desenvolvimento contínuo das tecnologias que auxiliam no projeto de edificações. Inicialmente os projetos necessários à construção de uma edificação eram feitos manualmente, por engenheiros especializados no desenho e representação de elementos.

Na década de 60, segundo Amaral (2010) o norte-americano Ivan Edward Sutherland, na defesa de sua tese de doutorado no Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), apresentou em sua pesquisa um editor gráfico chamado “Sketchpad”. Esta ferramenta tinha como finalidade a criação e modificação de formas geométricas (linhas, arcos etc.), sendo então considerado o primeiro software baseado em CAD (Computer Aided Design). Os primeiros setores a fazerem uso de softwares CAD foram o aeroespacial e da indústria automobilística, logo, os softwares eram atualizados e recebiam melhorias de acordo com as demandas dos respectivos setores.

O aperfeiçoamento dos softwares CAD é dividido por Kale e Arditi (2005, apud SOUZA, 2009, p. 51) em três gerações: 1) desenho auxiliado por computador, 2) modelagem geométrica e 3) modelagem de produto.

Segundo Kale e Arditi (2005) a primeira geração tinha como objetivo automatizar e substituir o processo de desenho, até então realizado nas pranchetas, para o computador. A segunda geração possibilitava a visualização em 3D dos objetos (maquete eletrônica). Na terceira geração, os softwares se baseiam na associação de dados geométricos e não-geométricos (materiais, altura, custo etc.) criando uma relação de parametrização e correlação de dados (apud SOUZA, 2009, p. 52). O BIM (Building Information Model) está incluso nessa terceira geração.

Apesar de que o uso da tecnologia BIM na construção civil esteja se tornando mais frequente a pouco tempo, seus conceitos, abordagens e metodologias possuem mais de 40 anos. O exemplo mais antigo documentado, como é descrito por Jerry

Laiserin, remete a um protótipo de trabalho intitulado “Building Description System”. Este artigo foi publicado em 1975 no extinto Jornal AIA por Charles M. “Chuck” Eastman, neste trabalho é introduzido noções BIM, agora comuns, como por exemplo definir elementos de forma interativa, derivando seções, panos isométricos ou perspectivas do mesmo, em que qualquer mudança necessitaria ser feita apenas uma vez e seria atualizada automaticamente nos demais. Complementava definindo que estimativas de custos e quantitativos poderiam ser facilmente gerados, fornecendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas. (EASTMAN, 1975)

No início da década de 80, este método começa a ser mais comumente descrito nos Estados Unidos como “Building Product Models” (Modelos de Produtos da Construção) e na Finlândia, como “Product Information Models” (Modelos de Informações do Produto). O primeiro uso documentado do termo Building Modeling, em inglês, foi no título de um artigo de Robert Aish, publicado em 1986. Neste artigo, Aish estabelece diretrizes para implementação do BIM como é conhecido hoje, incluindo modelagem 3D, extração de desenho automático, componentes inteligentes paramétricos, bancos de dados relacionais, faseamento temporal dos processos de construção etc. (AISH, 1986).

Atualmente o uso da tecnologia BIM já assumiu um papel de extrema importância em diversos países do mundo como é levantado por Bonatto (2016). Nos Estados Unidos, a partir de 2006, a General Services Administration (GSA) decretou obrigatoriedade da utilização do BIM para a fase de projetos de novos edifícios públicos, segundo o Smart Market Report de 2012, a utilização do BIM saltou de 40% em 2009 para 71% em 2012 nos Estados Unidos.

Em 2008, Singapura se tornou referência pela implementação de um sistema de aprovação de projetos mais rápido do mundo. Desenvolvido pela Building Construction Authority – BCA29, no sistema, basta que os projetistas submetam os projetos para aprovação através de um portal online em um modelo contendo informações necessárias para a aprovação. O prazo para aprovação dos projetos em 2014 era de 26 dias, com meta para redução a apenas 10 dias nos anos seguintes.

Na Noruega, a decisão por utilizar BIM partiu da empresa estatal Statsbygg. Desde 2007, projetos federais e projetos realizados com o uso de pelo menos 50% de

recursos públicos, são em BIM. Em 2012 o uso se torna obrigatório para obras municipais e estaduais depois de determinado valor. Outros países como a Finlândia, Dinamarca, Holanda, Coreia do Sul e Chile, também apresentam obrigatoriedade na utilização de BIM em diferentes seguimentos da área pública, também fazendo parte dos países pioneiros na utilização da tecnologia.

No Brasil, ainda não se há obrigatoriedade da utilização de BIM em qualquer seguimento público, o assunto é amplamente discutido para que se estabeleçam critérios normativos e leis estabelecendo os limites para o uso da tecnologia. Em contexto nacional, algumas empresas de caráter privado vêm investindo no uso da tecnologia afim de alcançar economia e maior qualidade e eficiência em projetos, além de ser amplamente utilizado como objeto de marketing destas empresas.

## **2.2 Principais falhas de projetos CAD 2D**

É indiscutível que a tecnologia CAD 2D mudou o cenário da engenharia mundial a partir da década de 80, quando seu uso começou a ser mais frequente. O uso de softwares e computadores para auxiliar no desenho de projetos que até então eram feitos à mão, fez com que estes fossem menos sujeitos a erros por falha humana e facilitando o reprojeto que até então, era uma atividade muito trabalhosa e que demandava muito tempo para ser realizada.

Historicamente, o processo de projetar construções apresenta muitas falhas que levam a problemas nestas. Um levantamento feito por Souza e Ripper (2009), mostra que diversos autores apontam a fase de projetos, como a responsável por patologias em estruturas de concreto, como é demonstrado no Quadro 1:

Quadro 1 - Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto

FONTE DE PESQUISA	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55	49		
C.S.T.C (Bélgica) Verçoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B Boletim 157 (1982)	50	40		10
Faculdade de Engenharia da fundação Armando Álvares Penteado Verçoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	88			12
E.N.R. (U.S.A.) (1968-1978)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	40		16
Jean Blévat (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Fonte: Souza e Ripper (2009)

O processo de projeto em CAD 2D gera uma representação bidimensional, composta por elementos geométricos como linhas, arcos, círculos etc. que visam representar a edificação e seus componentes. Como principais falhas deste método de projeto, podemos citar:

- a) Disciplinas dimensionadas isoladamente: Cada projeto é feito separadamente, o que gera uma grande dificuldade na compatibilização entre as diferentes disciplinas, fazendo com que se tenha uma grande dificuldade na identificação de erros e incompatibilidades que muitas

vezes só são detectadas e solucionadas na obra, sem haver um estudo mais aprofundado da melhor alternativa;

- b) Detalhamentos: Devido a imprecisão ou desconhecimento de todos os parâmetros em determinadas situações por dificuldade ou inexistência de comunicação entre os diferentes projetistas, os detalhamentos de partes importantes da edificação costumam ser insuficientes e imprecisos, onde muitas das vezes são apresentados apenas detalhes genéricos, deixando a decisão e adequação final para ser decidida em obra;
- c) Extração de quantitativos: A extração de quantitativos da forma tradicional é outro ponto que gera um grande número de erros quando baseados em projetos CAD 2D, por ser feito de forma manual, se torna um processo longo e cansativo, onde muitas das vezes é necessário um conhecimento alto do responsável por essa atividade para que este consiga identificar todos os materiais componentes daquela edificação.

A tecnologia BIM se destaca por possibilitar soluções para estes problemas através da parametrização dos elementos, que é a inserção de propriedades físicas além da dimensão, como material, volume, massa específica etc.

### **2.3 As dimensões do BIM**

O BIM é uma tecnologia que veio para auxiliar na resolução de uma série de problemas enfrentados no setor da construção civil. Entretanto, sua utilização vem crescendo de forma lenta e gradual, muito disto, em decorrência da incapacidade ou inexistência de softwares e hardwares capazes de executar alguns conceitos idealizados na década de 70 e 80, como é abordado no item 2.1.

Com a evolução contínua dos softwares e refinamento dos conceitos, surgiu o que hoje é conhecido como as dimensões do BIM. Cada dimensão é caracterizada por incorporar algum parâmetro ao projeto de forma que a quantidade de informações associadas ao mesmo seja complementada. As dimensões BIM são comumente divididas em:

- a) 3D: Modelo Virtual
- b) 4D: Planejamento
- c) 5D: Orçamento
- d) 6D: Sustentabilidade
- e) 7D: Gerenciamento/Manutenção

A figura 1, ilustra as dimensões do BIM e o seu fluxo de desenvolvimento. A seguir será aprofundado sobre cada dimensão.

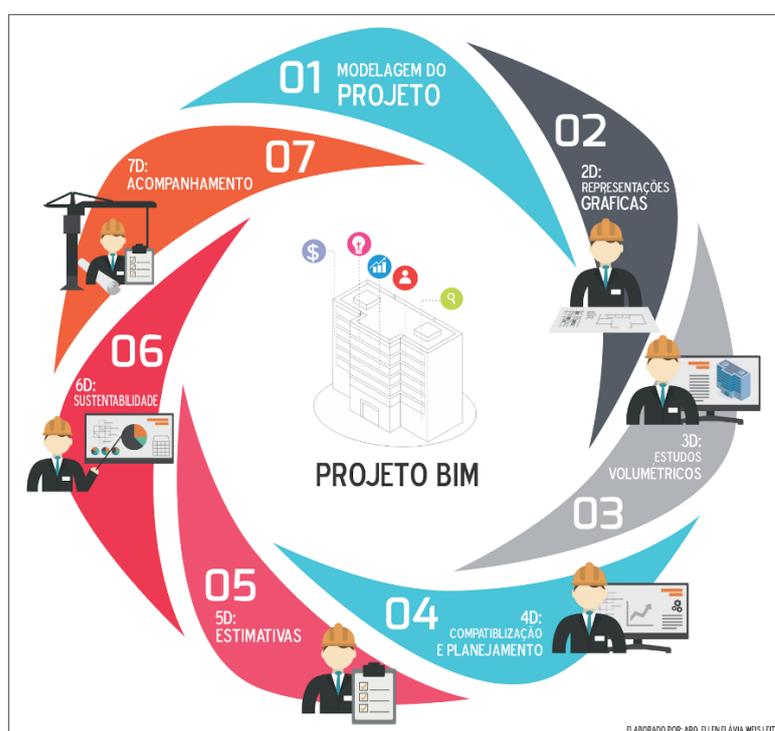


Figura 1 - Dimensões do BIM  
Fonte: (LEITE, 2018)

### 2.3.1 3D: Modelo Virtual

A terceira dimensão pode ser considerada o início, a porta de entrada para que se apliquem os conceitos contidos no BIM. Nesta etapa é feita a modelagem tridimensional do edifício, com dimensões e características reais dos elementos que compõem o mesmo. A partir desta modelagem, torna-se possível resolver uma série de problemas recorrentes em projetos feitos com tecnologia CAD, os quais são compostos por desenhos em 2D.

Segundo Hamed (2015) o “BIM 3D” ajuda os participantes a gerenciar sua colaboração multidisciplinar de forma mais eficaz na modelagem e análise de problemas espaciais e estruturais complexos. Essa colaboração entre arquitetos, engenheiros, construtores, fabricantes, proprietários de projeto e demais participantes da edificação, é viabilizada através de plataformas de compartilhamento online, as quais possibilitam maior interatividade entre as partes e a extração de informação de acordo com a necessidade de cada membro. A colaboração multidisciplinar obtém ganhos consideráveis nesta etapa do BIM.

### 2.3.2 4D: Planejamento

De acordo com Hamed (2015) quarta dimensão do BIM é usada para atividades relacionadas com o planejamento da construção. A partir da inserção de dados como produtividade e tempo para realização de cada atividade é possível extrair e visualizar o progresso das diferentes frentes de trabalho durante o ciclo de vida do projeto.

Partindo de métodos tradicionais no planejamento de construções, como Diagrama de Gantt e Pert, o 4D da tecnologia BIM se destaca por possibilitar maior flexibilidade em possíveis mudanças e imprevistos ocorrentes durante a execução da obra. Um exemplo disto, é uma possível necessidade de mudança na configuração inicial do canteiro de obras pelo surgimento de algum conflito, fato recorrente em construções de grande porte em terrenos limitados, a partir da visualização do modelo 4D é possível determinar de forma mais assertiva as melhores soluções a serem adotadas e as atividades necessárias para efetuar tais decisões e as atividades impactadas durante o tempo dessa adequação.

### 2.3.3 5D: Orçamento

No 5D BIM é incorporado conceitos e parâmetros orçamentários, sendo utilizada para a composição de orçamentos e análise de custos das atividades relacionadas. Feller (2016) aponta que nesta etapa são agregados os custos da obra ao modelo tridimensional, logo cada elemento do projeto passa a ser vinculado a um

custo. O autor, exemplifica sua afirmação citando o caso de alterações nas dimensões da alvenaria, onde automaticamente é atualizado o orçamento da obra.

O modelo tridimensional permite a extração de quantitativos precisos e eficazes, pois são alterados simultaneamente a partir de qualquer alteração nos projetos. Unindo isto, com o planejamento da construção possibilitada pelo 4D BIM, pode-se obter maior precisão e previsibilidade de orçamentos, fazendo com que o cronograma de compra de materiais, aluguel de equipamentos ou mudanças no quadro de mão de obra, seja definido previamente com maior eficiência e assertividade.

#### 2.3.4 6D: Sustentabilidade

A 6ª dimensão é chamada por alguns autores como “*Green BIM*”, seu foco é na melhoria da eficiência energética das edificações. Nesta etapa são feitas análises como, incidência solar, ventilação natural, dentre outras.

Segundo DARÓS (2019) a utilização dessa tecnologia pode resultar em estimativas de consumo de energia mais completas e precisas no início do processo de projeto, e permitir também a medição e verificação durante a ocupação do edifício.

#### 2.3.5 7D: Gerenciamento/Manutenção

É nesta fase do ciclo de vida da edificação, onde ocorre a gestão da manutenção, pode-se acessar e controlar a garantia dos equipamentos, planos de manutenção, informações de fabricantes e fornecedores, dentre outros (MÜNCH, 2016)

Apesar desta etapa não ser muito utilizada no Brasil, é nela que se enquadra parte da nova ABNT NBR 15.575/2013 – Norma de Desempenho.

## 2.4 Plataformas BIM

Segundo Eastman *et al.* (2014), devido à grande quantidade de informações inseridas em modelos BIM, nenhuma aplicação consegue suportar sozinha todas as atividades associadas ao projeto de uma construção. A interoperabilidade representa a capacidade de fluxo de dados entre aplicações, permitindo assim, que os diversos especialistas envolvidos possam contribuir para o trabalho em questão.

Para que tal portabilidade de informações seja possível entre diferentes softwares é necessário que seja estabelecido um padrão de arquivo base, o qual todos os softwares consigam decifrá-lo. No Brasil, o modelo de arquivo mais conhecido na tecnologia CAD para esta finalidade, é o chamado DXF (Drawing eXchange Format) o qual intercambia somente a geometria.

Visando criar um conjunto de dados consistentes de informação da construção para possibilitar o intercâmbio entre aplicações de software de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), com tecnologia BIM, é desenvolvido o IFC (Industry Foundation Classes) (EASTMAN *et. al.*, 2014). Atualmente as melhorias feitas no modelo de arquivo IFC, são estudadas pela organização internacional denominada “buildingSMART”.

Ainda hoje, não se tem um padrão bem definido para que a interoperabilidade entre todos os softwares que comportam a tecnologia BIM funcione de maneira plena. Na maioria dos casos essa interoperabilidade só acontece de maneira efetiva entre softwares de um mesmo desenvolvedor ou entre desenvolvedores parceiros. Isto se dá, não somente por falta no aprimoramento do modelo de arquivo IFC, mas também por interesses comerciais entre os desenvolvedores.

Existem diversas desenvolvedoras de softwares que proporcionam o trabalho em plataformas BIM, a seguir, será apresentado de forma resumida algumas destas desenvolvedoras, cujos softwares se destacam no mercado brasileiro e mundial.

#### 2.4.1 Autodesk Inc.

A Autodesk, Inc. é uma empresa fundada em 1982 com principal atuação no desenvolvimento de software de design digital. É a desenvolvedora do software mais utilizado no Brasil para projetos em CAD, o “AutoCAD”. Se tratando de tecnologia BIM, seu principal software é o “Revit” que visa a modelagem da informação das disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações prediais.

Segundo Zimermann (2019), pode-se citar como pontos positivos do Revit, a geração de detalhamentos realistas e visualizações 3D de alta qualidade, entre os pontos negativos pode-se citar a não adequação automática às normas brasileiras, não possuir sistema de cálculo e análise.

A Autodesk possui também os softwares Civil 3D, InfraWorks, Navisworks Manage e 3DS Max, os quais possibilitam trabalho em BIM com finalidades específicas referentes a cada um, como infraestrutura urbana, que é o caso do Civil 3D e o 3DS Max que é destinado a modelagem, animação e renderização 3D. Além disso, tem o software Robot structural analysis que permite realizar análise estrutural e tem interoperabilidade com o Revit.

#### 2.4.2 Graphisoft SE

A Graphisoft foi fundada em 1982, em Budapeste na Hungria, onde sua sede é situada. A empresa é considerada pioneira em ferramentas CAD e BIM, seu principal software é o “ArchiCAD”, o qual tem como foco os projetos de arquitetura. Apesar de seu uso ser em menor quantidade no Brasil, o software ocupa posição importante no mercado europeu. Como qualidades do mesmo, é possível citar uma interface intuitiva, compatibilidade com computadores Apple Inc., e maior velocidade de processamento em comparação com seus concorrentes.

### 2.4.3 Bentley Systems

Fundada em 1984 nos Estados Unidos da América, a Bentley Systems oferece uma ampla gama de softwares BIM. A desenvolvedora conta com softwares para diversas disciplinas de projeto, o Bentley Architecture, Bentley Structural, Bentley Building Mechanical Systems, Bentley Building Electrical Systems, Bentley Facilities, Bentley PowerCivil (para planejamento de terrenos) e o Bentley Generative Components.

Segundo Eastman (2014), a Bentley Systems apresenta como pontos fortes ter uma ampla faixa de ferramentas de modelagem da construção, englobando quase todos os aspectos da indústria de AEC. Porém, a interface de seus softwares, em comparação com os demais, se mostra menos intuitiva, se tornando difícil de aprender e navegar.

### 2.4.4 Trimble Inc.

A Trimble Inc. é uma desenvolvedora com sede na Califórnia nos Estados Unidos, a empresa atua não apenas no mercado de AEC, mas desenvolvendo também uma série de soluções tecnológicas para diferentes áreas, como navegação por satélite, telêmetros a laser, veículos aéreos não tripulados etc.

Seu software desenvolvido para trabalhar com BIM é o “Tekla Structure” que segundo Zimmermann (2019), apresenta ferramentas baseadas na modelagem 3D ágil, além de possuir biblioteca rica para modelagem e detalhamento de estruturas, como pontos negativos, se tem que o software faz apenas os detalhamentos e tem como foco projetos de estruturas metálicas.

### 2.4.5 TQS Informática LTDA

A TQS é uma empresa brasileira especializada em softwares para o cálculo estrutural de concreto armado, protendido, alvenaria estrutural e estruturas pré-moldadas. Possui como diferencial o sistema de análise da interação solo-estrutura e

completa adequação às normas brasileiras, porém por ser uma empresa especializada apenas em projetos estruturais, apresenta como ponto negativo a não abrangência de outras disciplinas necessárias à construção.

#### 2.4.6 AltoQI

Fundada em 1989, a AltoQI é uma desenvolvedora brasileira, responsável por diversos softwares que possibilitam o uso da tecnologia BIM. Dentre eles podemos citar o “Eberick”, software para dimensionamento estrutural, o QiBuilder que é destinado a projeto de instalações, como instalações elétricas, hidrossanitárias, SPDA, incêndio, gás, dentre outras, além de softwares auxiliares como o QiCloud, o qual possibilita um ambiente comum de trabalho online especificamente para o mercado AEC.

Seu principal ponto positivo é a abrangência de diversas disciplinas, o que faz com que a interoperabilidade entre elas seja eficiente e a detecção de interferências entre os diferentes projetos seja solucionado de maneira mais assertiva e rápida. A não abrangência do fluxo completo em estruturas metálicas e protendidas pode ser apontada como um ponto negativo dos softwares desenvolvidos pela AltoQI.

#### 2.4.7 CYPE

A CYPE é uma empresa de softwares para engenharia e construção com sede na Espanha. A mesma se destaca por ser uma das desenvolvedoras com maior abrangência de disciplinas no conceito BIM, a começar pelo CYPECAD, responsável pelo dimensionamento estrutural, além de apoio para projetos hidrossanitários, gás, incêndio, projeto solar térmico, climatização, estes últimos diretamente ligada com a 6º dimensão do BIM, explicada anteriormente neste mesmo trabalho, projetos elétricos, telecomunicação, acústica, infraestrutura urbana, e softwares para orçamentação automatizada, diretamente ligado a 4º e 5º dimensão do BIM.

## 2.5 Estudos de caso

Guerretta e Santos (2015) realizaram um estudo comparativo entre orçamentos de sistemas complementares de uma edificação comercial com 1500m<sup>2</sup> de área construída, localizado na cidade de Araraquara (SP) extraídos com e sem a utilização de BIM, o estudo foi realizado em parceria com uma construtora local. O trabalho teve como objetivo, analisar através de estudo de caso, como o modelo BIM dos projetos MEP (Mechanical, Electrical, and Plumbing em português, Mecânica, Elétrica e Hidráulica) pode auxiliar no processo de orçamentação, comunicação entre os agentes envolvidos e execução de obras.

No início do processo de orçamentação, os projetos de sistemas prediais foram enviados a cinco subempreiteiros para que estas, realizassem seus orçamentos, seguindo o procedimento padrão da empresa. Em paralelo a isso uma equipe BIM da empresa formada por dois engenheiros de instalações, um com conhecimento em BIM e outro com experiência em execução de obras, iniciaram a modelagem tridimensional da edificação, com base nos projetos de sistemas prediais recebidos no início da concorrência da obra (GUERRETTA; SANTOS, 2015).

Após a modelagem finalizada, Guerretta e Santos (2015) descrevem que foram identificadas inicialmente 148 pontos de interferências, que se deram entre instalações x instalações, instalações x arquitetura, e instalações x estrutura. As interferências foram então analisadas pela equipe de engenharia e foram tomadas as devidas soluções de maneira prévia, sem gerar transtorno e retrabalho na obra. Por fim, os quantitativos e orçamentos fornecidos pelos subempreiteiros foram comparados com o quantitativo extraído do modelo BIM de forma automática e o resultado, reproduzidos na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta a diferença de valores para a compra dos materiais necessários no empreendimento, incluindo itens que não estão na tabela de equalização, como, transformador de potência e bomba de incêndio.

Tabela 1 - Resumo dos desvios em quantitativos.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADES			
	MODELO BIM	INSTALADORA A	INSTALADORA B	INSTALADORA C
<b>GRUPO 1 - CABOS (m)</b>				
TOTAL	10.708	31.735	9.972	11.875
DIFERENÇA (%)	0%	196,37%	-6,87%	10,90%
<b>GRUPO 3 - ELETRODUTOS DE AÇO (m)</b>				
TOTAL	374	386	409	564
DIFERENÇA (%)	0,00%	3,21%	9,36%	50,80%
<b>ELETRODUTOS DE AÇO CONEXÕES (pç)</b>				
TOTAL	274	0	0	0
DIFERENÇA (%)	0,00%	-100,00%	-100,00%	-100,00%
<b>GRUPO 6 - ELETROCALHAS (m)</b>				
TOTAL	140	147	183	220
DIFERENÇA (%)	0,00%	5,00%	30,71%	57,14%
<b>ELETROCALHAS CONEXÕES (pç)</b>				
TOTAL	36	0	51	4
DIFERENÇA (%)	0,00%	-100,00%	41,67%	-88,89%
<b>GRUPO 8 - TUBOS DE PVC MARROM SOLDÁVEL (m)</b>				
TOTAL	1584	1812	2178	1505
DIFERENÇA (%)	0,00%	14,39%	37,50%	-4,99%
<b>CONEXÕES DE PVC MARROM SOLDÁVEL (m)</b>				
TOTAL	241	0	121	375
DIFERENÇA (%)	0,00%	-100,00%	-49,79%	55,60%
<b>GRUPO 10 - TUBOS DE PVC TIPO SERIE R (m)</b>				
TOTAL	480	490	540	360
DIFERENÇA (%)	0,00%	2,08%	12,50%	-25,00%
<b>CONEXÕES DE PVC TIPO SERIE R (pç)</b>				
TOTAL	241	0	216	0
DIFERENÇA (%)	0,00%	-100,00%	-10,37%	-100,00%

Fonte: Guerreta e Santos (2015)

Tabela 2 - Resumo de custos totais de materiais

DESCRIÇÃO	CONSTRUTORA	INSTALADORA A	INSTALADORA B
<b>TOTAL DE MATERIAIS PARA OBRA</b>	R\$274.328,32	R\$416.622,57	R\$468.752,38
<b>DIFERENÇA</b>	0,00%	51,81%	70,87%

Fonte: Guerreta e Santos (2015)

Alder (2006) realizou uma comparação do tempo e precisão de levantamentos quantitativos feitos através de ferramentas CAD 2D e softwares BIM. A comparação foi feita após diversos participantes realizar a extração do quantitativo de um projeto utilizando os dois métodos. O estudo demonstrou que a tecnologia BIM se apresenta mais rápida e precisa.

Jiang (2011) avaliou a evolução que a tecnologia BIM possibilita nas etapas de planejamento e orçamentação. É demonstrado que softwares BIM viabilizam uma extração de quantitativos mais rápida e confiável, o que gera melhorias diretas na orçamentação.

Amiri (2012) pesquisou sobre a utilização da tecnologia BIM na fase de levantamento de quantitativos em um estudo de caso na cidade de Vancouver no Canadá. Em seu estudo, Amiri ressalta que é necessário que os modelos criados a partir de softwares BIM, sejam criados visando a extração dos quantitativos para que estes venham a apresentar melhorias como maior eficiência e precisão.

Com base na literatura exposta, fica claro o potencial de desenvolvimento possibilitado pela adoção do uso da tecnologia BIM na fase de projeto, obtendo melhorias significativas na identificação de interferências, redução de pontos de retrabalho em projeto ou definição em obra, e a melhora mais perceptível, que é a maior qualidade, eficiência e precisão na extração de quantitativos para que sirva de subsidio ao orçamento.

### **3 METODOLOGIA**

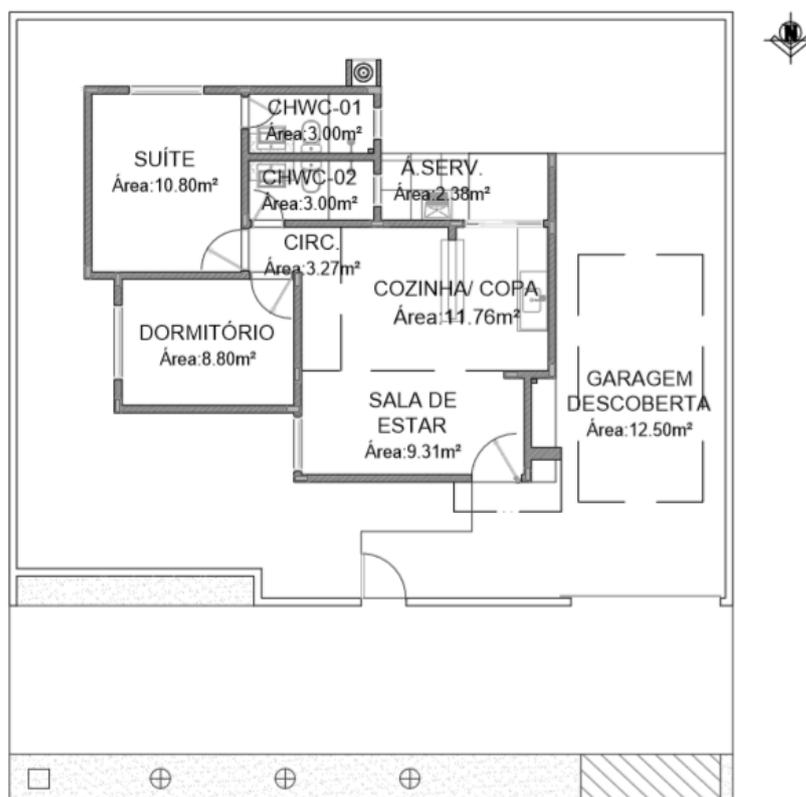
A metodologia de pesquisa priorizada neste trabalho é a pesquisa experimental. A pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 2002, p. 47).

Através da revisão bibliográfica foi possível criar um alicerce teórico e unir uma série de conclusões já tomadas por diferentes autores, de modo que estas conclusões norteassem o desenvolvimento deste trabalho. De forma resumida, o trabalho sucedeu através da análise do projeto em estudo em CAD 2D; Modelagem BIM do projeto de estudo com o software REVIT (versão estudante) e Extração das informações pertinentes à pesquisa do modelo gerado, etapas estas, que são desenvolvidas a seguir.

#### **3.1 Análise do projeto em CAD 2D**

O projeto estudado se trata de uma residência já executada no município de Palmas (TO) por uma construtora local. A residência possui área construída total de 60 m<sup>2</sup>, sendo estes, distribuídos entre garagem, sala de estar, cozinha/copa, área de serviço, 1 dormitório, 1 banheiro social, e uma suíte. O padrão de acabamento da residência é médio, todas as paredes possuem revestimento cerâmico ou pintura. A planta baixa da residência é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Planta Baixa da residência de estudo



Fonte: Adaptada pelo autor.

O projeto foi selecionado por possuir as características desejadas para suprir o presente trabalho, a residência possui projeto arquitetônico, estrutural, hidráulico, sanitário, elétrico e de gás em formato CAD 2D. Além disto, a construtora que executou o projeto em estudo, gerou e alimentou um orçamento analítico, feito de maneira tradicional, antes da execução da obra, tornando possível assim, a comparação dos dados obtidos através da modelagem BIM com os dados reais do empreendimento.

Essa possibilidade de comparação dos dados gerados neste trabalho, com os dados gerados pela construtora, foi fator determinante na escolha da edificação, uma vez que essa dualidade de quantitativos diminui a possibilidade de erros unilaterais na extração dos mesmos. Tornando assim, a comparação entre as metodologias CAD e BIM, mais assertivas.

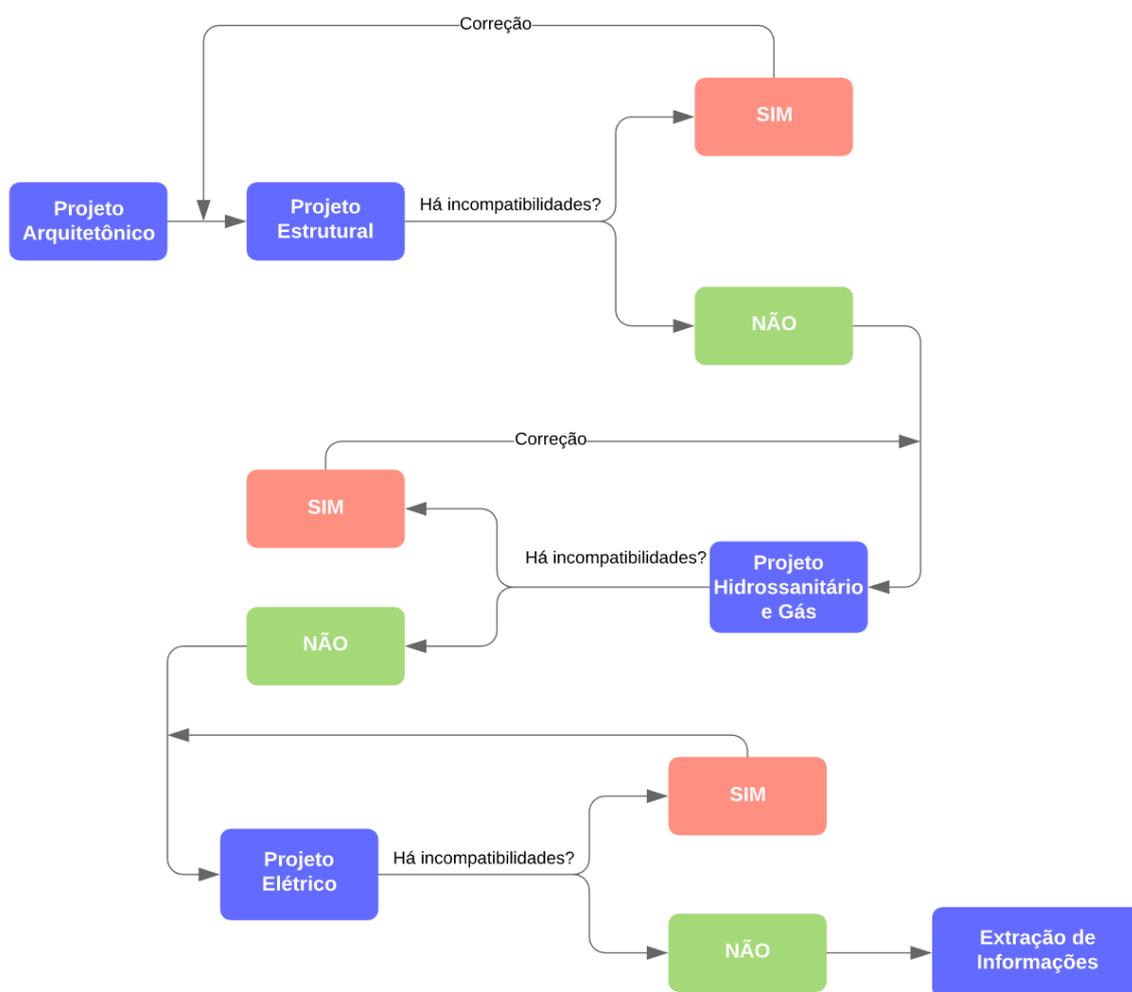
Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, será apresentado apenas recortes das pranchas originais relacionados ao assunto estudado. As versões completas das mesmas são apresentadas em Anexo a este trabalho.

### 3.2 Modelagem BIM do projeto de estudo com o software Revit (versão estudante)

Como o trabalho em questão se trata de um estudo sobre uma edificação já existente, cujos projetos já estão finalizados, a modelagem não segue em sua totalidade um fluxo de concepção e desenvolvimento de projeto, e sim, de modelagem da informação já existente e verificação da interoperabilidade entre as disciplinas.

O fluxo de modelagem adotado é ilustrado na Figura 3:

Figura 3 – Fluxograma de modelagem adotado.



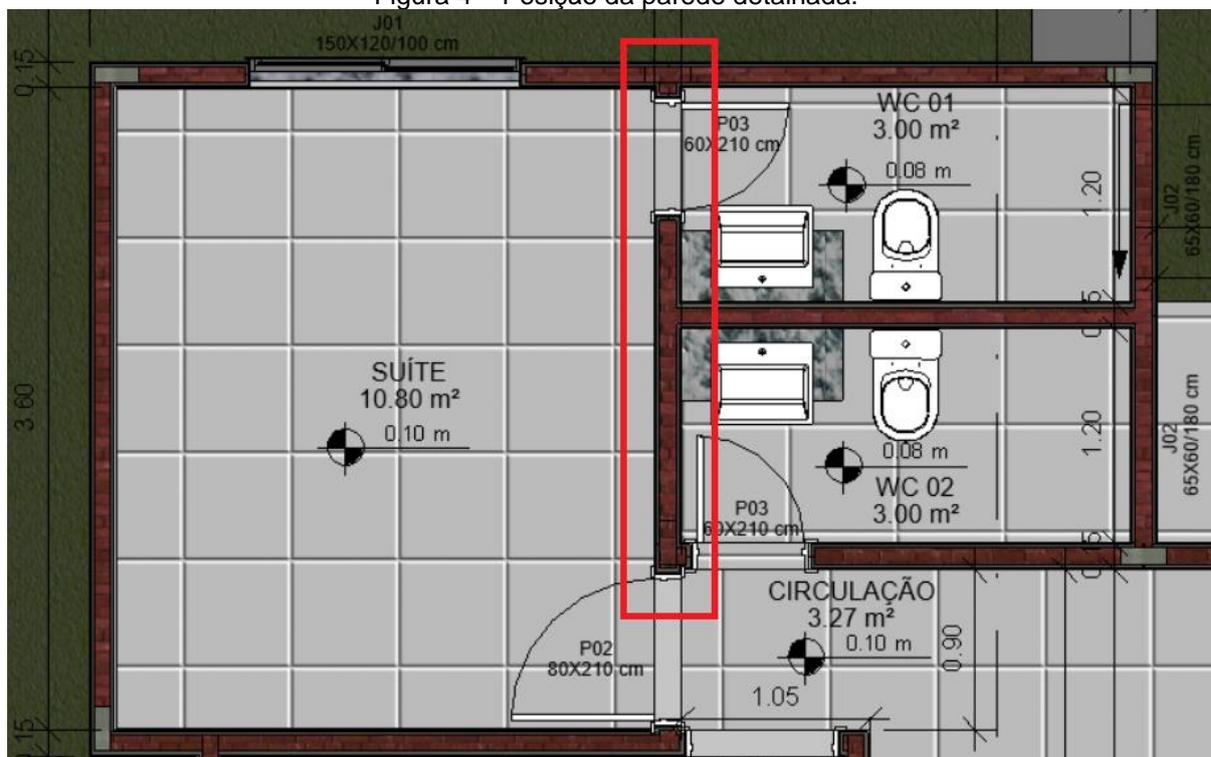
Fonte: Elaborado pelo autor.

A modelagem se iniciou pelo projeto arquitetônico, uma vez que este detém informações imprescindíveis à modelagem das demais disciplinas. Durante o processo de modelagem ficou claro a importância da conclusão tomada por Amiri (2012), onde é ressaltado a importância da modelagem visando a extração futura dos quantitativos.

A inserção de informação nos elementos modelados é a essência e diferencial no uso da metodologia BIM, porém ao se modelar os elementos de forma equivocada, etapas tidas como de grande importância neste método de projeto perdem suas relevâncias.

Adotando a parede que separa suíte e banheiros como exemplo, a seguir será demonstrado como deve ser feito a inserção de informações relativas às camadas componentes da mesma. A Figura 4 ilustra a posição da alvenaria em questão:

Figura 4 – Posição da parede detalhada.

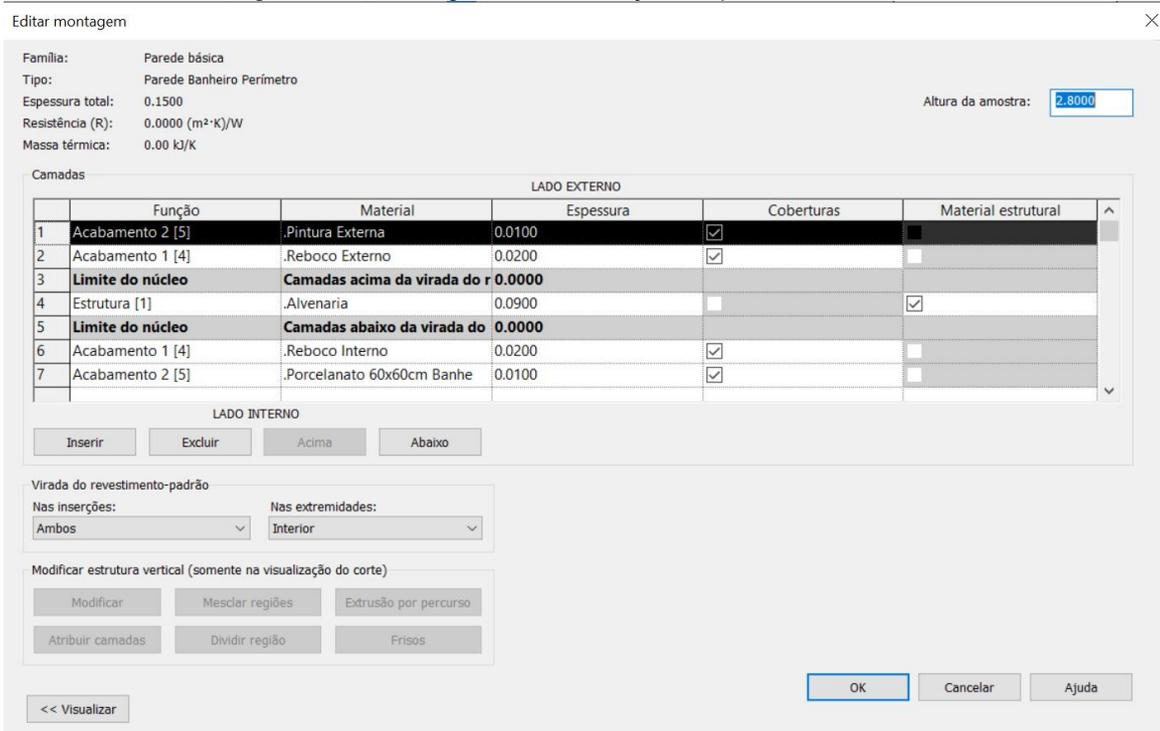


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta parede, se tem que o revestimento interno aos banheiros é composto por assentamento de revestimento cerâmico, já em sua face externa ao banheiro se tem

revestimento por pintura. Desta forma, a modelagem da informação da parede em questão no software Revit é apresentada na Figura 5:

Figura 5 – Modelagem da informação da parede



Editar montagem

Família: Parede básica  
 Tipo: Parede Banheiro Perímetro  
 Espessura total: 0.1500  
 Resistência (R): 0.0000 (m<sup>2</sup>·K)/W  
 Massa térmica: 0.00 kJ/K

Altura da amostra: 2.8000

Camadas

		LADO EXTERNO			
	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural
1	Acabamento 2 [5]	.Pintura Externa	0.0100	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Acabamento 1 [4]	.Reboco Externo	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada do r</b>	<b>0.0000</b>		
4	Estrutura [1]	.Alvenaria	0.0900	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada do</b>	<b>0.0000</b>		
6	Acabamento 1 [4]	.Reboco Interno	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Acabamento 2 [5]	.Porcelanato 60x60cm Banhe	0.0100	<input checked="" type="checkbox"/>	

LADO INTERNO

Inserir Excluir Acima Abaixo

Virada do revestimento-padrão  
 Nas inserções: Ambos  
 Nas extremidades: Interior

Modificar estrutura vertical (somente na visualização do corte)  
 Modificar Mesclar regiões Extrusão por percurso  
 Atribuir camadas Dividir região Frisos

<< Visualizar OK Cancelar Ajuda

Fonte: Elaborado pelo autor.

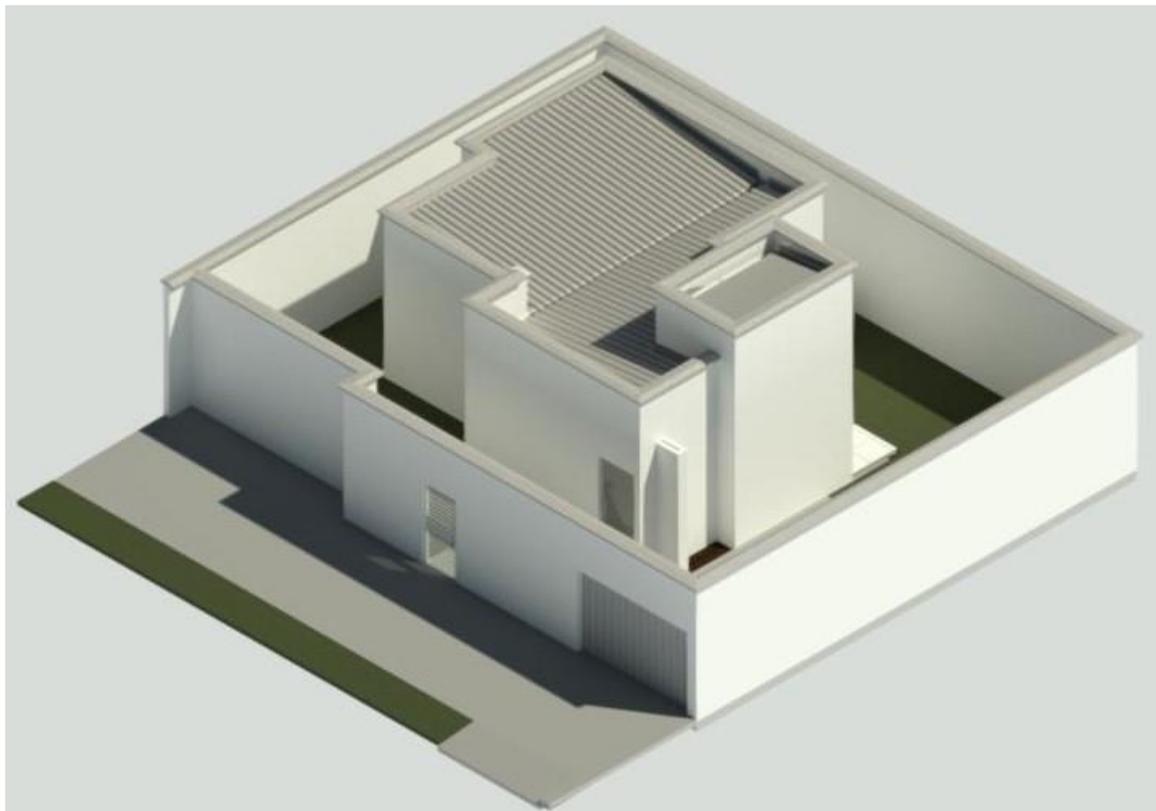
Percebe-se que foi especificado e distinguido não apenas o material que compõe o revestimento, mas também as espessuras de cada camada componente deste sistema, para que a extração de quantitativos de materiais seja o mais próximo da realidade possível.

A configuração das propriedades dos elementos é imprescindível para a melhoria da qualidade e precisão do quantitativo extraído automaticamente. Elementos como portas, janelas, pisos, equipamentos hidráulicos e elétricos etc. devem ser corretamente ajustados à realidade do projeto em questão.

### 3.2.1 Projeto Arquitetônico e Estrutural

A Figura 6 apresenta uma perspectiva do projeto arquitetônico da residência de estudo.

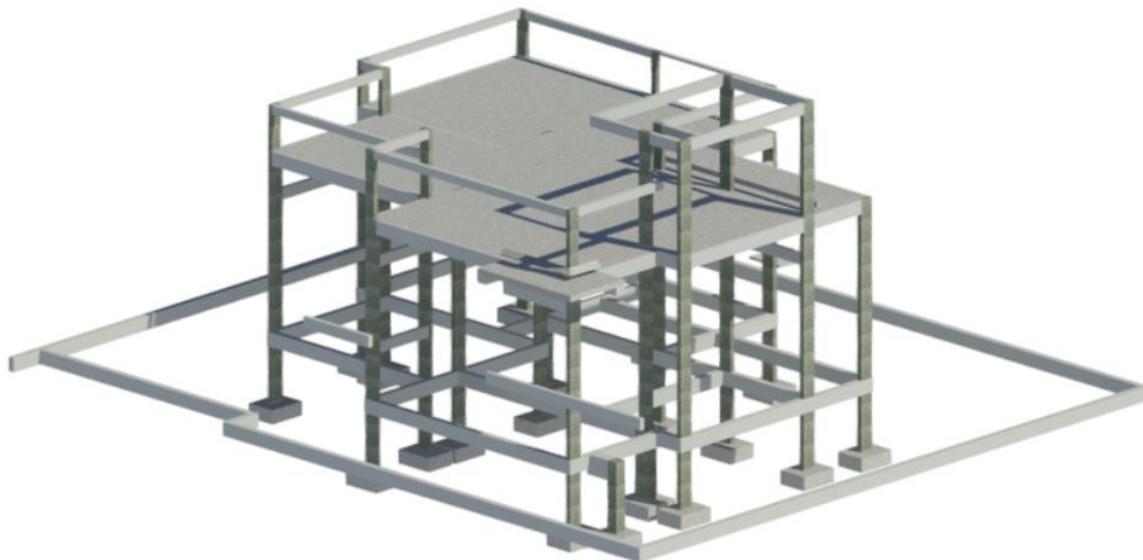
Figura 6 – Perspectiva do projeto arquitetônico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

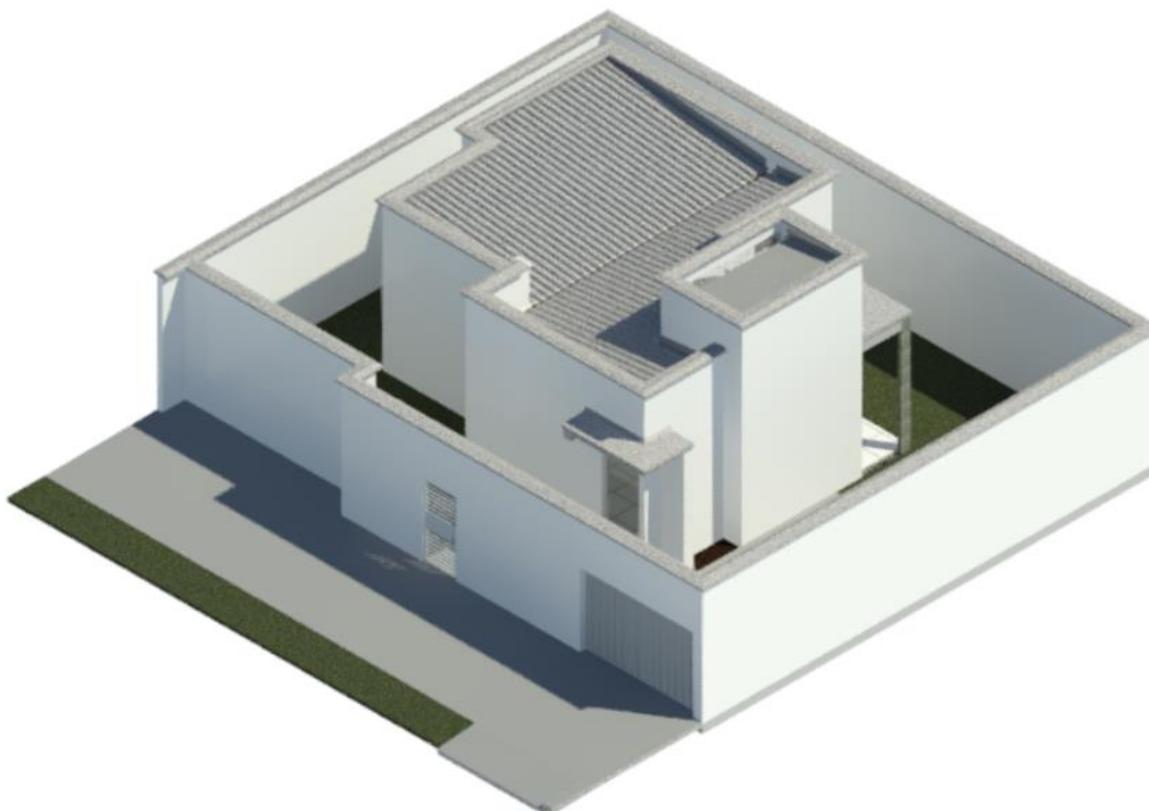
Após a modelagem da arquitetura, partiu-se para a modelagem da estrutura. Foram modelados todos os componentes estruturais presentes no projeto: lajes, vigas, pilares e sapatas. A Figura 7 mostra a estrutura isolada da residência e na Figura 8 é possível ver a compatibilização entre arquitetura e estrutura, ambas as figuras em perspectiva.

Figura 7 – Perspectiva do projeto estrutural.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 – Arquitetura e estrutura compatibilizadas



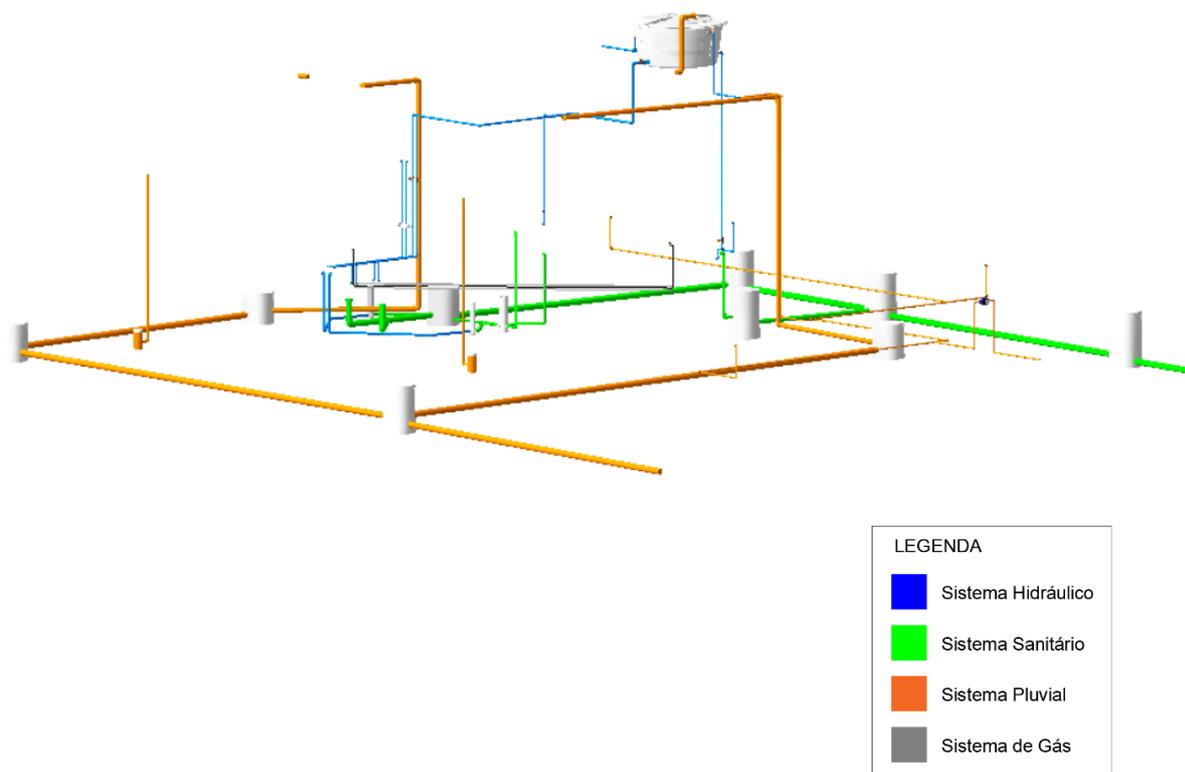
Fonte: Elaborado pelo autor.

As incompatibilidades e detalhes encontrados durante o processo de modelagem serão aprofundados no Capítulo 4.

### 3.2.2 Projeto Hidrossanitário e Gás

Após solucionado as incompatibilidades entre arquitetura e estrutura, partiu-se para a modelagem seguindo conceitos da metodologia BIM, dos projetos hidrossanitário e de gás. A Figura 9 demonstra os sistemas hidrossanitário e de gás modelados e compatibilizados

Figura 9 – Projetos hidrossanitário e de gás compatibilizados



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 10 apresenta os sistemas hidrossanitários e estrutural compatibilizados:

Figura 10 – Compatibilização hidrossanitários e gás com estrutura



Fonte: Elaborado pelo autor

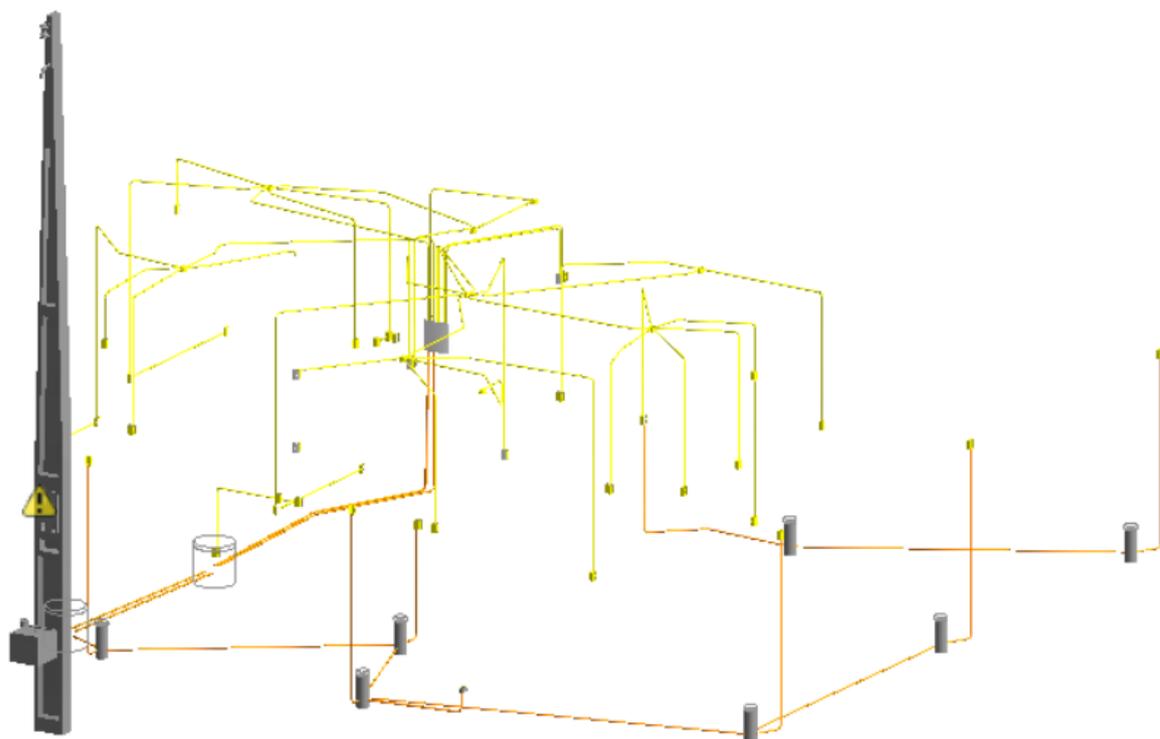
A modelagem dos tubos, conexões e acessórios pertencentes ao projeto hidrossanitário e de gás foi feita seguindo fielmente as indicações de nível presentes nos projetos originais. Após a finalização de todo o lançamento, foi identificado e corrigido os pontos de incompatibilidade entre os projetos.

### 3.2.3 Projeto Elétrico

No projeto elétrico foi modelado todas os pontos de tomadas e luz, quadro de distribuição, padrão de entrada e eletrodutos. Através da modelagem tridimensional dos eletrodutos, é possível definir os melhores caminhos para a distribuição dos mesmos, de forma a organizar e minimizar desperdícios de material.

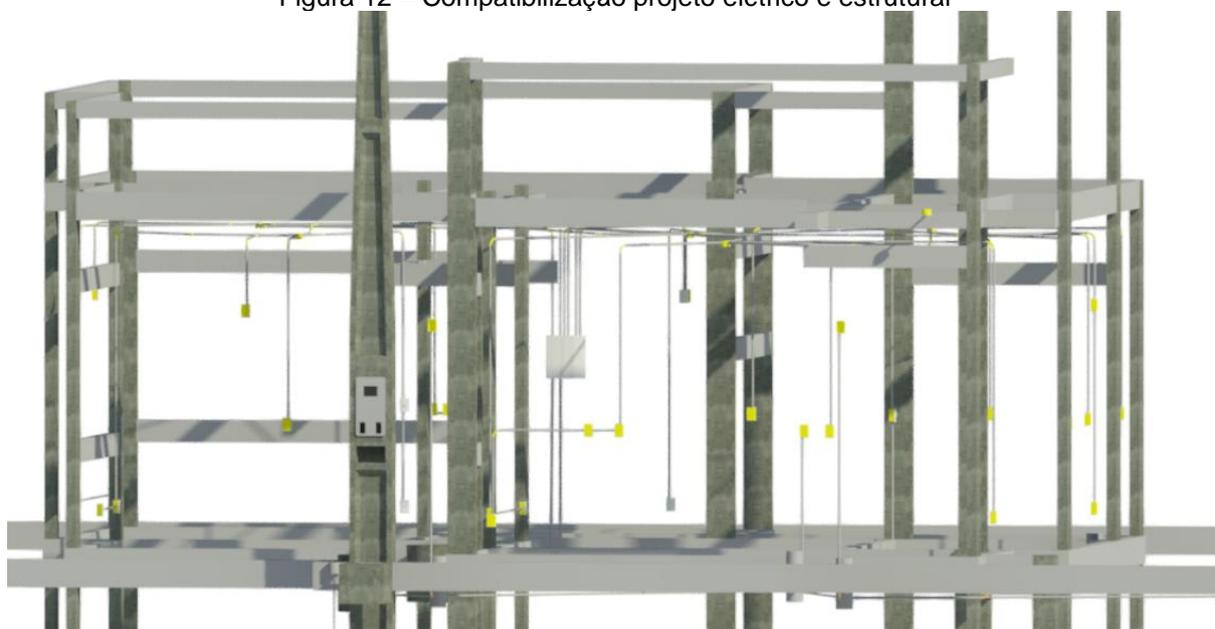
A saída do quadro de comando, é um ponto que frequentemente apresenta problemas de incompatibilidade durante a execução devido à alta quantidade de eletrodutos que ocupam aquele espaço. A modelagem tridimensional facilita a definição das saídas e caminhos. A Figura 11 exhibe a perspectiva tridimensional do projeto elétrico e na Figura 12 é apresentado os projetos elétrico e estrutural compatibilizados.

Figura 11 – Perspectiva do projeto elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 – Compatibilização projeto elétrico e estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.3 Compatibilização completa

Após a modelagem de todas as disciplinas, foi gerado um arquivo em comum onde todas fossem inseridas e compatibilizadas simultaneamente. A Figura 13 apresenta uma perspectiva da residência com todos as disciplinas modeladas e a Figura 14 retrata também uma perspectiva da residência, porém, com alguns elementos arquitetônicos escondidos, para que seja proporcionado melhor visualização das demais disciplinas.

Figura 13 – Compatibilização completa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 – Compatibilização com paredes apagadas



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3 Extração dos quantitativos

A etapa de extração de quantitativo é serviço determinante à qualidade e precisão do orçamento final. Sua execução, seguindo os métodos tradicionais, costuma ser uma tarefa cansativa e com grande índice de erros devido à grande quantidade de informações que são extraídas manualmente pelo orçamentista.

A quinta dimensão da metodologia BIM (BIM 5D) trata das estimativas de custos da edificação, sendo a etapa de extração de quantitativos inserido nela. Através da modelagem da informação dos elementos da construção, é possível que seja extraído o quantitativo de uma série de materiais de forma automática e precisa, mesmo após modificações no projeto, sendo assim, os quantitativos atualizados automaticamente.

Como já ressaltado neste projeto, e em concordância com Amiri (2012), é de fundamental importância ao processo de extração de quantitativos, a forma como os elementos foram modelados e quais informações foram inseridas em sua modelagem, para exemplificar essa afirmação, é utilizado o caso de uma parede como exemplo.

Durante a modelagem das paredes no projeto em BIM apresentado, há uma infinidade de informações que podem ser atreladas às mesmas. Quantidade de blocos utilizados por metro quadrado; Tipo do bloco utilizado (cerâmico, concreto etc.); Especificação das espessuras de revestimento nas faces internas e externas da parede; Qual o tipo de revestimento será aplicado (pintura, cerâmico etc.); Traço da argamassa de reboco; Traço da argamassa de chapisco; Consumo por metro quadrado de argamassa de assente amento e consumo por metro quadrado de tinta são algumas das informações possíveis de serem inseridas no modelo.

Porém, durante o processo de modelagem cabe uma análise conjunta entre o projetista e orçamentista, a fim de definir o quanto é válido aprofundar nas informações e quais dados realmente são impactantes ao orçamento, uma vez que quanto mais informações inseridas em projeto, maior o tempo requerido para fazê-lo.

Neste trabalho, buscou-se extrair da curva ABC de insumos (Anexo 11), os materiais que representaram 80% do custo total de materiais presentes no orçamento original feito pela construtora e compará-los com os quantitativos extraídos do modelo

gerado. É importante ressaltar que foram feitas comparações pontuais apenas para exemplificar as possibilidades proporcionadas com a adoção da metodologia BIM, não será comparado todos os materiais dos serviços presentes no orçamento pois é um assunto amplo, que foge ao escopo inicial deste trabalho.

Também foi tomado o cuidado de não comparar materiais cujo necessitassem de suposições por parte do autor, como por exemplo quantidade de Cimento Portland Composto CP II – 32, uma vez que não se teve acesso a uma lista detalhada das aplicações deste material, nem dos traços utilizados nestas aplicações, fazendo com que para a quantificação do mesmo no modelo fosse necessário suposições relativas à sua aplicação. Também, itens sem representatividade de comparação por seu valor unitário e de fácil contabilização, como por exemplo, os Portões Metálicos da entrada da residência, foram descartados, mesmo estando contidos entre os materiais que representavam 80% do valor total de materiais.

Ainda a fim de minimizar erros nas informações apresentadas, alguns materiais de diferentes tipos e fabricantes serão unificados em apenas um item, como por exemplo, tinta e revestimento cerâmico. Essa simplificação se faz necessária pois não se tem informações sobre a paginação de piso e revestimentos, de forma que a quantificação separada de cada item seja confiável.

### 3.3.1 Extração de quantitativos no REVIT®

Para que a extração de quantitativos no REVIT tenha maior precisão, é preciso que desde o início da modelagem da edificação se tenha cuidados e preocupação com as informações dos elementos quantificados. Porém, mesmo as planilhas no software sendo automatizadas e com um amplo leque de possibilidades de configurações, às mesmas possuem limitações em relação a definição de diferentes parâmetros para extração de materiais de diferentes naturezas.

Essa limitação, faz com que seja necessário a geração de diferentes planilhas, respectivas a um determinado conjunto de materiais. Como exemplo disto, parte dos quadros de quantitativo dos componentes elétricos que são apresentadas no Quadro 2 e 3, onde foi necessário dividir as tabelas em quantitativos de eletrodutos e quantitativos dos demais componentes elétricos respectivamente.

Quadro 2 – Quantitativo de eletrodutos (REVIT®)

<b>Lista de Materiais - Eletrodutos</b>			
<b>Descrição do Material</b>	<b>Diâmetro Nominal</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Referência de Fabricante</b>
Eletroduto flexível corrugado Reforçado, em PVC na cor laranja antichamas, conforme NBR 15465	Ø25	23,52	Tigre ou equivalente
Eletroduto flexível corrugado Reforçado, em PVC na cor laranja antichamas, conforme NBR 15465	Ø20	46,57	Tigre ou equivalente
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR 15465	Ø20	146,62	Tigre ou equivalente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 3 – Quantitativo de componentes elétricos (REVIT®)

<b>Lista de materiais - Componentes</b>			
<b>Descrição do Material</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Quantidade (peças)</b>	<b>Referência Fabricante</b>
Poste com 1 Medidor Lateral Bifásico Completo, Com Disjuntor Bifásico e Haste de terra		1	
<b>Caixas de Embutir</b>			
Caixa de Luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x2"	40	Tigre linha Tigreflex ou equivalente
Caixa de Piso Baixa 4x2 em alumínio, 3/4"	4"x2"	1	Tramontina ou equivalente
Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel, em PVC na cor amarela para eletroduto corrugado	4"x4"	9	Tigre linha Tigreflex ou equivalente
<b>Disjuntores e Proteções</b>			
DPS - Disjuntor de proteção contra surtos, monopolar, tensão nominal de operação UO 127/22V, máxima tensão de operação contínua UC = 275 V, corrente de descarga máxima = 40kA, fixação em trilho DN 35mm	VCL 275V 40kA Slim	3	Clamper ou equivalente
IDR Interruptor Diferencial Residual Tetrapolar In=63A 30mA	In=63A, 30mA	1	Steck ou equivalente
Minidisjuntor Bipolar 50A Curva C, conforme ABNT NBR NM60898, encaixe perfil DN35mm	C 50A	1	Steck ou equivalente
Minidisjuntor Monopolar 10A Curva C, conforme ABNT NBR NM60898, encaixe perfil DN35mm	C 10A	5	Steck ou equivalente
Minidisjuntor Monopolar 16A Curva C, conforme ABNT NBR NM60898, encaixe perfil DN35mm	C 16A	2	Steck ou equivalente
Minidisjuntor Monopolar 25A Curva C, conforme ABNT NBR NM60898, encaixe perfil DN35mm	C 25A	2	Steck ou equivalente
<b>Interruptores</b>			
Conjunto montado com 1 Interruptor simples 10A 250V~, 4"x2"	1S, 4"x2"	5	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de Interruptor com 2 teclas simples, 4"x2"	2xS, 4"x2"	2	Pial Legrand ou equivalente
<b>Interruptores + Tomadas</b>			
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1S + 1Tom, 10A, 4"x2"	1	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de 2 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	2S + 1Tom 10A, 4"x2"	1	Pial Legrand ou equivalente
<b>Placa de Saída de fio</b>			
Conjunto montado de 1 Placa para saída de Fio Ø11mm, 4"x2"	Saída de fio	2	Pial Legrand ou equivalente
<b>Quadros</b>			
Quadro de Distribuição 18/24 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barramento de terra e neutro, porta branca, dimensões 350x379x78,8mm	18/24 Disjuntores	1	Tigre ou equivalente
<b>Tomadas</b>			
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, posto horizontal, 4"x2"	10A, 4"x2"	16	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 20A, posto horizontal, 4"x2"	20A, 4"x2"	2	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de 1 Tomada de piso 2P+T, 20A, com tampa tipo unha, 4"x2"	1Tom. 20A de piso	1	Blux/Tramontina ou equivalente
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 10A postos horizontais, 4"x2"	2x10A, 4"x2"	6	Pial Legrand ou equivalente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido esta característica, optou-se por organizar os dados extraídos do REVIT®, no software Microsoft Excel®, para que se obtivesse melhor disposição dos dados para apresentação e comparação com o orçamento existente.

A partir da organização em planilha dos quantitativos dos materiais contidos em 80% do custo relativo a materiais da edificação e os quantitativos destes materiais extraídos do REVIT®, será calculado a variação entre ambos os dados.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A seguir serão apresentados e analisados os resultados obtidos, os quais serão separados em duas seções para melhor compreensão dos itens estudados. Na primeira será tratado sobre a detecção de incompatibilidades e sobre os detalhamentos de projeto, demonstrando exemplos e discutindo sobre seus impactos durante fase de projeto e execução.

Na segunda seção será abordado sobre a extração de quantitativos seguindo conceitos BIM e fazendo um comparativo com os quantitativos reais da edificação, elaborados pela construtora responsável pela execução da mesma.

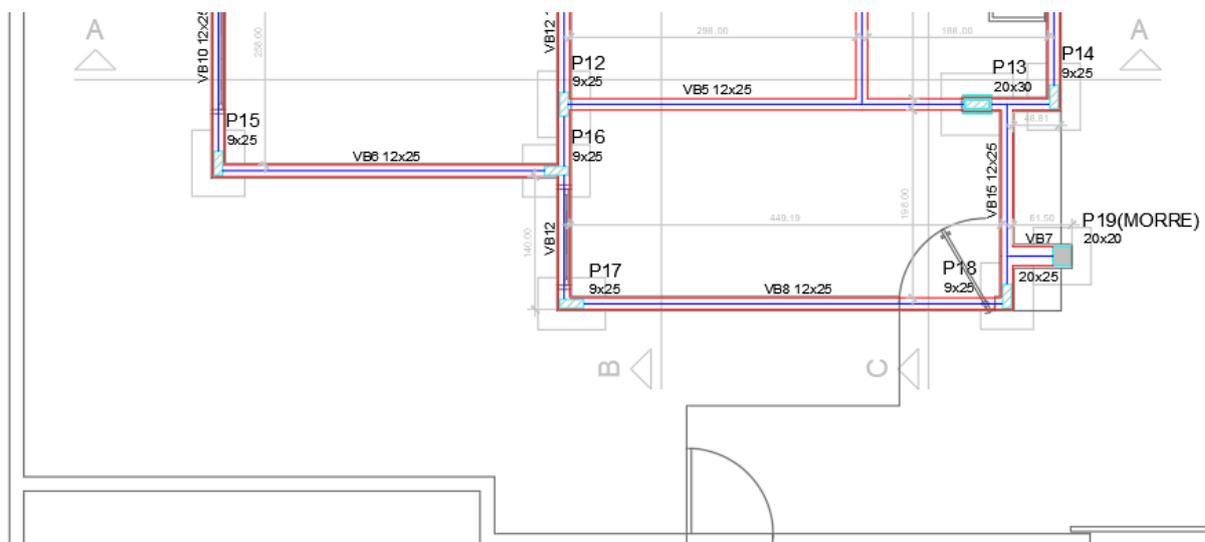
### **4.1 Incompatibilidades e detalhamentos**

Partindo da ideia de que o projeto arquitetônico foi utilizado como base durante a elaboração dos projetos originais, as incompatibilidades encontradas serão divididas entre as disciplinas (Estrutural, Hidrossanitário, Gás e Elétrico) para que se tenha melhor organização na apresentação dos resultados.

#### **4.1.1 Arquitetura x Estrutura**

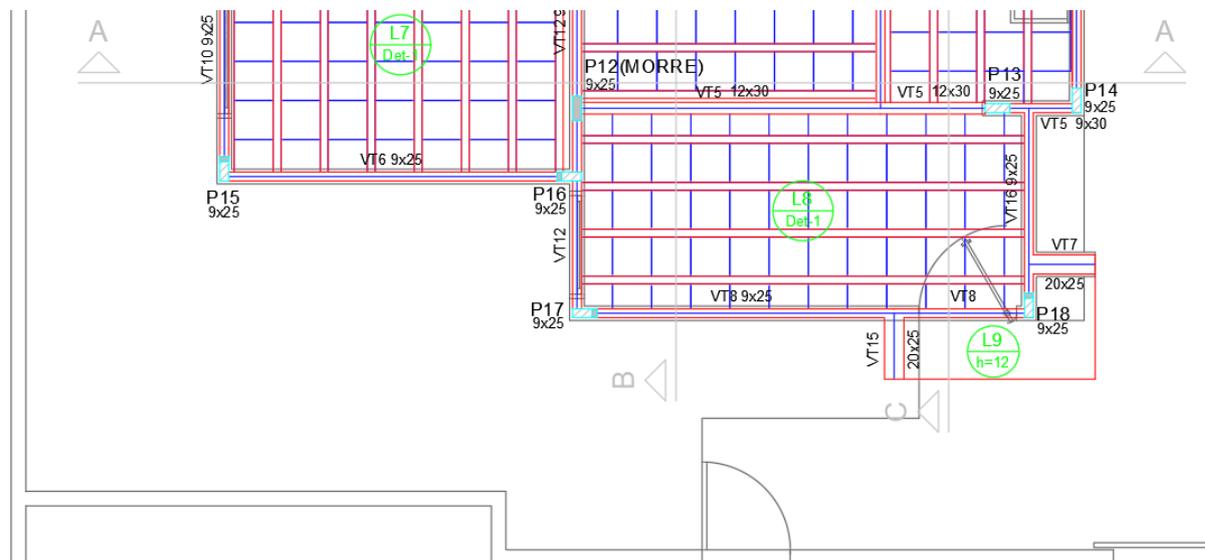
A principal falha encontrada na compatibilização entre arquitetura e estrutura é em relação a especificação dos níveis dos pavimentos. As Figuras 15 e 16 demonstram os níveis especificados no projeto estrutural para o pavimento baldrame e pavimento térreo (assim nomeados pelo projetista).

Figura 15 – Nível do Pav. Baldrame no projeto estrutural

**FORMA DO PAV. BALDRAME (NÍVEL 0)**

Fonte: Adaptado pelo autor.

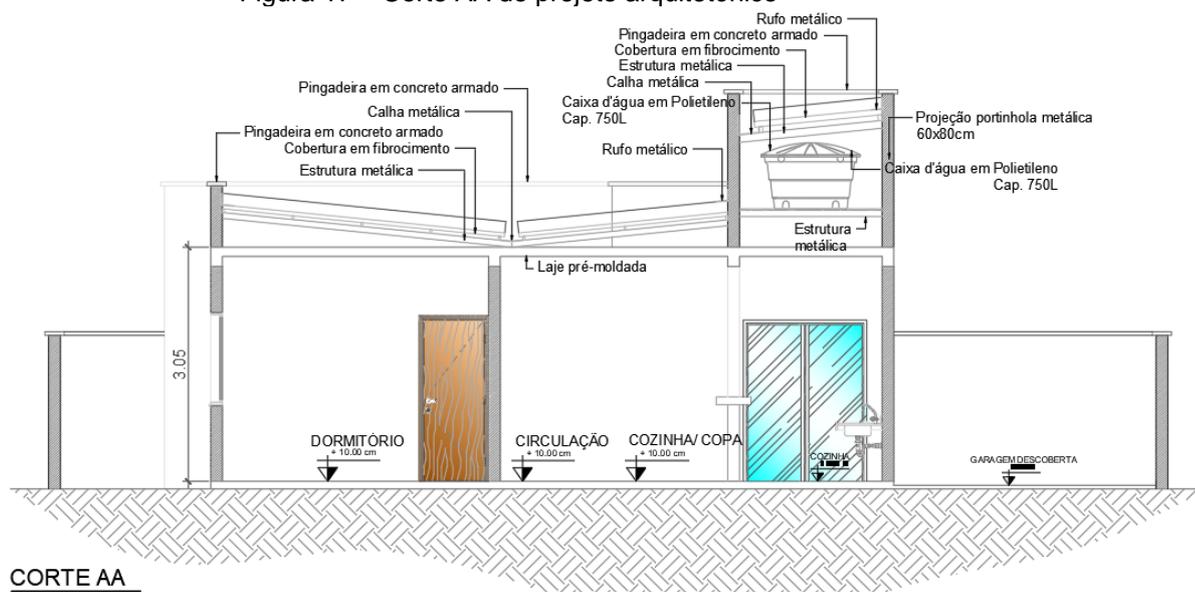
Figura 16 – Nível do Pav. Térreo no projeto estrutural

**FORMA DO PAV. TÉRREO (NÍVEL 305)**

Fonte: Adaptado pelo autor.

Percebe-se que é especificado uma diferença de nível de 305 centímetros entre as vigas inferiores e superiores. Porém ao observar o “Corte AA” do projeto arquitetônico, percebe-se que este valor diz respeito ao nível do piso acabado até a laje superior. O corte em questão pode ser observado na Figura 17.

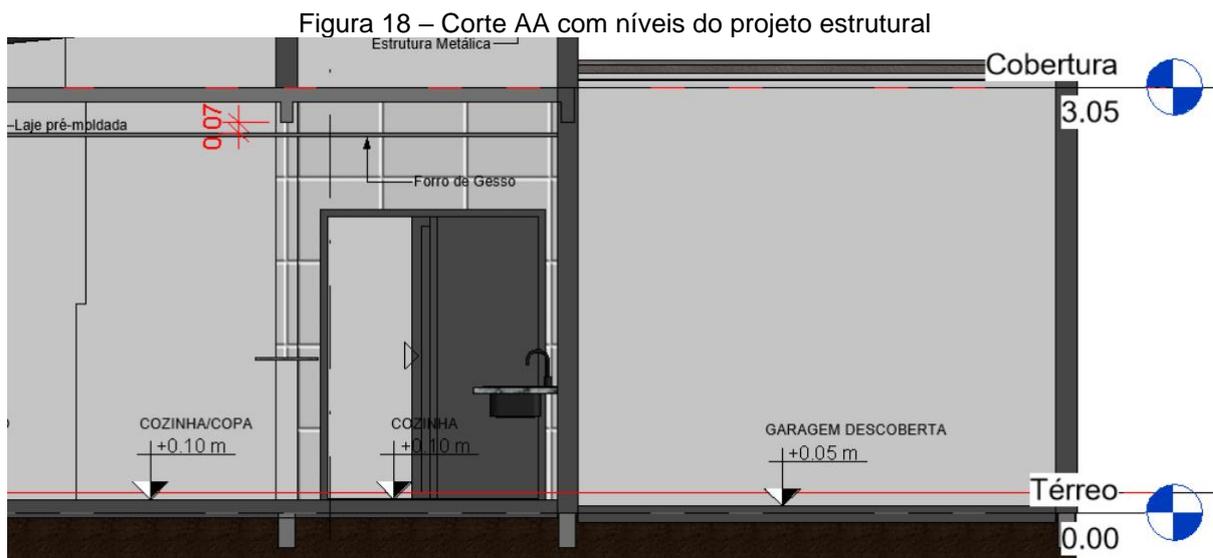
Figura 17 – Corte AA do projeto arquitetônico



Fonte: Adaptado pelo autor.

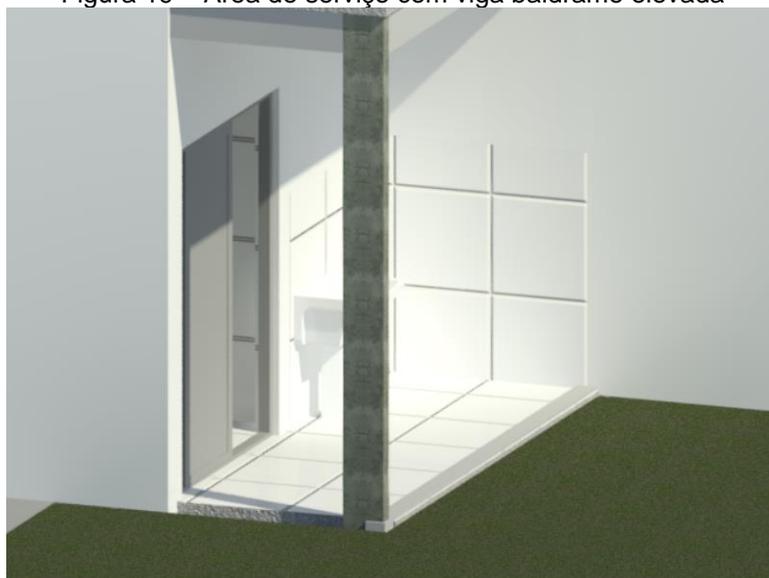
Percebe-se que o “nível 0” do projeto arquitetônico é o terreno, uma vez que a edificação está com seu nível interno 10 centímetro acima o terreno. Neste contexto, é possível pensar em duas linhas de raciocínio tomada durante a execução do projeto estrutural.

A primeira, é pressupor que o projetista estrutural utilizou as mesmas referências de nível (RN) do que o projeto arquitetônico, o que é a prática mais comum entre os projetistas estruturais. Caso esta tenha sido a linha de raciocínio durante a execução do projeto estrutural, a laje superior está especificada 10 centímetros abaixo do que especificado no projeto arquitetônico. Esta diferença implica em uma perda de igual proporção no espaço entre forro e fundo das vigas superiores, o que prejudica a distribuição das tubulações hidráulicas, eletrodutos, instalação das placas do forro, além da redução de desempenho térmico e ventilação proporcionadas por um rebaixo no pé direito. A Figura 18 ilustra o espaçamento entre o fundo da viga do pavimento superior e o forro de gesso.



A segunda é considerar que o projetista considerou que suas vigas baldrames, ou seja, seu nível zero de projeto estrutural, era equivalente ao piso acabado interno da residência (RN +10 cm do projeto arquitetônico). Essa condição também leva a erros de compatibilidade entre os projetos, uma vez que foi especificado todas as vigas no mesmo nível, em áreas onde há um rebaixo no nível do piso, como banheiros e área de serviço, a viga baldrame ficaria 2 centímetros acima do piso. A Figura 19 demonstra a área de serviço com a viga nestas referências de nível.

Figura 19 – Área de serviço com viga baldrame elevada

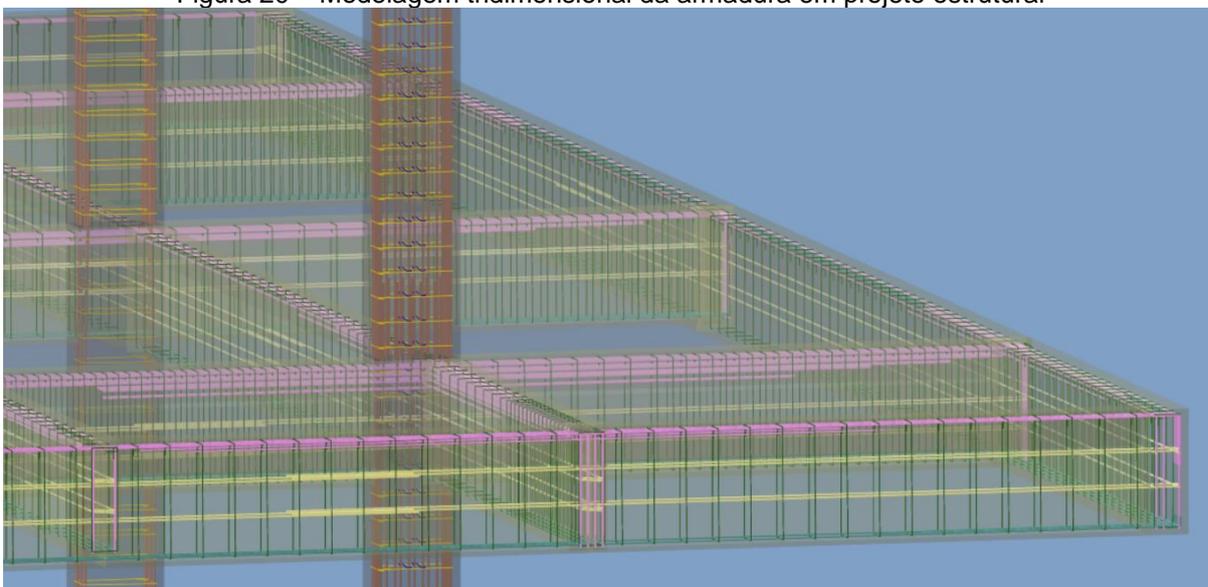


Em ambos os casos, houve erros que acarretariam retrabalho e prejuízos a depender do momento em que fossem identificados. Esta situação, é facilmente solucionada durante a modelagem tridimensional seguindo conceitos da metodologia BIM, fazendo com que a falha seja corrigida ainda na fase de projeto e desonerando assim a execução.

Quanto ao detalhamento, na apresentação do projeto estrutural não há grandes avanços, uma vez que é consenso que a maneira de apresentar elementos estruturais para execução configura um bom formato e de fácil entendimento por ambas as partes envolvidas no processo. Os principais ganhos que podemos citar são obtidos na etapa de projeto uma vez que a visualização tridimensional da interação entre os elementos estruturais e suas armaduras, pode auxiliar o projetista antever zonas com taxa de aço elevadas, possíveis pontos de melhora no engastamento da armadura de diferentes elementos etc.

No projeto de estudo não foi dimensionado a estrutura em software apropriado, logo não se tem as modelagens das armaduras presentes na edificação. Mas para ilustrar estes ganhos na fase de projeto estrutural, a Figura 20 traz a modelagem tridimensional da armadura das vigas em balanço de um edifício comercial.

Figura 20 – Modelagem tridimensional da armadura em projeto estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.2 Estrutura x Hidrossanitário e Gás

O primeiro ponto a se destacar na interação entre estrutura e projeto hidráulico, é a não especificação de qualquer ponto de passagem de tubulação no projeto estrutural, em possíveis intersecções dos tubos com lajes ou vigas.

Na residência de estudo, o cruzamento entre tubulação e elementos estruturais ocorreu em diversos locais como é exemplificado na Figura 21.

Figura 21 – Incompatibilidade entre projeto estrutural e hidráulico



Fonte: Elaborado pelo autor.

A alimentação de água fria é um ponto a ser ressaltado. No projeto original, em CAD 2D, a coluna de subida mostrada na Figura 22, está especificada para subir internamente à parede. Nesta situação, a coluna intercepta a viga do pavimento superior verticalmente, o que não é o ideal devido as relações de largura da viga e espessura da tubulação.

A situação ideal neste contexto, é facilmente percebida após a compatibilização de todos os projetos hidrossanitários. Uma vez que há especificado uma descida da tubulação pluvial com enchimento argamassado na face externa desta mesma parede. Logo, fazer a subida desta coluna de alimentação externamente à parede até que a mesma ultrapasse o nível da viga e não gere interrupções, não geraria alterações tanto na arquitetura quanto na estrutura da edificação. A Figura 23 ilustra a solução.

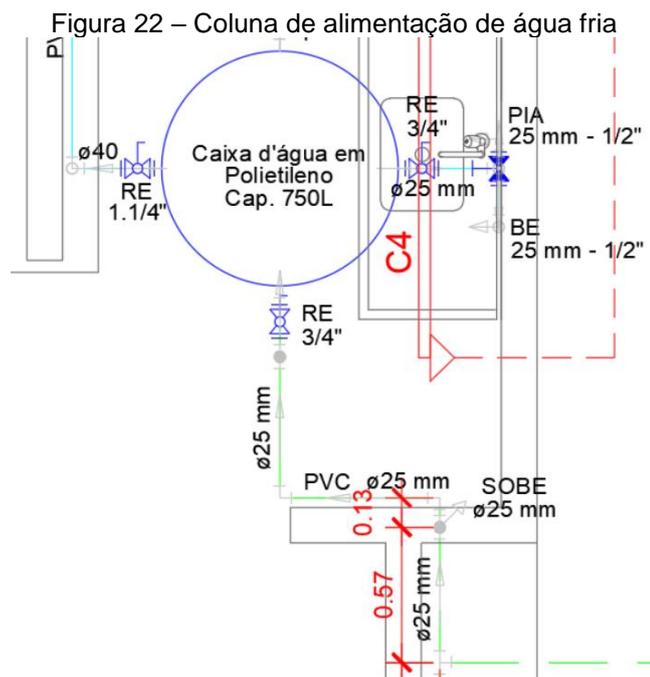


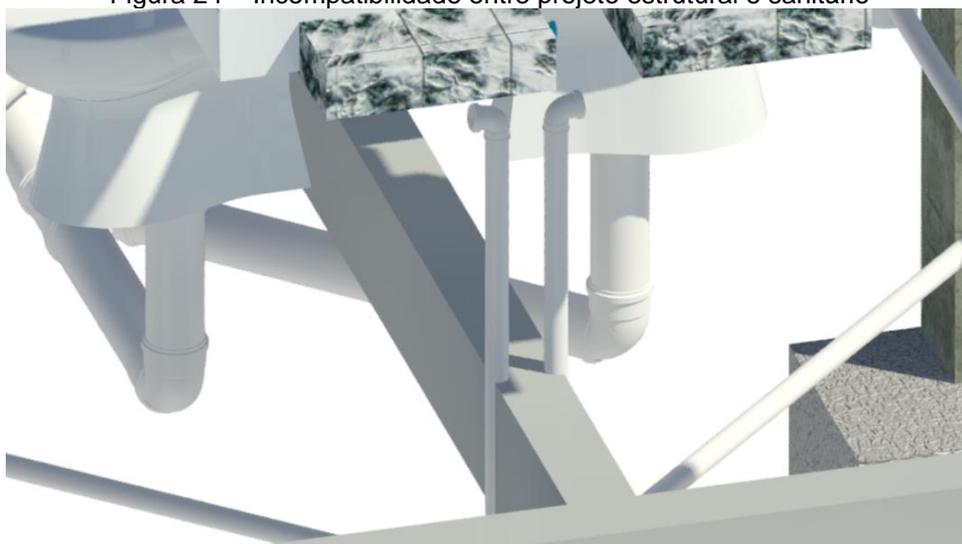
Figura 23 – Correção na coluna de alimentação de água fria



Fonte: Elaborado pelo autor.

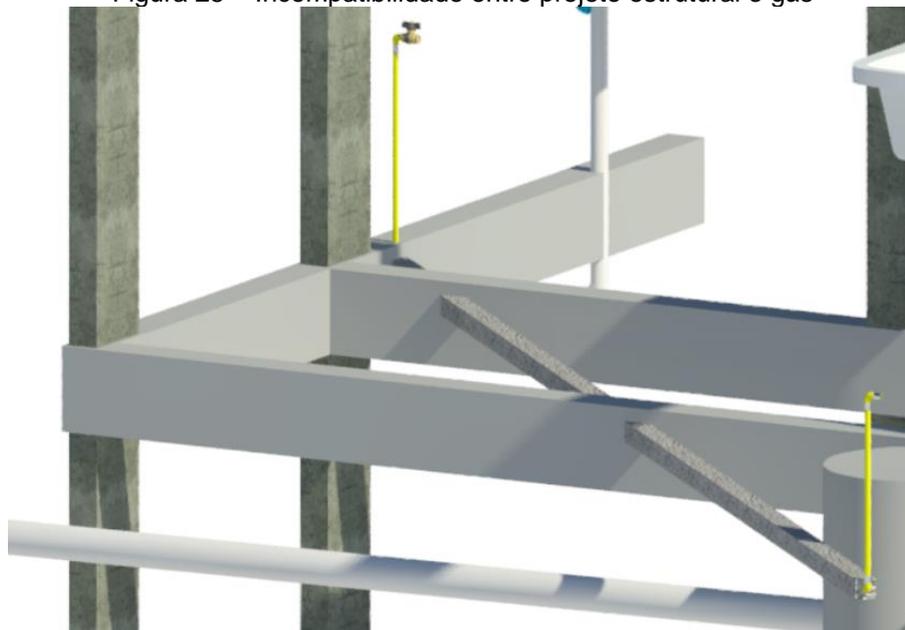
As tubulações sanitárias e de gás também apresentaram incompatibilidades com o projeto estrutural ao seguir os níveis estabelecidos no projeto original em CAD 2D. As Figuras 24 e 25 exemplificam algumas destas situações de interferências.

Figura 24 – Incompatibilidade entre projeto estrutural e sanitário



Fonte: Elaborado pelo autor.

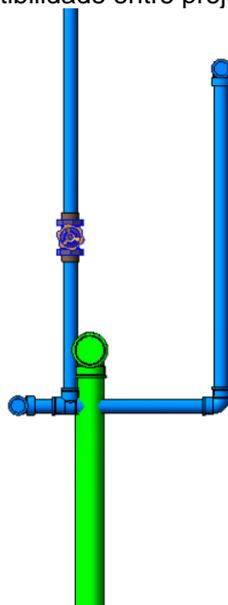
Figura 25 – Incompatibilidade entre projeto estrutural e gás



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi encontrado incompatibilidades até mesmo entre os projetos hidráulico e sanitário na região da cozinha (Figura 26). Este erro em particular, se deve à baixa quantidade de informações presentes nos detalhamentos hidráulicos. Como é comumente conhecido, os “Detalhamentos Genéricos” podem ocasionar incompatibilidades entre os projetos, devido à ausência de informações mais completas e por ser detalhado isoladamente, não sendo compatibilizada com nenhum outro elemento em projeto, fazendo com que muitas decisões sobre a instalação de componentes sejam tomadas durante a execução.

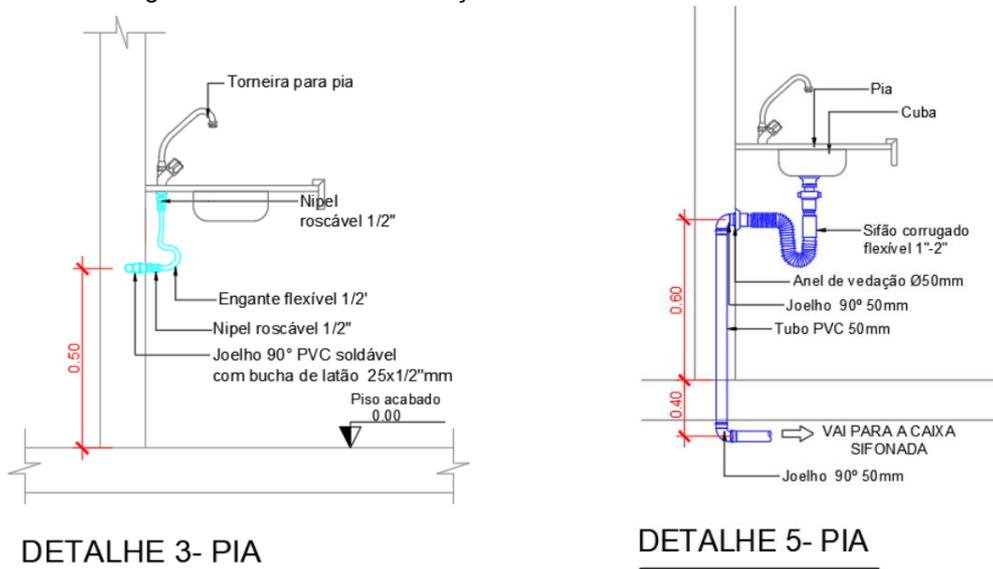
Figura 26 – Incompatibilidade entre projeto hidráulico e sanitário



Fonte: Elaborado pelo autor.

As Figuras 27 traz os detalhes das instalações hidráulicas e sanitárias na região da pia na cozinha e a Figura 28 mostra o corte da parede hidráulica da cozinha, presentes no projeto original.

Figura 27 – Detalhes instalação hidráulica e sanitária na cozinha



Fonte: Adaptado pelo autor



Os detalhamentos têm como finalidade principal facilitar o entendimento em obra de como deve ser a correta execução de algum serviço. Neste sentido, a possibilidade de enviar modelos tridimensionais que são facilmente acessados através de um tablet ou smartphone em obra ao ler um QRCode presente na prancha, torna-se um grande diferencial proporcionado pela modelagem tridimensional.

Com a modelagem tridimensional, os detalhes genéricos podem ser quase em sua totalidade excluídos, uma vez que, após a compatibilização dos projetos todos os componentes da edificação contarão com níveis e especificações precisas sobre sua instalação, tendo assim detalhes exatos, diminuindo os possíveis retrabalhos em obra.

#### 4.1.3 Estrutura x Projeto Elétrico

Na edificação de estudo não houve incompatibilidades significativas encontradas entre o projeto estrutural e projeto elétrico. Os principais ganhos podem ser tidos como a qualidade nos detalhamentos dos componentes. Com a modelagem tridimensional dos elementos é possível definir com maior precisão os caminhos dos eletrodutos e as possíveis interferências que os mesmos terão, seja com os demais eletrodutos ou, por exemplo, uma passagem por uma verga em determinada parede, de forma a auxiliar na tomada de decisões durante a fase de concepção e projeto.

#### 4.1.4 Resumo de incompatibilidades

A Tabela 3 apresenta um resumo das incompatibilidades encontradas entre os projetos.

Tabela 3 – Resumo de incompatibilidades

<b>Resumo de incompatibilidades entre as diferentes disciplinas.</b>						
	Arquitetônico	Estrutural	Hidráulico	Sanitário	Gás	Elétrico
Arquitetônico	-	2	1	-	-	-
Estrutural	-	-	2	8	3	-
Hidráulico	-	-	-	3	-	-
Sanitário	-	-	-	-	-	-
Gás	-	-	-	-	-	-
Elétrico	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por se tratar de uma edificação unifamiliar, a quantidade de incompatibilidades presentes nos projetos originais representa um número significativo. Supondo que estas incompatibilidades só foram identificadas durante a execução, houve um total de 19 atividades onde foi necessário realizar um retrabalho ou adaptar de maneira distinta ao projeto.

O tempo demandado para solucionar esse tipo de incompatibilidades em obra e executar um retrabalho, por exemplo a quebra de uma viga para passagem de tubulação, é muito superior ao tempo demandado para identificar e resolver a incompatibilidade ainda na fase de projeto seguindo a metodologia BIM.

## 4.2 Extração de quantitativos

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos sendo comparados com os valores contidos no orçamento existente.

Tabela 4 – Comparativo entre quantitativos extraídos no REVIT com orçamento existente

Insumo	Unidade	Quantidade no orçamento	Quantidade BIM	Varição
REVESTIMENTO CERÂMICO **	m <sup>2</sup>	155,0	119,4	-22,99%
CONCRETO USINADO FCK= 20 MPa	m <sup>3</sup>	10,3	11,9	15,77%
BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X29CM	UN	3318,6	5764,2	73,69%
MASSA PARA TEXTURA LISA DE BASE ACRILICA, USO INTERNO E EXTERNO	Kg	423,6	1146,0	170,53%
TELHA DE FIBROCIMENTO ONDULADA E = 6 MM, DE 2,44 X 1,10 M (SEM AMIANTO)	m <sup>2</sup>	81,4	57,4	-29,51%
LAJE PRE-MOLDADA CONVENCIONAL (EPS + VIGOTAS) PARA FORRO, UNIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 150 KG/M2, VAO ATE 4,00 M	m <sup>2</sup>	55,0	61,2	11,20%
CABO DE COBRE, RIGIDO, CLASSE 2, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 450/750 V, SECAO NOMINAL 2,5 MM2	M	466,4	442,3	-5,16%
PINGADEIRA PREMOLDADA DE CONCRETO - PAREDE DE 15 cm	m	88,6	92,0	3,83%
GRAMA ESMERALDA EM PLACAS	m <sup>2</sup>	85,0	81,0	-4,76%
PORTA DE MADEIRA LAMINADA LISA 60,70 OU 80 cm	Un	4,0	4,0	0,00%
CAIXA DE PASSAGEM, EM PVC CIRCULAR, D= 150 MM	UN	9,0	9,0	0,00%
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	M	58,3	46,8	-19,64%
MEIO FIO PRE MOLDADO DE CONCRETO 100X20X5 cm	UN	38,0	27,3	-28,29%
BATENTE/ PORTAL/ ADUELA/MARCO MACICO, E= *3* CM, L= *15* CM, *60 CM A 120* CM X *210* CM, EM PINUS/ TAUARI/ VIOLA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	JG	4,0	4,0	0,00%
SOLEIRA/ PEITORIL EM GRANITO, POLIDO, BRANCO, L= *15* CM, E= *2* CM, CORTE RETO	m	10,8	11,2	4,07%
CANALETA DE CONCRETO 9X15X100 cm	UN	76,0	142,3	87,21%
KIT COMPLETO PARA INSTALAÇÃO DE CERCA ELETRIFICADA	M	53,0	53,6	1,06%
PAINEL PLAFON LUMINARIA LED QUADRADO ULTRA SLIM 18 W EMBUTIR	UN	9,0	9,0	0,00%
CAIXA DE PASSAGEM, CONCRETO PRÉ MOLDADO, CIRCULAR, COM TAMPA, D= 40 CM E H= 40CM	UN	6,0	6,0	0,00%
TINTA ACRILICA PREMIUM **	l	28,0	73,3	161,93%
TOMADA MÉDIA DE EMBUTIR (1 MÓDULO), 2P+T 10 A, INCLUINDO SUPORTE E PLACA	UN	16,0	16,0	0,00%
ELETRODUTO PVC FLEXIVEL CORRUGADO, COR AMARELA, DE 25 MM	m	172,6	146,6	-15,05%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao comparar o quantitativo de cada item contido na Tabela 03, é possível perceber que há variações significativas em determinados materiais. Essas variações

podem estar atreladas a diversos motivos decorrentes do método de extração tradicional utilizado no quantitativo original.

Apesar deste capítulo se limitar à análise da extração de quantitativos de materiais, é importante ressaltar que estas extrações são o início da fase de orçamentação e uma vez executada de forma equivocada o erro irá se propagar aos quantitativos de diferentes insumos da construção. Como exemplo disto, pode-se citar a alta variação encontrada no quantitativos de blocos cerâmicos.

Foi constatado uma variação de 73,69 % entre os quantitativos relativos aos blocos cerâmicos. Essa variação tem impacto direto tanto na quantificação dos insumos e serviços de levante da alvenaria, quanto em materiais e serviços complementares que são obtidos a partir desse quantitativo. A massa para textura lisa de base acrílica e a tinta acrílica são exemplos da propagação desta divergência no quantitativo, tendo variações, respectivamente, de 170,53% e 161,93%.

Ao se quantificar estes materiais de forma equivocada, a quantidade de horas de mão-de-obra necessárias para concluir o assentamento de blocos também será afetada. Isto gera uma cadeia de acréscimos no orçamento e planejamento da edificação, uma vez que inicialmente havia-se estimado prazos e valores para uma quantidade de serviço inferior ao real.

Variações negativas nos quantitativos de materiais também foram encontradas nos itens estudados. Um exemplo desta situação é o revestimento cerâmico onde houve um decréscimo de 22,99% em seu quantitativo. Por se tratar de um material de alto custo unitário, sua estimativa majorada faz com que o orçamento tenha valores superiores ao real para esta atividade. Isto se apresenta como um problema pois a majoração do seu orçamento pode trazer um desconforto na relação empresa x cliente, podendo ocasionar a perda de um processo licitatório, ou em concorrência em determinada prestação de serviço, por apresentar orçamento de valor muito superior ao concorrente.

## 5 CONCLUSÕES

A visualização dos elementos tridimensionais, possibilidade de compatibilização de diferentes disciplinas em um mesmo espaço, com interface de fácil entendimento, inserção de informações pertinentes a elementos componentes da edificação, dentre outras, são as vantagens proporcionadas com o uso da metodologia BIM, as quais não são possíveis seguindo métodos CAD 2D, vantagens estas que colocam este novo conceito de projeto em destaque e faça com que diferentes países ao redor do mundo já estabeleçam sua obrigatoriedade em diversas esferas.

Minimização de incompatibilidades que gerariam erros ou retrabalho na execução proporciona benefícios a todos os envolvidos na vida útil da edificação, desde o projetista e construtor ao proprietário. Pois sempre que surge necessidade de retrabalho durante a execução, este retrabalho implica em um ônus nos custos iniciais, e a depender da incompatibilidade que gerou este retrabalho, na execução de um serviço de maneira que não seria a ideal.

Na extração de quantitativos, a maior agilidade e confiabilidade nos quantitativos extraídos se apresenta como uma grande vantagem no processo de orçamentação. O fato dos quantitativos se atualizarem automaticamente após alterações nos projetos, favorece muito o processo de acompanhamento do orçamento da edificação, tarefa muito difícil seguindo métodos tradicionais.

Conclui-se que o uso da metodologia BIM de forma adequada traz melhorias significativas às diferentes etapas de uma edificação, desde a fase de identificação de incompatibilidades, à extração de quantitativos e a etapas não abordadas neste trabalho, como acompanhamento da execução, planejamento das atividades, manutenção e operação da edificação, dentre outras.

Para estudos posteriores sugere-se o aprofundamento na comparação entre os quantitativos extraídos de um modelo BIM com um orçamento inicial existente, a fim de quantificar reduções ou acréscimos no valor inicial e consequentemente mensurar de forma efetiva qual o impacto da extração e quantitativos de um projeto seguindo a metodologia BIM no orçamento final.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AISH, R., 1986, "**Building Modelling: The key to integrated construction CAD,**" CIB 5º International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings, 7-9 julho.

ALDER, M.A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to onscreen takeoff for a quantity takeoff of a conceptual estimate.** Master of Science Thesis – School of Technology – Brigham Young University, 2006.

AMIRI, H. **Building Information Modeling for construction applications: formwork installation and quantity takeoff.** Master Thesis – The University of British Columbia, 2012.

BONATTO, Hamilton. **A Importância do "Building Information Modeling" para a Governança de Obras Públicas a Partir do Pensamento Sistêmico.** In: Ronny Charles. (Org.). Licitações Públicas - Homenagem ao Jurista Jorge Ulisses Jacoby Fernandes. 1ed. Curitiba: Editora Negócios Públicos, 2016, v. 01, p. 595-615.

BORGES, Juliana Ferreira Barbosa. **GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** Disponível em: <<http://www.bussinesstour.com.br/uploads/arquivos/f53ac109e594c87a9351b8aede8f3c17.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

DARÓS, José. **Guia completo: BIM 6D sustentabilidade.** 2019. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/bim-6d-sustentabilidade/>>. Acesso em 05 dez. 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.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002

HAMED, Luciano. **BIM DO 3D AO 7D.** 2015. Disponível em: <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 05 dez. 2019.

KALE, S; ARDITI, D. Diffusion of Computer Aided Design Technology in Architectural Design Practice. **Journal of Construction Engineering and Management (ASCE)**, v. 131, p. 1135-1141, 2005

LEITE, Ellen Flávia Weis. **BIM e suas dimensões**. Disponível em: <<http://cadbimoz.com/bim-e-suas-dimensoes/>>. Acesso em: 01 maio 2019.

PINTO, Pedro Praia Fiuza Dias. **A PLATAFORMA BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE ARQUITETURA E ESTRUTURA: ESTUDOS DE CASO**. 2019. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/35215>>. Acesso em: 20 set. 2019.

ROGINSKI, D. **Quantity Takeoff process for bidding stage using BIM tools in Danish Construction Industry**. Master Thesis – Technical University of Denmark, 2011.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; ANTUNES, Cristiano Eduardo; BALBINOT, Guilherme Bastos. LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE OBRAS: COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL E EXPERIMENTOS EM TECNOLOGIA BIM. **Iberoamerican Journal Of Industrial Engineerin**, Florianópolis, Sc, v. 6, n. 12, p.134-155, jun. 2014.

SOUZA, L. L. A. **Diagnóstico do uso do BIM em empresas de Projeto de Arquitetura**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em teste) - Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ, 2009.

SOUZA, Vicente C. M.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ed. São Paulo: PINI, 2009.

ZIMERMANN, Maria Caroline. **Softwares BIM: veja quais são as plataformas disponíveis no mercado**. 2019. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/softwares-bim-veja-quais-sao-as-plataformas-disponiveis-no-mercado/>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

**ANEXOS**