



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO–CAMPUS MOSSORÓ
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS, TECNOLÓGICAS E HUMANAS-DCETH
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARIA ISADORA MESSIAS BEZERRA GONÇALVES

TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ESTUDO DE CASO

MOSSORÓ-RN

2018

MARIA ISADORA MESSIAS BEZERRA GONÇALVES

TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido–UFERSA, Campus Mossoró, para a obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. M. Sc. Christiane Mylena Tavares de Menezes Gameleira.

MOSSORÓ-RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

G474t Gonçalves, Maria Isadora Messias Bezerra.
Tecnologia BIM na construção civil: estudo de caso / Maria Isadora Messias Bezerra Gonçalves. - 2018.
54 f. : il.

Orientador: Christiane Mylena Tavares de Menezes Gameleira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de , 2018.

1. BIM. 2. Incompatibilidades. 3. Software. 4. Tecnologia. I. Gameleira, Christiane Mylena Tavares de Menezes , orient. II. Título.

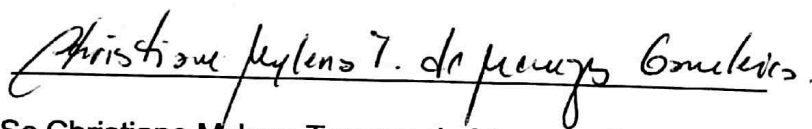
MARIA ISADORA MESSIAS BEZERRA GONÇALVES

TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada ao Campus Mossoró da Universidade Federal Rural do Semi-Árido para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

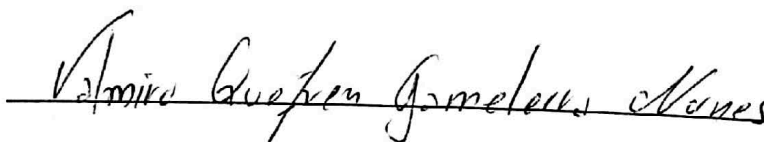
APROVADA EM: 13 / 04 / 2018

BANCA EXAMINADORA



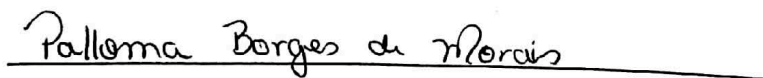
Profa. M. Sc Christiane Mylena Tavares de Menezes Gameleira (UFERSA)

Presidente



Prof. M.Sc Valmiro Quéfren Gameleira Nunes (UFERSA)

Primeiro Membro



Profa. Palloma Borges de Moraes

Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter aberto essa porta na minha vida e ter me guiado com muito amor e me dado força e paciência para passar pelas provações. Devo tudo a Ti.

À toda a minha família pelo apoio imenso. Aos meus pais Antônia Messias e Francisco das Chagas por terem me apoiado financeiramente e psicologicamente, por nunca terem deixado faltar nada, por sempre confiar nas minhas escolhas e por construir esse sonho comigo. Aos meus quatro irmãos que sempre vibraram e comemoraram com minhas conquistas.

Agradeço ao meu namorado, Rafael Rodrigues, pelo imenso amor, carinho e paciência nos momentos mais difíceis. Obrigada por sempre estar disponível quando eu precisei e me escutar sempre.

À todas as amigas que conquistei nessa caminhada, que direta ou indiretamente se angustiaram e se alegraram junto comigo e fizeram esse sonho se tornar real. Agradeço em especial às minhas amigas Beatriz, Emanuela, Keliany, Laianne, Mylla e principalmente Milena, por terem se tornado amigas tão especiais e por sempre terem me ajudado. Desejo o sucesso de todas.

Agradecimento especial à Christiane Mylena, por ter aceitado ser minha orientadora em um momento difícil, quando eu estava sem orientação até a véspera de entrega do pré-projeto. Obrigada pela dedicação, carinho, paciência com minhas dúvidas e por ter sugerido um tema tão enriquecedor.

Agradeço à Universidade por disponibilizar espaços inspiradores e professores que foram fundamentais para o aprendizado e por terem me estimulado e me encorajado nessa caminhada.

RESUMO

Por muitos anos o mercado da construção ficou estagnado quanto à avanços tecnológicos e meios que facilitassem os projetos de edificações, utilizando para este fim, métodos que traziam resultados com erros, incompatibilidades e discrepâncias quanto ao que foi projetado e o que estava sendo construído. Com as mudanças no setor da construção, a busca por obras mais complexas e os crescentes relatos de erros durante a fase de construção devido projetos incompatíveis e o crescimento por exigência, qualidade e confiança se tornaram quesitos essenciais na elaboração de projetos, tornando madura a ideia do uso de tecnologias mais avançadas como o BIM (*Building Information Modeling*). Apesar do termo não ser tão difundido atualmente, os *softwares* com tecnologia BIM possuem uma gama de ferramentas que trazem agilidade, confiança e facilidade no intercâmbio de informações do projeto. O presente trabalho elenca os conceitos, características e principais vantagens na adoção do BIM, além dos motivos pelos quais o mesmo não é tão popular atualmente, principalmente no Brasil, além de abordar a importância das inter-relações entre todos os projetos, realizando a compatibilização de um projeto arquitetônico com estrutural de uma residência, com o auxílio do *software* de modelagem Revit. Com isto, espera-se que fique clara suas principais ferramentas e despertem interesse de profissionais e alunos.

Palavras-chave: BIM. Incompatibilidades. Software. Tecnologia.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
1.1 JUSTIFICATIVA.....	8
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.2.1 Objetivo Geral.....	9
1.2.2 Objetivos Específicos.....	9
1.3 METODOLOGIA	9
2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	10
2.2 O QUE É BIM	10
2.2.1 Interoperabilidade.....	12
2.2.2 Objetos Paramétricos	13
2.3 ORIGEM DO TERMO	14
2.4 DIMENSÕES	15
2.5 COMPATIBILIZAÇÃO	16
2.6 SOFTWARE REVIT.....	17
2.7 BENEFÍCIOS E VANTAGENS	18
2.8 DIFICULDADES E DESAFIOS NO USO DO BIM.....	22
2.9 BIM NO BRASIL E NO MUNDO.....	25
2.10 BIM X CAD	28
3 ESTUDO DE CASO.....	32
3.3 PROJETOS ANALISADOS.....	32
3.3.1 Arquitetônico.....	32
3.3.2 Estrutural.....	35
3.4 COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS.....	37
3.4.1 Projeto Arquitetônico.....	37
3.4.1.1 ANÁLISE DO PROJETO ARQUITETÔNICO	40
3.4.2 Projeto Estrutural	42
3.4.2.1 ANÁLISE DO PROJETO ESTRUTURAL.....	44
3.4.3 Projeto Arquitetônico-Estrutural	46
3.4.3.1 ANÁLISE DO PROJETO ARQUITETÔNICO-ESTRUTURAL	47
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Os *softwares*, aliados ao avanço tecnológico, têm se mostrado verdadeiras ferramentas de ajuda na organização e gerenciamento dos mais diversos tipos de trabalhos. Desde os mais simples, como edição e visualização de textos e fotos, até os que exigem uma complexidade maior de ferramentas e treinamentos para sua utilização, como os voltados para engenharia. Estes, por sua vez, são usados em projetos complexos como na confecção de peças mecânicas, projetos arquitetônicos, estruturais e instalações elétricas, trazendo dessa forma, resultados mais satisfatórios.

“Um estudo realizado com os associados do *Project Management Institute* – PMI (2001) confirma que os profissionais da indústria da construção civil são grandes consumidores dos *softwares* de gerenciamento de projeto” (Nazário, Bento, 2016). Nem sempre foi assim, durante muitos anos os projetos de construção civil foram feitos usando prancheta, lápis e papel auxiliados por escalímetros e compassos. Essa forma de trabalhar gerava muitos atrasos nas obras e eventuais problemas quanto a elaboração de projetos, já que eram procedimentos arcaicos e susceptíveis a erros. Com a evolução dos computadores e seu uso nos mais diversos campos da ciência, as empresas de *softwares* se viram na necessidade de produzir programas que auxiliassem e substituíssem os desenhos feitos manualmente. Segundo Ramos e Marafon (2016), empresas com a Autodesk, conhecida por desenvolver o *software* AutoCAD foi bastante importante para que houvesse essa migração dos desenhos manuais para desenhos feitos em 2D nos computadores, levando dessa maneira, um aumento significativo na produtividade.

O início das ferramentas CAD na construção civil abriu espaço para projetos mais ágeis e mais uniformes, facilitando o trabalho de engenheiros e arquitetos. Entretanto, essa forma de trabalhar e projetar, caracterizada por métodos lineares, onde todos os profissionais fazem suas tarefas de forma individual, sem comunicação com os demais, continuou gerando atrasos, incompatibilidades e consequentes desperdícios e custos extras na obra. Segundo Eastman (2014), embora esses métodos tenham aumentado o intercâmbio oportuno de informações, eles fizeram pouco para reduzir a gravidade e a frequência dos conflitos causados pelos documentos em papel.

Com o desenvolvimento tecnológico, as ferramentas computacionais foram, com o tempo, permitindo a criação de desenhos em 3 dimensões. Eastman (2014), alega que os *softwares* CAD davam origem a projetos plotados, com arquivos finais que continham vetores, linhas e camadas identificadas por *layers*. Conforme a necessidade demandada por cada setor, eram acrescentadas outras ferramentas, como a inserção de blocos, dados e textos associados, e, com o início da modelagem em 3 dimensões, foram incorporando ao sistema ferramentas avançadas de geração de superfícies mais realistas.

Apesar da evolução, os *softwares* deixavam lacunas no que diz respeito aos procedimentos completos de uma obra. Ramos e Marafon (2016) alegam que ainda faltava informações vinculadas aos desenhos, como detalhar uma parede, os materiais que a constituíam e suas propriedades gerais englobando custos, fabricantes, tipo de material, entre outras propriedades.

O mercado de construção passou muitos anos preso a essas tecnologias tidas como simples e que deixavam a desejar por não suprir todas as necessidades que um projeto demanda. Era necessário um novo método que modificasse o modo como os profissionais trabalhavam, algo capaz de conter todas as informações inerentes a um projeto, e, que além de imagens e representações do produto, como são esses *softwares* comuns, possuísse também informações documentais, orçamentos, dados reais e compatibilização de todos os projetos da obra. De acordo com Alves (2012) a necessidade de criação de um modelo que representasse a construção real, fez com que métodos e representações simples através de linhas e textos fossem abandonadas, e passasse a representar os modelos como uma série de elementos individuais, com objetos orientados à modelação.

Essa necessidade demandada pelo setor da construção civil, se iniciou principalmente devido à complexidade das obras e os históricos de erros, atrasos e conflitos de projetos. A solução para essa questão surgiu com a tecnologia BIM.

Eastman (2014) menciona que o BIM, em inglês *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção), é uma tecnologia promissora para o desenvolvimento dos setores ligados a arquitetura, engenharia e construção, pois um modelo virtual real da edificação é feito de forma digital. O BIM vem mudando completamente a forma de trabalho, organização e a maneira de projetar das mais diversas obras, sejam elas verticais, como os edifícios, ou horizontais, como projetos de infraestrutura que englobam pontes e estradas. A tecnologia está presente em um

gama de *softwares* e conta com uma variedade de ferramentas que diminuem drasticamente imprevisibilidades, eliminação de gastos não calculados e retrabalho.

Pretende-se então, fazer uma análise bibliográfica sobre o BIM e seu uso na construção civil, além de mostrar inúmeros benefícios que o mesmo está trazendo para a construção civil, dando ênfase principalmente em uma de suas principais ferramentas: a compatibilização de projetos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Diante da complexidade dos projetos de engenharia civil, o uso de tecnologias mais avançadas se tornou fundamental para a elaboração de projetos. O BIM está aos poucos ganhando espaço no mercado da construção e se tornando uma plataforma de grande importância diante dos inúmeros episódios relacionados a problemas na obra. Com a Modelagem da Informação da Construção, os projetos se tornam mais ágeis, eficazes e com menor probabilidade de erros. Entretanto, mesmo com toda a relevância no seu uso em projetos de construção civil, muitas empresas construtoras ainda utilizam métodos mais antigos e que trazem diversos problemas durante a fase de obra. Trazer para o centro das discussões o conceito sobre o que é BIM e como ele pode vir a impactar diretamente a maneira como os profissionais e empresas realizam seus trabalhos atualmente, pode ser decisivo para que as práticas atuais sejam revistas. Dessa forma, ganha cada mais relevância as discussões sobre o BIM e seu uso na construção civil, no sentido de tentar explicar as reais necessidades atuais e das próximas gerações.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Difundir o conceito e as oportunidades que a tecnologia BIM proporciona ao setor da construção civil e analisar interferências entre os projetos arquitetônico e estrutural.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Esclarecer o que é BIM e como está sendo difundido no Brasil e no exterior;
- Principais benefícios e dificuldades quanto a sua utilização;
- Fazer modelagem de projeto arquitetônico e estrutural utilizando o *software* Revit;
- Verificar e demonstrar a importância da análise de incompatibilidades entre os projetos analisados usando tecnologia BIM;

1.3 METODOLOGIA

O trabalho é desenvolvido em duas etapas distintas: pesquisa bibliográfica e compatibilização de projetos. Para o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica, foram realizadas revisões bibliográficas acerca do tema BIM e seu uso na construção civil a partir de artigos científicos de sites e revistas online, livros conhecidos e de grande respeito sobre esse tema, monografias de mestrado e teses de doutorado. A segunda fase está relacionada com a familiarização e aprendizagem da versão gratuita disponível para estudante do *software* Revit, que foi a ferramenta escolhida para a realização da compatibilização dos projetos. Com a aprendizagem foi possível iniciar a modelagem no Revit dos projetos arquitetônicos e estruturais, onde se pretende-se apresentar as incompatibilidades entre ambos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

A abordagem a seguir trata-se de apresentar os conceitos e definições da Modelagem da Informação da Construção (BIM).

2.2 O QUE É BIM

Hoje, não existe um conceito exato para definição do que é BIM. Cada autor o define da sua maneira. Segundo Birx (2007), não é tão fácil definir BIM quanto o CAD. O BIM é mais um processo que uma ferramenta de elaboração, podendo ser visto tanto como processo de projeto quanto ferramenta de desenho. Para ele, a tecnologia representa a transição do analógico para o digital, onde projetos são conduzidos como modelos completos. (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Eastman (2014), BIM é uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. O referido autor também aborda o conceito usado pela construtora americana *M. A. Mortenson Company*, que utiliza frequentemente em seus projetos as ferramentas BIM. Segundo a empresa, o conceito BIM tem suas raízes nas pesquisas sobre projeto auxiliado pelo computador de décadas atrás. Para permitir atingir uma implementação integrada, segundo a empresa, essa simulação deve exibir seis características principais:

- Digital
- Espacial (dimensão 3D)
- Mensurável (pode ser medido, consultado)
- Abrangente (integra e comunica o propósito do projeto, o funcionamento da construção, incluindo também aspectos financeiros de meios e métodos)
- Acessível (todos os profissionais que participam do projeto podem ter acesso ao modelo por meio da interoperabilidade)
- Durável (pode ser utilizado em todas as fases da obra)

Segundo Mendonça (2008), *Building Information Modeling* é a utilização de informações computacionais consistentes e coordenadas sobre determinado projeto

de edificação. É utilizado para decisões de projeto, documentos de alta qualidade da construção, previsão, estimativa de custos, planejamento da construção e eventualmente gerenciamento e operação do empreendimento após término.

Underwood e Isikdag (2010) citado por Manzione (2013), definem características dos *Building Information Modeling* como:

- Orientado a objetos;
- Ricos em dados e abrangentes: os modelos abrangem e mantem todo o perfil físico e funcional e todos os componentes do edifício;
- Tridimensionais: representações em três dimensões;
- Espacialmente relacionados: as relações espaciais entre os elementos do edifício são mantidas nos modelos de maneira hierárquica;
- Semanticamente ricos: os modelos contêm uma enorme quantidade de dados e informações sobre os elementos da obra;
- Modelos capazes de suportar vistas: as vistas do projeto são geradas automaticamente a partir do modelo principal.

De acordo com Kamardeen (2010), o BIM não é apenas um modelo virtual 3D, mas um repositório de objetos de construção inteligente com atributos que podem entender a interação entre si. Com o BIM é possível a criação de modelos de realidade virtual (3D) de edifícios, com coordenadas e informações confiáveis sobre um projeto, desde seu início até a construção e operação, fazendo a integração de vários softwares diferentes.

Segundo o autor, um BIM básico inclui três características:

- Elementos do CAD, como pontos, linhas e polígonos dão espaço a componentes físicos do edifício, como paredes, portas e janelas, que são dimensionadas e descritas pelos métodos de construção.
- Informações sobre atividades de construção e manutenção vinculadas a construção do componente físico.
- Relações entre componentes e atividades do prédio.

Desta forma, BIM é uma tecnologia completa que envolve uma série de profissionais e processos que atuam em uma determinada obra. Engloba um conjunto de funções e ferramentas que facilitam a projeção e a comunicação de todos os envolvidos no projeto. Além disso, foge dos modelos atualmente mais utilizados na concepção de projetos de edificações, pois arquitetos, engenheiros, proprietários,

construtores, fornecedores de materiais e operários participam das fases de construção do projeto desde o início.

O BIM abre caminho para uma diversidade de *softwares* que podem interagir uns com os outros, substituindo o desenho em 2D, e dando espaço a *softwares* mais sofisticados que adotam a plataforma, como o Revit da Autodesk, por exemplo, que utiliza a tecnologia BIM. Esses *softwares* implementam além da visualização em 3D, outros aspectos inerentes como características do material utilizável e custo da obra, além de uma comunicação mais fácil entre todos os envolvidos na obra. Essa interação dos projetos adjacentes com o projeto estrutural e arquitetônico ainda na fase de elaboração do mesmo, diminui drasticamente os erros de compatibilidade que possam vir no decorrer da construção em si, eliminando dessa forma custos imprevistos e retrabalhos que possam surgir.

Apesar do BIM ser uma plataforma bastante diferente das utilizadas atualmente por escritórios de arquitetura e engenharia, seu conceito ainda é confundido com diversos *softwares* comumente mais usados. Eastman (2014) descreve modelagens que não utilizam a tecnologia BIM, incluindo ferramentas que criam os seguintes tipos de modelos:

- Modelos contendo somente dados em 3D, usados apenas para visualização, sem conter atributos a objetos e dados integrados.
- Modelos sem parametrização de objetos, ou seja, qualquer modificação realizada no projeto é equivalente a horas de trabalho.
- Modelos relacionados a arquivos CAD 2D, onde precisam ser combinados para concluir a construção, e, os modelos em três dimensões apresentam falhas com relação aos seus objetos.
- Modelos que não refletem às outras vistas modificações feitas em apenas uma.

2.2.1 Interoperabilidade

A principal característica da tecnologia BIM é sua capacidade em estabelecer relações de comunicação entre sistemas, termo denominado de interoperabilidade. De acordo com Oliveira (2011), esse conceito se aplica tanto para pessoas quanto para sistemas. Em outras palavras, a interoperabilidade aplicada no BIM está relacionada à possibilidade de comunicação entre os profissionais envolvidos em um

projeto, incluindo também sistemas de *softwares* usados para fazer a comunicação de todos de forma transparente e formal. “A interoperabilidade representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão. Desta forma, elimina retrabalhos e entrada de dados que já foram feitas antes”. Eastman (2014).

Com a interoperabilidade, todos os envolvidos no projeto, ao invés de se comunicarem por papéis, como é feita a maioria dos projetos atualmente, interagem diretamente através do BIM. Dessa forma, é possível que todos os profissionais, engenheiros, arquitetos, construtores, dentre outros, possam retirar informações do modelo feito ou fazer modificações e análises diretamente pelo software, já que todos estarão integrados em um único lugar. As modificações feitas no projeto, por qualquer profissional da obra, é automaticamente processada e atualizada no programa, economizando dessa forma tempo e dinheiro.

2.2.2 Objetos Paramétricos

Outra importante característica para entender o BIM é sua capacidade em obter objetos paramétricos que servem para representar sua forma real. De acordo com Florio (2007), os componentes de uma edificação são integrados e possuem uma ligação entre si, logo é possível fazer alterações no modelo e obter atualização automática que é reproduzido em todo o restante do projeto, culminando na redução de conflitos entre os elementos da obra, além de facilitar na correção dos projetos e eficiência na produtividade. (COELHO, 2017). Através da inserção de uma série de parâmetros que caracterizam os objetos, é possível obter todas as propriedades reais do mesmo, tais como altura, espessura, material utilizado, preço, entre outros.

Para Eastman (2014), a compreensão da definição de objetos paramétricos é fundamental para o entendimento do BIM e sua diferenciação dos objetos 2D tradicionais. De acordo com o autor, objetos paramétricos são definidos como:

- Definições geométricas de dados e regras associadas, ou seja, os objetos possuem regras;
- Geometria integrada de maneira não redundante sem inconsistências. A elevação de um dado objeto deve sempre ter dimensões reais;
- Regras paramétricas para objetos que se modificam automaticamente quando é feita alguma alteração aos objetos a eles associados, por

exemplo, uma porta e uma janela só se encaixa em uma parede, assim como tubulações e fios;

- Os objetos possuem seus respectivos componentes, e se esses componentes mudam, as características da parede também devem mudar;
- Regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a tamanho, construtibilidade, etc. Por exemplo, se o Revit detectar que o forro ou teto não foi modelado de forma adequada vai emitir um aviso.

2.3 ORIGEM DO TERMO

Apesar de não ser muito difundido atualmente, o termo BIM foi definido há muitos anos. De acordo com Menezes (2011), todos os conceitos que temos hoje sobre BIM está em circulação há cerca de 30 anos, e sua terminologia *Building Information Modeling* data de 15 anos atrás. O termo surgiu a partir da combinação de duas nomenclaturas já existentes nos Estados Unidos e na Europa, denominadas de *Building Product Model* (Modelos de Produtos da Construção) e *Product Information Model* (Modelos de Informação de Produto) respectivamente.

Segundo Ayres (2009) citado por Laubmeyer (2009) a modelagem surgiu como resposta às constantes mudanças que estavam ocorrendo na década de 70, como as transformações na economia, capitalismo e pressões sobre as empresas quanto o cumprimento de prazos, qualidade nos produtos e custos nos serviços.

De acordo com Jerry Laiserin o conteúdo mais antigo que se tem sobre BIM intitula-se “*Building Description System*”, que na época havia sido escrito pelo americano Charles M. “Chunk” Eastman, no extinto jornal AIA Journal, em 1975. O trabalho falava sobre conceitos básicos de BIM, como evitar redesenho, já que alterações são automaticamente refletidas em todo o projeto, representação de quantitativos de materiais, bem como outras facilidades que o BIM agrega hoje. (MENEZES, 2011). Segundo Silva (2007) mencionado por Oliveira (2011), o próprio Jerry Laiserin seria o responsável pela disseminação do termo e Charles Eastman teria apenas inventado o conceito. Laiserin usou o termo para representar processos digitais com a intenção de facilitar a interoperabilidade entre pessoas e meios, tal característica é hoje relacionada diretamente com o BIM. Segundo Laiserin, a primeira implementação

prática do BIM pôde ser vista no *software* ArchiCAD Graphisoft, no seu lançamento em 1978.

Menezes (2011) afirma que o primeiro uso documentado do BIM, com sentido de *Building Information Modeling*, apareceu em um artigo de Robert Aish de 1986. No artigo, Aish falou sobre todas as características que hoje conhecemos do BIM, incluindo toda a tecnologia envolvida na sua implementação, como modelos tridimensionais geração de desenhos, objetos paramétricos, bem como a dimensão tempo, conhecida hoje como 4D.

2.4 DIMENSÕES

O BIM possui outras dimensões além do 2D e 3D usuais. De acordo com a sua utilização, a plataforma pode chegar até n dimensões. Segundo a análise de Neil Calvert (2013), citado por Coelho (2017) as principais dimensões do BIM são:

- 2D Gráfico: dimensão plana onde estão as representações lineares das plantas do projeto.
- 3D Modelo: inclui a dimensão espaço ao projeto, sendo possível a visualização em três dimensões. Além da mera representação um modelo em BIM possui características relacionadas aos objetos que o caracteriza como uma maquete virtual e vão além da mera representação.
- 4D Planejamento: inclui a dimensão tempo, onde é contabilizada quando cada etapa da obra irá ocorrer, compra, armazenamento, instalação e utilização.
- 5D Orçamento: adiciona a dimensão custo ao modelo, organizando os valores de cada parte da obra, equipamentos e materiais a serem comprados podendo verificar os impactos no orçamento.
- 6D Gestão de Facilidades: está relacionada a operação do empreendimento, extraíndo dados sobre o funcionamento da obra e estabelecendo manutenções quando acontecer falhas imprevistas.

Para Mattos (2014), uma das grandes vantagens do BIM 3D é o *clash detection* (detecção de conflitos), ou seja, conflitos podem ser detectados com antecedência de acordo com a averiguação juntamente com outros projetos, como por exemplo, portas e tubos fora do lugar ou gerando interferências em outros espaços indevidos. O autor define que a principal vantagem do 4D está no acompanhamento da obra pelo gestor,

podendo este, analisar o avanço da obra e vê-la sendo construída etapa por etapa como em um filme. Para o autor, no BIM 5D, cada componente da edificação fica vinculado a informações de custos, por exemplo, a alvenaria completa da obra possui orçamentos, e cada alteração feita nessa alvenaria, os custos se atualizam automaticamente. Por fim, a sexta dimensão está relacionada com controles que podem ser feitos nos equipamentos, manutenções, dados de fabricantes e fornecedores e custos de operações.

Dependendo do contexto, outras dimensões podem ser consideradas. Kamardeen (2010), fala da dimensão segurança. Segundo o autor, o modelo pode prever possíveis acidentes ou risco de acidentes que possam ocorrer no processo de construção.

2.5 COMPATIBILIZAÇÃO

A compatibilização de projetos significa a verificação de todos os seus componentes para validar possíveis interferências entre os elementos ou espaços incompletos no projeto.

Um dos grandes problemas da construção civil é a falta de compatibilidade nos projetos que geram atrasos e gastos não calculados com antecipação. Na maior parte dos casos, os projetos são feitos separadamente: o arquitetônico e estrutural separado das instalações de energia elétrica, de ar condicionado, dentre outros. Todos esses aspectos causam conflitos, em geral identificados durante o processo de execução da obra, exigindo mudança de projeto, adequação de modelos e custos imprevistos pensados de última hora, para que tudo se adeque novamente.

Gonçalves (2016), explica que a maneira mais comum de verificar se os projetos estão todos conectados é fazendo sobreposição de desenhos manualmente ou utilizando ferramentas 2D. Esse método sempre funcionou, porém, quando se depara com a quantidade de disciplinas e detalhes que existem hoje nos projetos, fica impossível detectar conflitos com tanta precisão.

Com o uso do BIM, os desenhos em 3 dimensões são elaborados logo no início do projeto automaticamente. Essa visualização logo nas fases iniciais auxilia na averiguação de possíveis problemas que existam, podendo buscar soluções antecipadamente, antes do início da construção. Uma gama de problemas de projeto,

que habitualmente só se resolveriam em níveis posteriores, podem ser solucionados antecipadamente, minimizando trabalhos futuros.

De acordo com Gonçalves (2016), existem 4 formas de fazer a compatibilização de projetos na construção civil.

- Manual com projetos impressos: forma tradicional, comumente utilizada no passado quando os computadores não eram usados constantemente. A compatibilização era feita apenas olhando as pranchas impressas e identificando a olho nu possíveis problemas que existissem. Esse método levava muito tempo para ser finalizado e existia alta probabilidade a erros devido ao extenso volume de informações.
- Com programas CAD 2D: maneira de detectar menos rudimentar do que a manual, porém ineficiente quando se envolve projetos estruturais e outros complementares como iluminação, por exemplo.
- Com modelos 3D: os processos evoluíram, mas continuam restritos apenas ao desenho, sem a contemplação das informações e características de cada projeto.
- Com modelagem da informação: essa forma é a mais segura, pois além da modelagem automática em 3D, os softwares BIM também incluem objetos paramétricos, além de verificação de todas as disciplinas juntas.

2.6 SOFTWARE REVIT

Atualmente existem uma gama de *softwares* de diversas empresas voltados para a indústria da construção utilizando tecnologia BIM. Alguns deles são: Active3D, Archimen, Autodesk AutoCAD Architecture, Autodesk Revit Architecture, Bentley Architecture, DDS-CAD Building Service, DDS Nemetschek Allplan, Facility Online, Graphisoft ArchiCAD, MagiCAD, Oracle CADView-3D, Solibri Model Checker, Tekla, VectorWorks, entre outros. (LAWBMEYER, 2009).

Cada *software* pode ser utilizado em diferentes fases do ciclo de vida de uma edificação de acordo com a necessidade de projeto. Alguns são específicos para projetos estruturais, arquitetônicos, instalações, e ainda tem aqueles direcionados para compatibilização dos projetos de uma obra. Neste trabalho será dado ênfase ao

software Revit, da Autodesk, que foi o escolhido para fazer a compatibilização dos projetos estrutural e arquitetônico.

O Revit é o mais usado e líder de mercado para o uso do BIM em projetos. Segundo Eastman (2014), ele foi introduzido pela Autodesk em 2002, depois da obtenção do *software* de uma empresa iniciante. O Revit é uma família de produtos integrados em um único programa que inclui o Revit *Architecture* (arquitetura), o Revit *Structure* (estrutura) e o Revit MEP (mecânica, elétrica e hidráulica), sendo o mais usado o Revit *Architecture*.

O Revit fornece ao usuário uma série de ferramentas que facilitam e dão mais rapidez, precisão e qualidade aos projetos, e ainda colabora nas relações de comunicação entre equipes e proprietários do projeto usando modelos 3D.

Por usar a tecnologia BIM, o programa identifica automaticamente vários comandos que antes só era possível após vários outros comandos, como por exemplo, a distinção automática de hierarquia de linhas, ou seja, quais componentes devem ter linhas grossas e quais devem ter linhas mais finas; faz cortes automáticos do desenho conforme o comando do projetista, sem precisar fazer todo o desenho dos cortes; também faz alterações de tamanho de textos de acordo com a escala requerida, qualquer alteração em alguma parte do projeto é refletida em mudanças por todo o documento; além de informar erros que tenham no projeto através da compatibilização de todas as disciplinas.

O Revit também cria um modelo eletrônico bem parecido com o real, pois os projetos não são somente formados por linhas, e sim um modelo formado por componentes e proporções reais.

2.7 BENEFÍCIOS E VANTAGENS

É impossível não pensar nos inúmeros benefícios que o BIM está trazendo e ainda pode trazer para as obras em engenharia civil. “Obras que utilizam o conceito BIM possuem uma redução de 22% no custo de construção, 33% no tempo de projeto e execução, 33% nos erros em documentos, 38% de reclamações após a entrega da obra ao cliente e 44% nas atividades de retrabalho”. (Raduns e Pravia, 2013).

De acordo com Underwood e Isikdag (2011), dentre os vários benefícios e vantagens oferecidas pelo BIM, alguns destacam-se: aumento da produtividade, melhoria da qualidade gráfica de apresentação do projeto, melhoria da comunicação

interdisciplinar, eliminação da redundância de dados, redução do retrabalho e de erros, entre outros. (COELHO, 2017).

Kassem e Amorim (2015), abordam que todos os participantes de uma construção se beneficiam no uso do BIM, desde os projetistas até os fornecedores. Segundo os autores, enquanto nos projetos comuns os desenhos são em 2D e se imagina em 3D, no BIM a representação arquitetônica se transforma em um modelo de construção virtual. O resultado de todos esses processos converte em benefícios para projetistas, aumentando a produtividade, eficiência e a gerações de informações mais detalhadas e consistentes. Dessa maneira os construtores também ganham com a redução de falhas e consequente diminuição de custos e maior previsibilidade na obra. Já os proprietários conseguem preços menores, uma previsão antecipada da disponibilidade de certo material. Os fornecedores de materiais conseguem com mais facilidade a comunicação com o consumidor e parcerias comerciais, bem como comercializações mais rápidas e baratas.

Eastman (2014) cita uma série de vantagens quanto a implementação e uso do BIM durante todo o ciclo da construção. O autor destaca que apesar dos inúmeros benefícios, é improvável que todos estejam em uso atualmente.

a. Benefícios no projeto

-Visualização antecipada e mais precisa de um projeto: O software BIM gera modelos de projeto diretamente em três dimensões e pode ser visualizada em qualquer fase da elaboração do projeto.

-Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto: os objetos adicionados no projeto em 2D são refletidos na dimensão 3D pois são controladas por regras paramétricas que os garante alinhamento apropriado.

-Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto: o BIM facilita os trabalhos das múltiplas disciplinas que fazem parte de uma obra, contribuindo para a abreviação do tempo de projeto e a consequente redução de erros já que todos os trabalhos estão interligados.

-Verificação facilitada das intenções de projeto: o BIM possibilita além da visualização em 3D antecipada, a quantidade de materiais que serão usados na obra e atribui a estes custos.

-Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto: em qualquer etapa do projeto pode extrair dos softwares uma lista de quantitativos precisas, podendo dessa forma, serem tomadas decisões mais cedo e mais rápidas do que se fosse feita em papel.

b. Benefícios à construção e à fabricação

-Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção: os erros de projeto são detectados ainda na fase da concepção do mesmo, podendo ser corrigidos com antecedência.

-Reação rápida a problemas de projeto: atualização automática de todos componentes e espaços do projeto caso surja alguma modificação ou alteração.

-Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção: o modelo propicia a quantidade de todo ou quase todos os materiais usados no projeto, podendo ser usada para obter materiais de fornecedores de produtos.

c. Benefícios pós-construção

-Melhor gerenciamento e operação das edificações: o modelo pode ser usado como fonte de verificação de projeto caso manutenções ou modificações venham surgir após o término da obra.

Na figura 1 pode ser verificada uma imagem representando um pouco das vantagens do BIM.

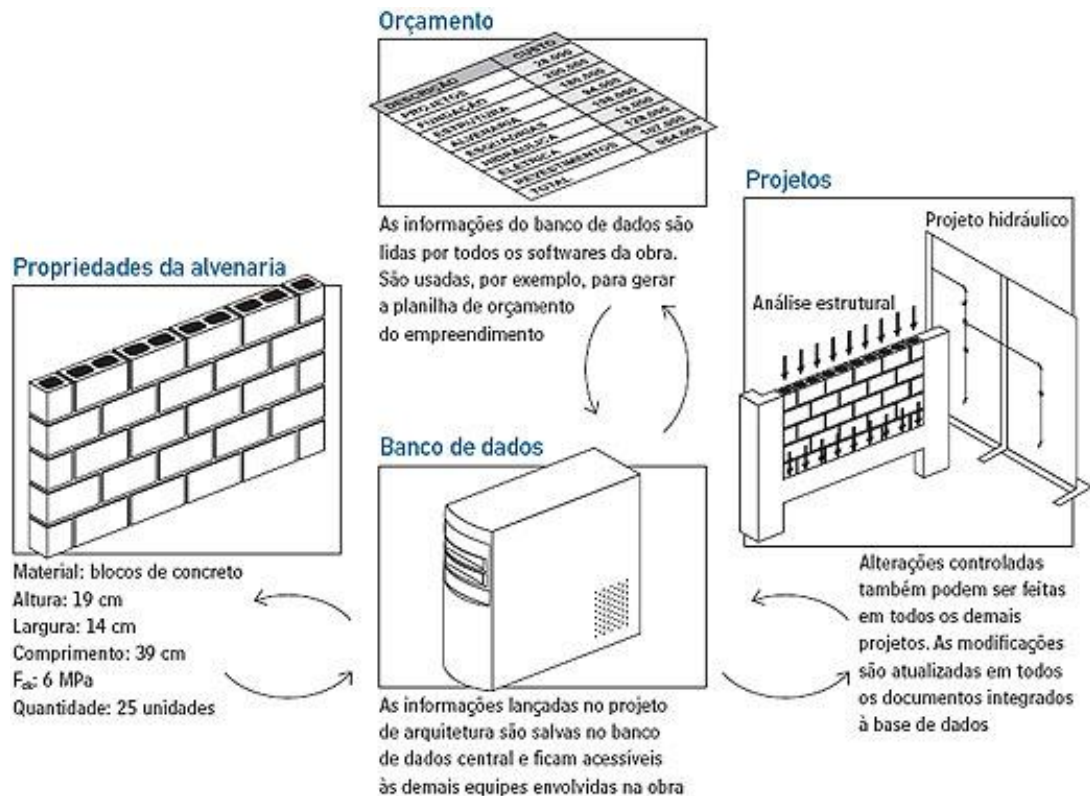


Figura 1: Desenhos em BIM

Fonte: REVISTA TÉCHNE, 2007.

Uma pesquisa feita por Laubmeyer (2009), mostra que a maior vantagem do BIM está na sua visualização em 3D facilitada, nas modificações de projeto e diminuição de erros de desenho. É notório que com o BIM os erros diminuem drasticamente, além da visualização em 3D que permite a geração de imagens bem próximas da realidade. O item “melhora na troca de informações entre os projetistas” obteve zero de porcentagem, o que deve-se estranhar já que o BIM facilita o câmbio e a comunicação dos envolvidos nos projetos. A autora afirma que essa porcentagem ocorreu devido a não utilização do BIM pelos demais projetistas, ou seja, os arquivos acabam sendo repassados aos outros envolvidos através de outros meios que não sejam em BIM, perdendo desta forma muitas informações associadas ao projeto, tornando um ponto negativo. A figura 2 mostra todos os dados apresentados pela autora.

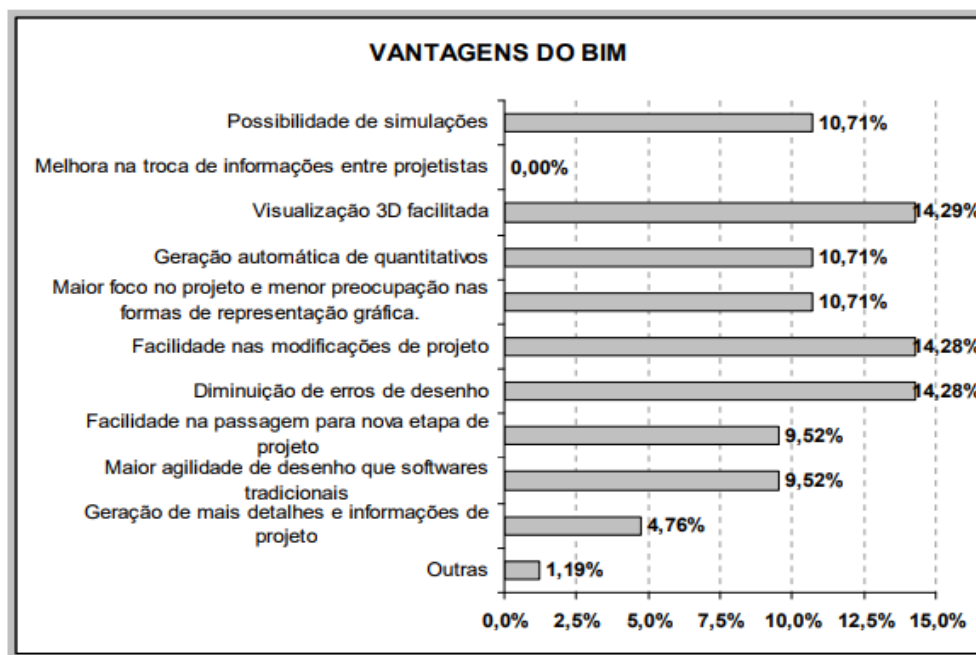


Figura 2: Vantagens do BIM

Fonte: LAUBMEYER, 2009.

Entre os muitos benefícios é possível citar três principais: compatibilização, orçamentos e melhor comunicação com profissionais e clientes. É notório que a facilidade na compatibilização nos projetos é a principal vantagem no uso da tecnologia BIM junto com a elaboração de orçamentos por meio da criação de listas automáticas de materiais usados na obra. É importante destacar também a vantagem da participação no projeto de todos os envolvidos no mesmo, onde cada alteração feita por qualquer membro pode ser visualizada e corrigida por qualquer outro profissional da obra, diferentemente do que acontece atualmente, onde cada um faz seu projeto separadamente, e erros só são vistos na fase da obra. Outro grande benefício é a melhor comunicação com os clientes, devido projetos em BIM permitir uma melhor visualização e detalhes da edificação.

2.8 DIFICULDADES E DESAFIOS NO USO DO BIM

Pode-se dizer que grande parte dos projetos de edificações feitos atualmente ainda são desenvolvidos usando *softwares* que possuem ferramentas 2D, com métodos tradicionais e simplificados em comparação com a complexidade dos projetos de engenharia atuais. Pode-se dizer que há uma grande resistência quanto a mudança por parte de engenheiros e arquitetos, e as causas são diversas, vão desde

a aprendizagem de uma nova ferramenta, falta de tempo e recursos para implantação dos mesmos em escritórios e empresas.

Um levantamento realizado na literatura por Eadie (2013), mostra que os principais motivos que levaram à não aplicação do Conceito de Modelagem da Informação são (COELHO, 2017):

- Falta de conhecimento e experiência por partes dos empreendedores e organizações;
- Falta de conhecimento dos próprios clientes com relação ao potencial dos *softwares* BIM;
- Resistência em abandonar métodos que já são aceitos;
- Custos nos investimentos de novos computadores e *softwares*;
- Relutância por partes dos membros das equipes em partilhar informações e problemas de comunicação por parte da gestão do empreendimento;
- Falta de informações quanto aos benefícios imediatos;

Birx (2006), citado por Laubmeyer (2009), identificou as seguintes dificuldades encontradas na transição da tecnologia tradicional para novos modelos de edifício:

- Treinamento de toda a equipe para os novos *softwares*;
- Poucos profissionais o utilizam atualmente, gerando dificuldades no compartilhamento de informações;
- Dificuldades na contratação de mão de obra treinada;
- Professores que dão cursos em BIM também são novatos na área;
- Transição lenta da tecnologia, levando bastante tempo para sua implementação e aproveitamento total.

Uma pesquisa feita por Laubmeyer (2009) com empresas de construção que possuíam até 15 funcionários e utilizam BIM nas cidades de São Paulo, Curitiba e Rio de Janeiro, mostraram que a maior dificuldade em implantar o BIM está relacionada ao seu custo elevado, já que é necessária uma licença do *software* para cada máquina utilizada, seguida de falta de tempo para treinamento do pessoal. A figura 3 mostra um gráfico com os resultados obtidos na pesquisa. O item “incompatibilidade com exigências do cliente” apresentou nenhuma porcentagem, tornando-se uma vantagem e mostrando que os *softwares* com tecnologia BIM não deixam a desejar com as exigências do cliente.

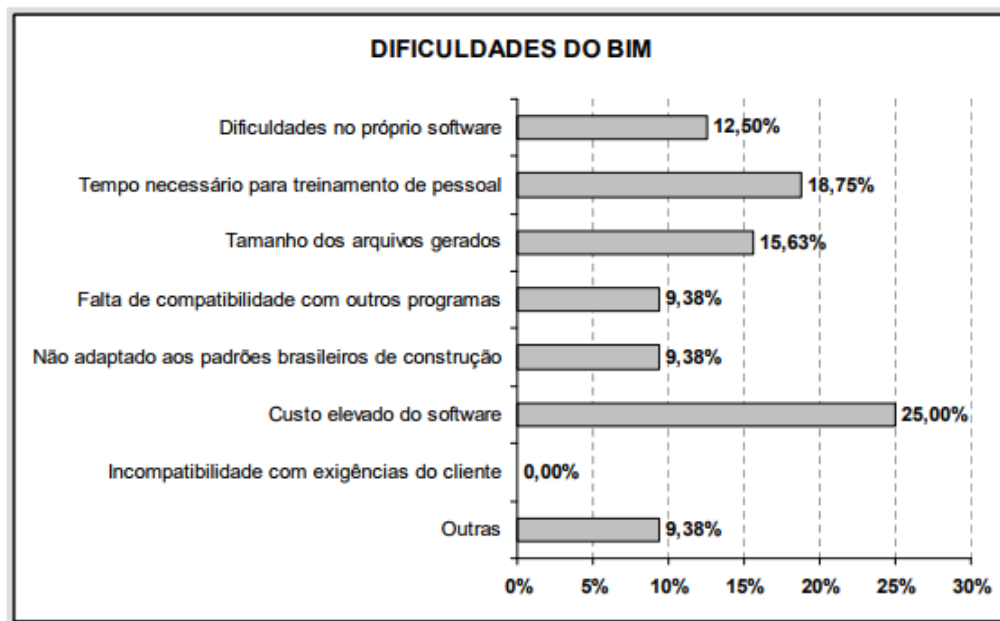


Figura 3: Dificuldades do BIM

Fonte: LAUBMEYER, 2009.

De acordo com a mesma pesquisa, as dificuldades iniciais relatadas por aqueles que já aderiram à plataforma BIM estão relacionadas ao alto custo do treinamento de pessoal e dos computadores (que necessitam ter uma configuração mais robusta), além do preço dos programas. De acordo com Rosso (2011), o ArchiCAD possui um valor médio de R\$ 7.800,00, e para os norte-americanos Bentley Architecture, Revit Architecture e Vectorworks, os valores de R\$ 13.300,00, R\$ 10.000,00 e R\$ 5.300,00, respectivamente. Os *softwares* hoje podem se encontrar com outros valores.

Eastman (2014) aponta diversos pontos negativos quanto à fase de implementação do BIM nas empresas construtoras. De acordo com o autor, a implementação do BIM gera altos custos devido aos treinamentos e modificações nos fluxos e formas de trabalho da equipe além da baixa produtividade inicial. Além disso, a maioria dos prestadores de serviços não está disposta a fazer tais investimentos, a não ser que percebam benefícios em longo prazo para suas organizações ou então que o próprio proprietário esteja disposto a custear tais treinamentos.

É notório que apesar das promessas de modificação do setor da construção civil, o BIM também traz inúmeras dificuldades. A principal delas e unanimidade de quase todos os autores está relacionada a implementação. O uso dessa tecnologia muda completamente a forma como os profissionais estão acostumados a trabalhar.

O maior retrocesso vem por parte das construtoras que, por sua vez, não se interessam no uso da tecnologia, já que estas demandam investimentos e tempo devido o treinamento de profissionais para se habilitarem ao emprego da mesma. Outro fator a ser considerado, principalmente no Brasil, é a falta investimentos no BIM. Considerando que a maioria das Universidades brasileiras não adotam o ensino no BIM na grade curricular, o uso dos *softwares* “antigos” continuam sendo os mais utilizados na elaboração de projetos, conseqüentemente todo o setor da construção continuará o mesmo, gerando uma estagnação no mercado e no avanço tecnológico.

2.9 BIM NO BRASIL E NO MUNDO

O BIM ainda pode ser considerado um assunto novo em âmbito brasileiro. É comum a praticamente todos os escritórios de engenharia e arquitetura ainda utilizarem softwares com duas ou três dimensões simples, restringindo as formas no processo do projeto. No exterior esse tema já está mais avançado e existem várias iniciativas por partes de setores públicos e privados para expandir o BIM em seus países. Segundo Coelho (2017), no período entre 2007 e 2009, vários países começaram iniciativas para implementação do BIM, com a elaboração de manuais e guias.

De acordo com *McGraw-Hill Construction* (2014), citado por Coelho (2017), apesar de países como Canadá, França, Alemanha, Reino Unido e EUA, terem introduzido BIM há mais tempo, países como Brasil, Austrália, Japão, Coreia e Nova Zelândia iniciaram a implantação há pouco tempo e estão demonstrando entusiasmo, diante da oferta de novos serviços e uso do BIM em projetos.

Kassem e Amorim (2015) relataram em suas pesquisas vários países da Europa como Reino Unido, França, Holanda, Finlândia e Noruega com iniciativas em BIM. Segundo os autores, a última década tem sido de evolução constante no Reino Unido do conceito e das tecnologias do Modelo de Informação da Construção (BIM). O governo do país reconheceu que o BIM pode desempenhar um papel crucial no aprimoramento da indústria da construção e colocou-o no centro de suas estratégias de desenvolvimento. Em 2016 se tornou obrigatório o uso do BIM 3D com informações de projetos e materiais para todos os projetos centrais. O governo possui várias estratégias da implementação do BIM a longo prazo, uma delas é a Construção 2025. Com essa estratégia, espera-se que o governo e a indústria do Reino Unido explorem

todo o potencial do BIM. No país, a implementação do BIM em cursos de nível superior se encontra limitada a informar e auxiliar os alunos a compreenderem os conceitos do BIM e a importância da colaboração, aparece também nas universidades de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo.

Na França, os autores afirmam que o país possui estratégias de governo com ações prioritárias no setor da construção. Uma dessas ações está o incentivo à inovação com construção digital e BIM. Designado em 2014, essa ação tem o intuito de desenvolver um programa operacional para a execução do BIM na indústria francesa de edificações. Os responsáveis deverão modernizar o processo de entrega de projetos de edificações, elevar a colaboração entre as partes interessadas do projeto, melhorar a qualidade das construções e reduzir seus custos. Consoante às medidas dessa estratégia, o BIM passou a ser exigido progressivamente em licitações públicas em 2017.

Na Holanda, o BIM passou a ser exigido nos projetos centrais do governo no ano de 2011, englobando obras com valores acima de 10 milhões de euros e em grandes projetos de manutenção de edificações. No país já existem vários cursos profissionalizantes promovidos por organizações privadas, porém no ensino superior é ensinado esporadicamente, sendo concentrado principalmente em cursos de pós-graduação e pesquisa.

A organização governamental da Finlândia, responsável pela gestão de bens e propriedades, começou a exigir o BIM em seus projetos em 2007. O grupo finlandês *BuildingSMART* desenvolve programas educacionais e projetos de implementação do BIM. Segundo os autores, escolas politécnicas e universidades oferecem, até certo ponto, aprendizagem em BIM para todos os alunos de arquitetura e construção, no entanto o BIM não está inserido sistematicamente no ensino superior.

É notório o uso do BIM na Europa. Percebe-se que existe uma preocupação do governo em tomar iniciativas para tornar abrangente o uso da tecnologia em obras, além de incentivos à qualificação através de cursos profissionalizantes e inserção do mesmo na graduação.

Nos Estados Unidos, percebe-se uma forte iniciativa por parte do setor privado. No país o BIM já é realidade em várias empresas de construção. De acordo com Eastman (2014), a *General Services Administration* (GSA), do governo federal norte americano, exige o uso de modelos BIM que sejam capazes de suportar verificação automática para averiguar se o projeto atende aos requisitos programáticos. O

Departamento de Defesa dos Estados Unidos está requisitando para suas obras civis que todos os projetos sejam baseados em BIM. Além disso, vinte e cinco por cento dos escritórios de arquitetura do país relataram já estar usando ferramentas BIM para modelagem em 2007.

No Brasil, a implementação e uso do BIM em projetos acontece de forma mais lenta. De acordo com Ruschel (2011) citado por Ribeiro e Pereira (2015), no cenário nacional, o BIM vem sendo implantado de forma mais lenta e com pouca força nos cursos de Arquitetura, Engenharia e Construção. Nota-se que o assunto a nível internacional é bem mais avançado do que no Brasil, devido sua abordagem durante vários momentos da formação acadêmica e a demanda que se vê no mercado internacional, já que empresas do exterior já usam o BIM em seus projetos de maneira mais efetiva que no Brasil. É possível notar que o atraso vêm de décadas atrás quando no exterior estavam implantando o CAD, no Brasil, seu uso só veio anos mais tarde. A área acadêmica foi a primeira a se interessar em estudar BIM e suas vantagens na construção civil. Segundo Kassem e Amorim (2015), em 1996 foram defendidas as primeiras dissertações no tema, na UFF. Desde então vários outros trabalhos foram surgindo.

Menezes (2011), afirma que apesar de todos os recursos que a tecnologia dispõe, como comunicação de todos os profissionais envolvidos na construção do empreendimento, por exemplo, inicialmente no Brasil, ele está sendo mais fortemente usado para projetos de arquitetura, explorando apenas características como verificação de interferências e levantamento de quantitativos. Segundo o autor, os escritórios ainda trabalharam de forma individual, sem participação conjunta com escritórios de estruturas e de instalações.

Uma pesquisa realizada por Ribeiro e Pereira (2015), sobre a utilização do BIM nos cursos de graduação no Brasil, mostrou que o ensino sobre BIM é pouco difundido nas universidades. De acordo com a pesquisa, realizada por meio de questionários enviados via web para 400 professores dos cursos de graduação em Engenharia Civil, de 42 universidades públicas e 14 universidades privadas, mostraram que 73% dos entrevistados não utilizavam a tecnologia BIM e 27% responderam que a utilizam há menos de 5 anos. Esses índices mostram que o tema ainda não é difundido em âmbito nacional e os poucos que dizem que a utilizam na grade curricular, se sucedeu de forma recente, mostrando que a tecnologia é nova dentro das universidades.

Apesar das dificuldades, segundo Coelho (2017), uma norma brasileira começou a ser elaborada em 2010, com o objetivo de impulsionar o uso do BIM. É a ABNT/CCE-134 Modelagem da Informação da Construção – NBR 15965 – Sistema de Classificação da Informação da Construção. Tem o objetivo de estabelecer a terminologia e a estrutura de classificação para a tecnologia de modelagem da informação da construção, nortear métodos de avaliação, escopos de trabalhos, padrões técnicos e outros parâmetros. Além disso, o setor público está começando a demandar projetos em BIM, como a Petrobrás e DNIT, por exemplo, e algumas prefeituras como a de Santa Catarina e Rio de Janeiro, que passaram a exigir projetos que utilizem a tecnologia BIM.

2.10 BIM X CAD

Com o avanço na utilização da Modelagem da Informação da Construção em obras atuais, se torna necessário demonstrar as principais diferenças existentes entre os métodos antigos e métodos recentes.

A primeira e principal diferença entre ambos está no conceito. O CAD (*Computer Aided Designer*) é um produto, um software, o BIM não. Muitos ainda confundem suas definições, o BIM é uma tecnologia, um conceito, uma maneira de trabalhar diferente, e está presente em softwares, ele não é um *software*. A segunda e notada diferença entre os dois está na forma de trabalho e comunicação entre os participantes de uma obra. É notório que os projetos e forma de trabalho feitos em CAD geram documentos em papel, produzindo uma comunicação muitas vezes precária e arraigada de problemas entre os envolvidos no projeto. De acordo com Eastman (2014), um dos problemas mais comuns associados a comunicação baseada em papel durante a fase de projeto é o tempo e o gasto para gerar informações para avaliação de uma proposta de projeto.

A diferença entre ambos pode ser constatada pela figura 4. A imagem a se refere à complexidade na comunicação dos envolvidos no projeto, gerando uma forma de teia de aranha, mostrando o quanto informações vão e vêm. Esse tipo de comunicação muito frequente atualmente, gera muitos atrasos na tomada de decisões dos projetos, acúmulo de papéis e consequente perda de dados e informações, já que é um procedimento que passa por todos os profissionais da obra. Além disso, deve-se destacar erros que são refletidos na fase de construção, dando espaço a obras

com falhas e atrasos na entrega. Toda a teia de aranha já citada anteriormente é causada pela interdependência entre os projetistas, ou seja, cada profissional faz seu trabalho individual, e somente na construção é que são percebidas tais falhas.

Na imagem b, a complexidade é simplificada com o uso do BIM. Os *softwares* BIM permitem a comunicação entre os projetistas somente através dos próprios sistemas, tornando o trabalho mais transparente e a interação mais formal. Essa comunicação facilitada não gera perda de informações durante o processo de projeto, como ocorre em processos tradicionais, além da possibilidade de visualização de todos os trabalhos feitos pelos projetistas juntos em um único sistema. Essa compatibilização nos projetos produz uma obra com quase 100% sem erros e falhas na fase de construção. Outro fator a ser considerado com o uso do BIM na comunicação de projetos, é que todos os envolvidos podem ver um mesmo arquivo e fazer mudanças que serão atualizadas por todo o projeto, facilitando a visualização de todos que estão envolvidos no processo.

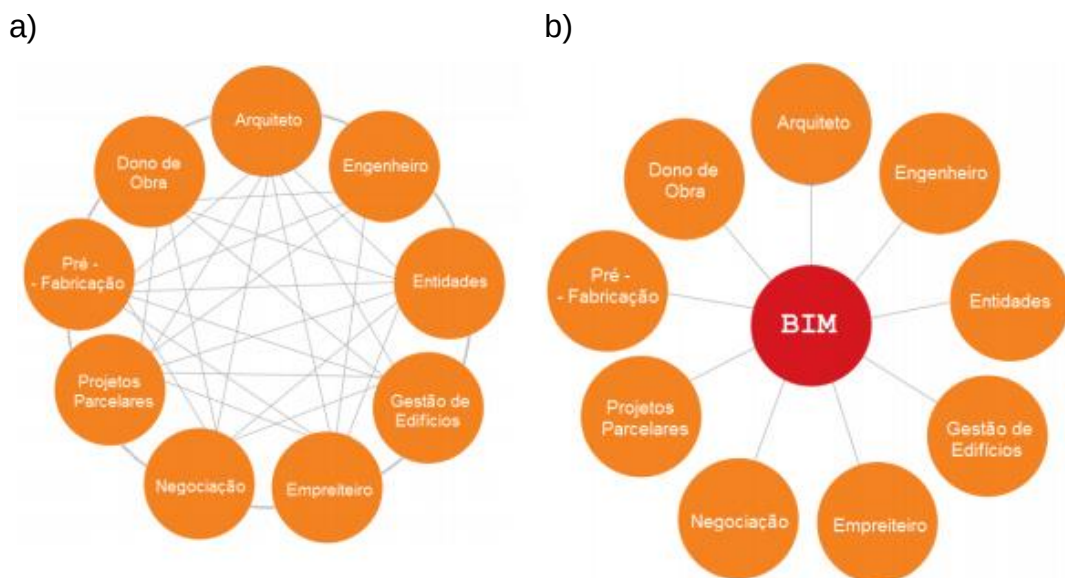


Figura 4: a) Fluxo tradicional de documentos, b) Fluxo de documentos em BIM.

Fonte: MORAIS, 2014.

As outras diferenças se engajam na forma de trabalho e nas características das ferramentas contidas nos *softwares*. Apesar dos sistemas CAD serem os mais usados atualmente, os BIM são os que detêm mais ferramentas e que fazem com que o projeto se assemelhe mais fielmente à realidade. No BIM, além da representação em 2 e 3 dimensões, como é o CAD tradicional, ele acrescenta detalhes no projeto que

só seriam decididos posteriormente ou no momento de construção. Os objetos dos projetos em BIM não servem mais somente para a representação espacial, com o BIM eles são dotados de propriedades característicos dos mesmos. De acordo com Rosso (2011) com o BIM, parede não é mais bloquinho, é uma parede com parâmetros e propriedades reais.

Outra diferença está na forma de desenhar. Nos *softwares* CAD, cada linha apagada ou alteração feita em alguma parte do projeto, teria que ser redesenhada e reajustada. Essa forma de desenho demandava muito tempo, gerando os consequentes atrasos, como já foi falado anteriormente. No BIM, as alterações no projeto resultam em ajuste automático do desenho. Eastman (2014) afirma que no CAD 3D tradicional, cada aspecto da geometria de um elemento deve ser editado manualmente pelo usuário, já no BIM, as formas de ajustam automaticamente às modificações do contexto.

A figura abaixo representa a diferença de objetos nas duas plataformas. Os projetos no CAD convencional são representados por linhas, em 2D, e por sólidos, em 3D. Juntos eles formam o projeto. Nos softwares BIM além da visualização em três dimensões automática, os componentes da edificação possuem quantitativos de materiais reais que se utiliza na obra.

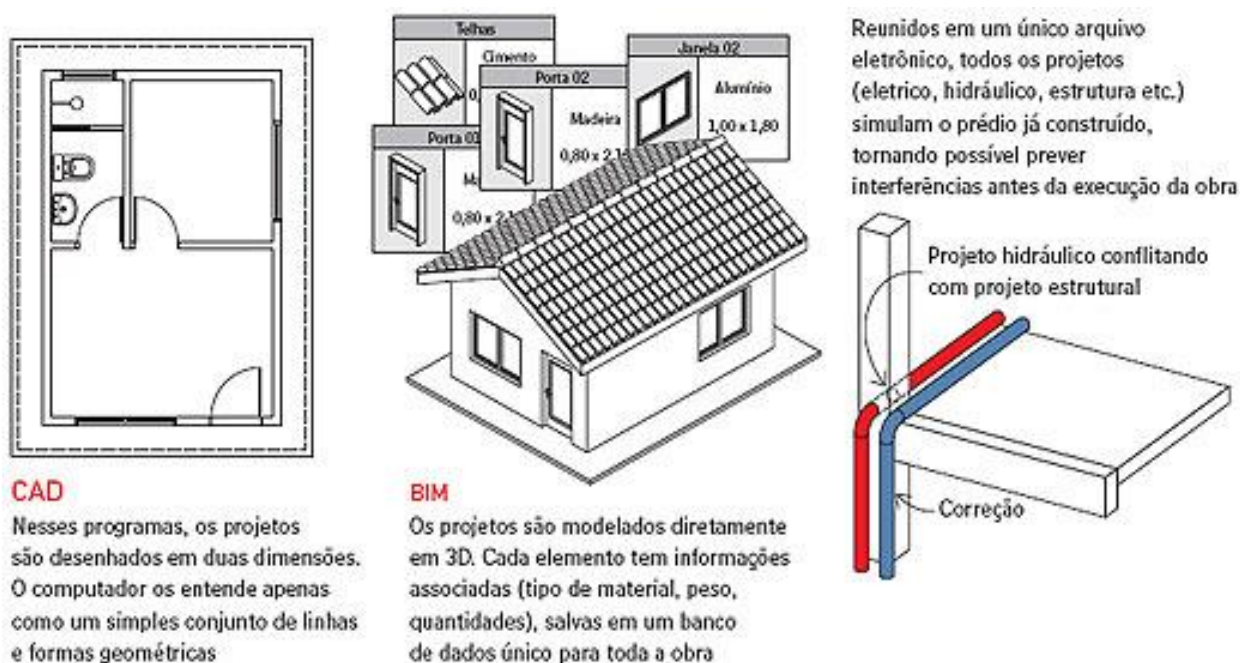


Figura 5: Diferença entre CAD e BIM

Fonte: REVISTA TÉCHNE, 2007.

O BIM dispõe dessa vantagem de possuir objetos paramétricos, regidos por regras impostas quanto ao uso dos objetos. É permitido criar objetos com parâmetros de controle, que determinam suas restrições, características e comportamento. Um parâmetro de controle seria: a porta só poderá ser colocada a uma distância mínima de dez centímetros da parede e a quarenta centímetros de uma janela”. (HIPPERT, ARAÚJO, 2010).

Abaixo pode ser verificada um resumo das diferenças existentes entre uma maquete eletrônica (CAD convencional) e o modelo BIM.

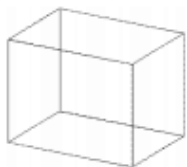
	ABORDAGENS	
<i>Termos correlatos</i>	Maquete Eletrônica	Modelo da Edificação
<i>Plataforma</i>	CAD convencional	BIM
<i>Característica Geral 01</i>	Não orientada a objetos e sem objetos paramétricos	Orientada a objetos com os objetos paramétricos
<i>Característica Geral 02</i>	Desenhos técnicos desvinculados à maquete eletrônica	Desenhos técnicos vinculados ao modelo da edificação
<i>Exemplo de Software</i>	AutoCAD 2000, 2004, 2006 e 3D Studio	Revit e ArchiCAD
<i>Característica do software</i>	O <i>software</i> não utiliza do BIM	O <i>software</i> utiliza do BIM
<i>Os objetos são</i>	Linhas e Volumes	Paredes, Portas e Janelas
<i>Visualização em 3D de um cubo como exemplo</i>	A mesma nas duas abordagens 	
<i>O software entende uma parede como sendo</i>	Um sólido ou volume em 3D	A representação de uma parede como na edificação pronta
<i>Informações que vão com o arquivo</i>	Informações sobre: • Posição no Espaço • Componentes Linhas ou Volumes • Aparência Textura	Informações sobre: • Geometria 3D • Posição no Espaço • Parâmetros de controle • Custos, Cronogramas • Especificações • Fabricantes

Figura 6: CAD x BIM

Fonte: HIPPERT, ARAÚJO, 2010.

3 ESTUDO DE CASO

3.3 PROJETOS ANALISADOS

O projeto a ser analisado é uma casa que possui uma área de 158.7m² de edificação e se divide entre os pavimentos térreo e superior com fundação e cobertura. Ambos os projetos arquitetônico e estrutural estão disponíveis em uma plataforma online denominada Aditivocad, onde possui uma série de projetos disponíveis gratuitamente para fins didáticos.

3.3.1 Arquitetônico

A edificação possui um pavimento térreo com área de 91,22m² e pavimento superior com área de 67,47m². O pavimento térreo é formado por garagem, sala de estar, hall, banheiro, cozinha, sala de TV e área de serviço. O pavimento superior possui dois quartos, banheiro e suíte. As próximas imagens mostram detalhes do projeto arquitetônico.

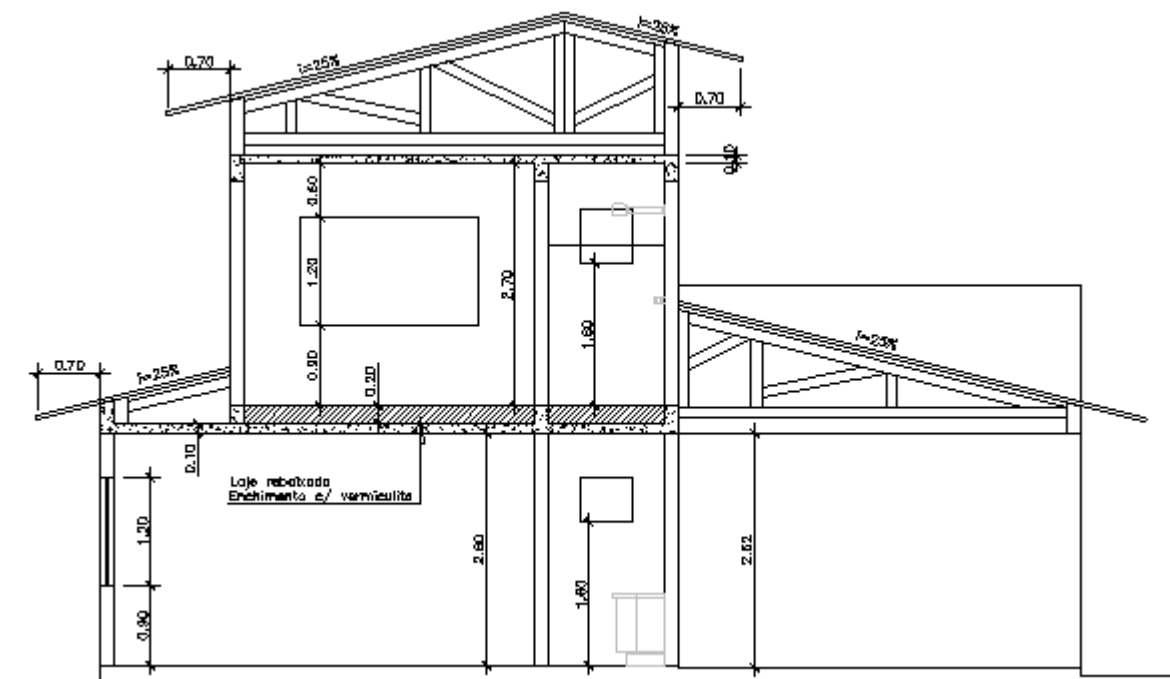


Figura 7: Corte AA da residência

Fonte: ADITIVOCAD, 2018.

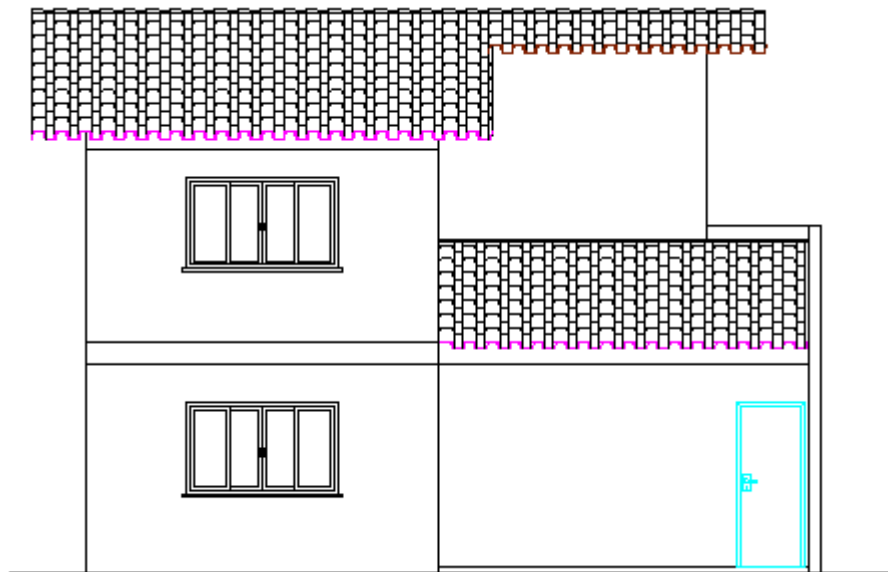


Figura 8: Vista frontal da residência

Fonte: ADITIVOCAD, 2018.

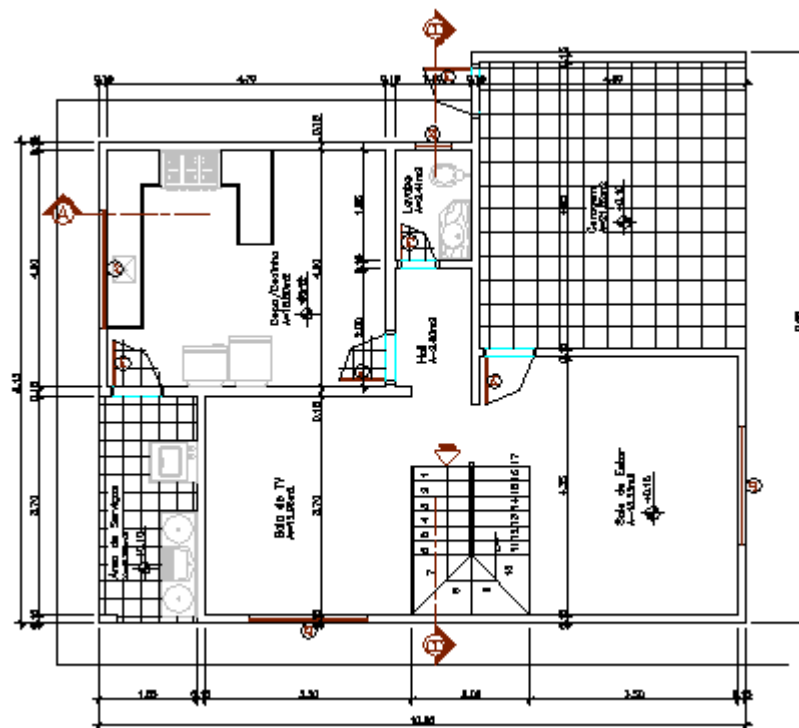


Figura 9: Planta baixa do pavimento térreo

Fonte: ADAPTADO DO ADITIVOCAD, 2018

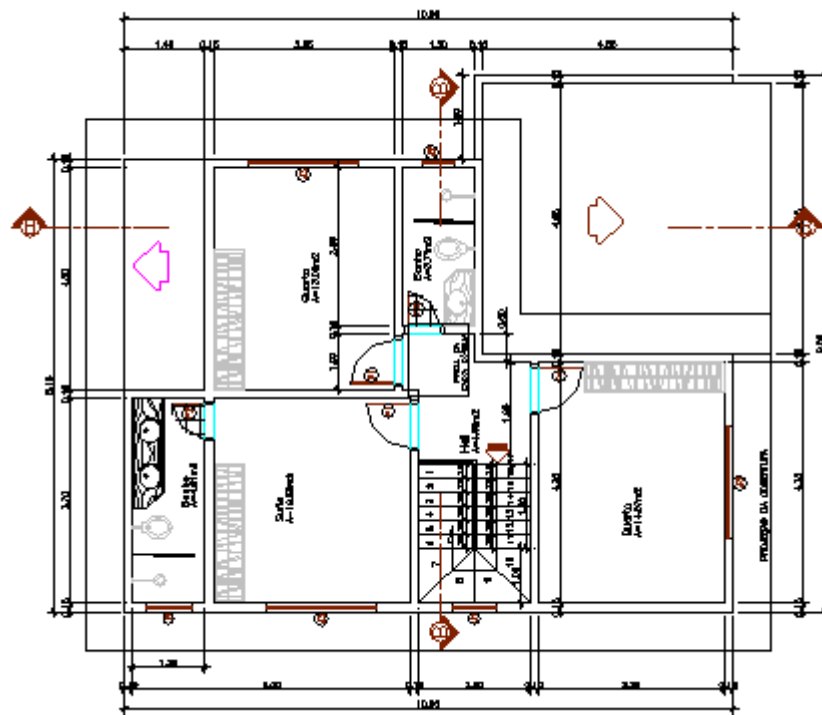


Figura 10: Planta baixa pavimento superior.

Fonte: ADAPTADO DO ADITIVOCAD, 2018.

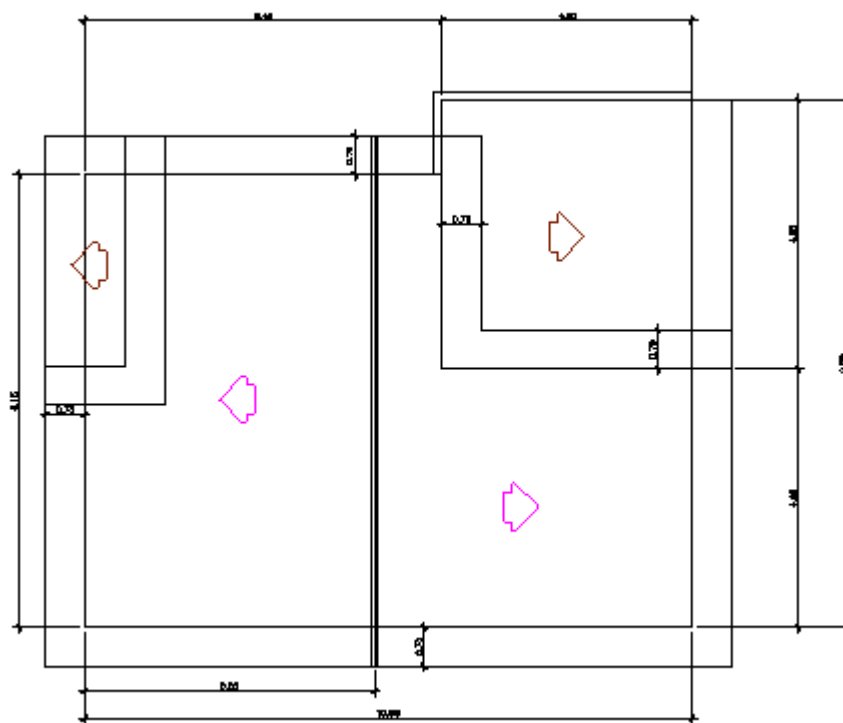


Figura 11: Projeção do telhado

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

3.3.2 Estrutural

O projeto estrutural baseado no arquitetônico é constituído por fundação do tipo bloco com estacas. Os elementos estruturais como pilares e vigas possuem ambas dimensões de 10x30. As próximas imagens mostram detalhes das plantas baixas e as dimensões dos blocos e estacas

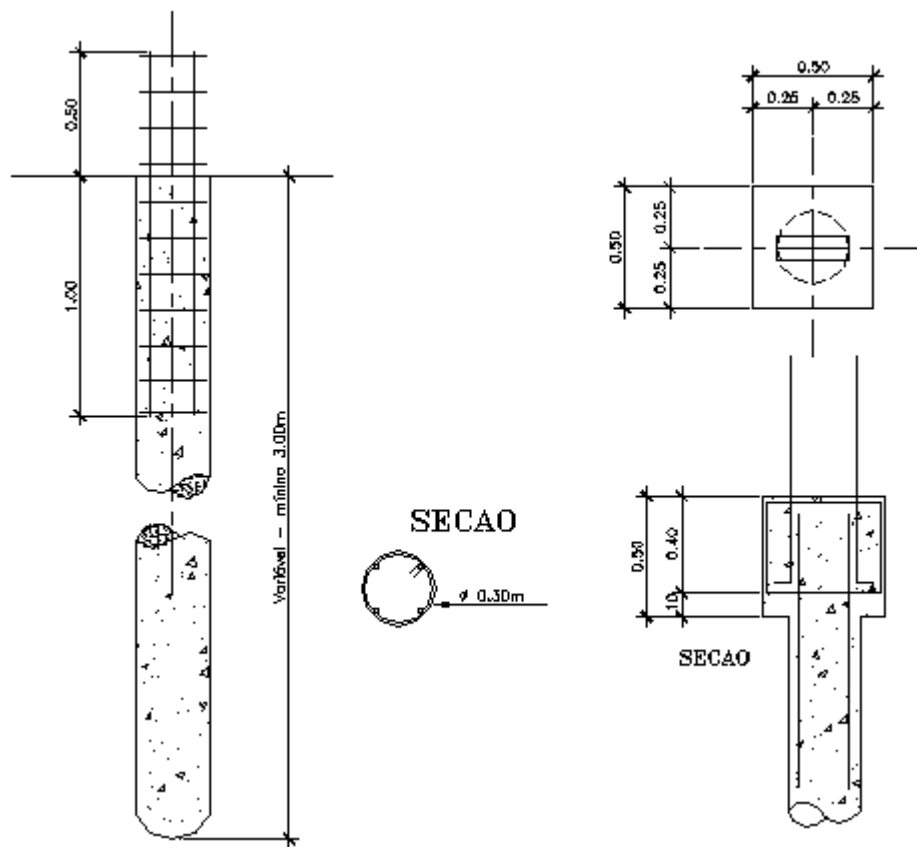


Figura 12: Dimensões dos blocos e estacas

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

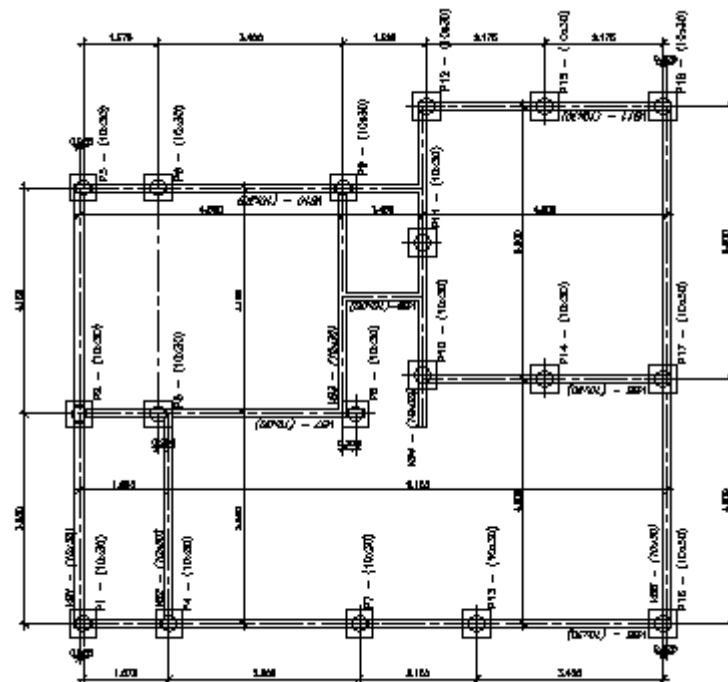


Figura 13: Planta de fundação.

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

As figuras seguintes são relacionadas a planta de forma das vigas de piso e planta de forma de cobertura respectivamente:

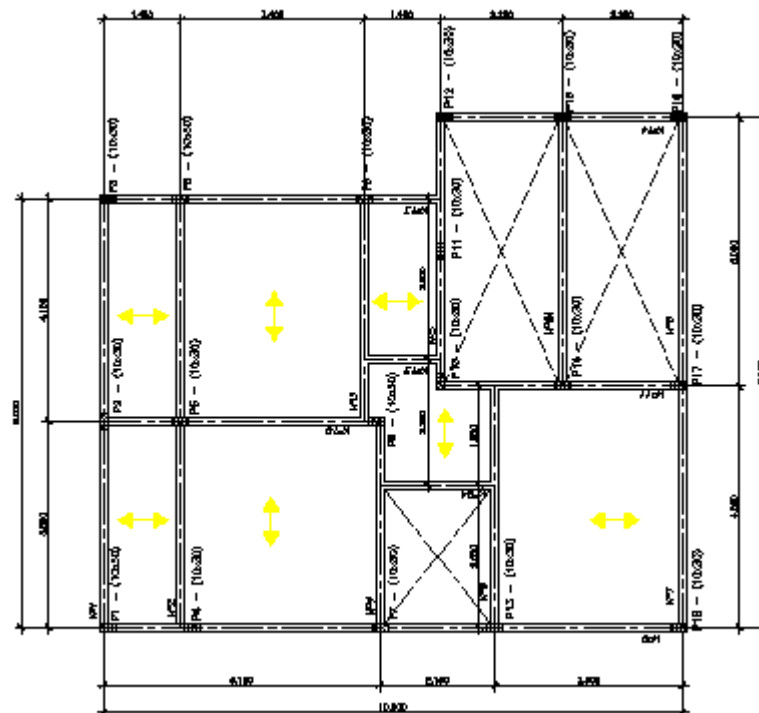
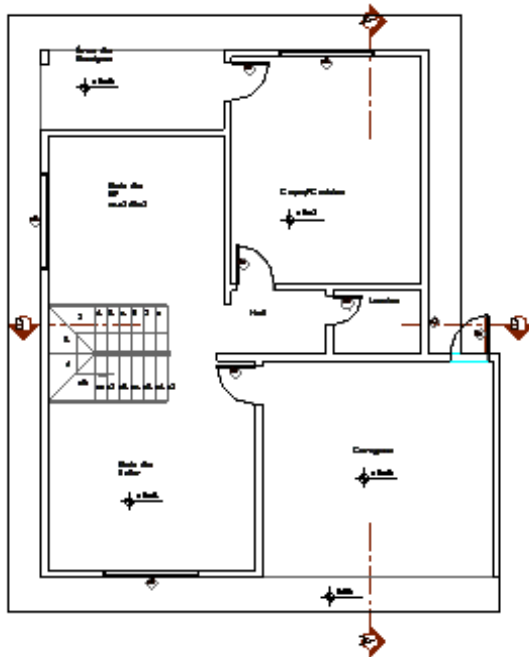


Figura 14: Planta de forma de vigas de piso.

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

a)



b)

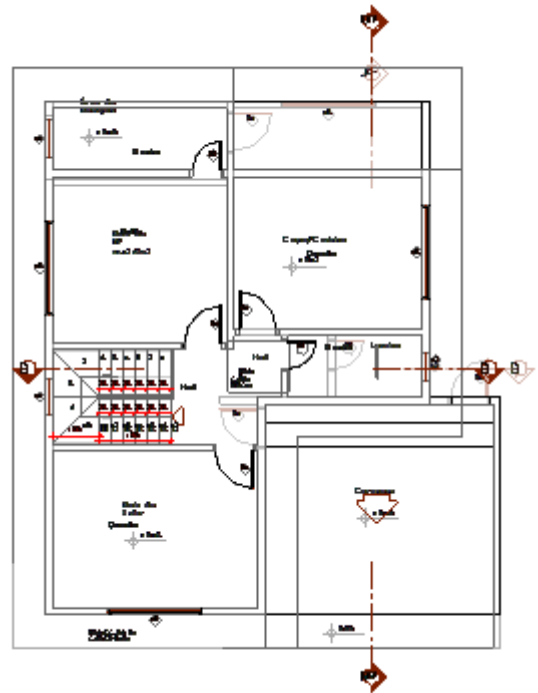


Figura 16: a) Planta baixa do pavimento térreo importada do AutoCAD; b) Planta baixa pavimento superior importada do AutoCAD

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

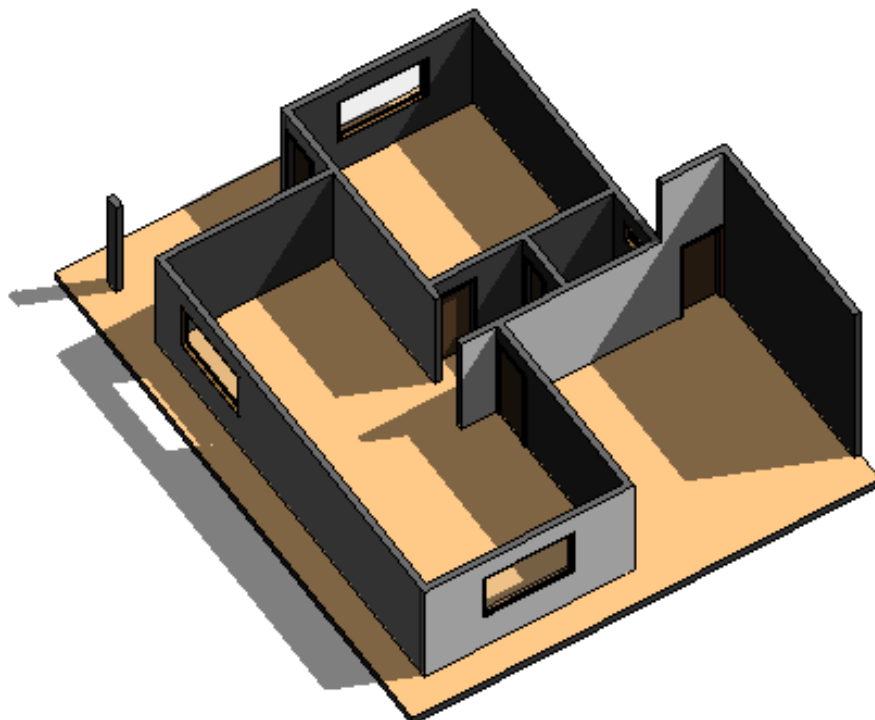


Figura 17: Modelagem do pavimento térreo no Revit

Fonte: AUTORIA PRÓRPIA, 2018.

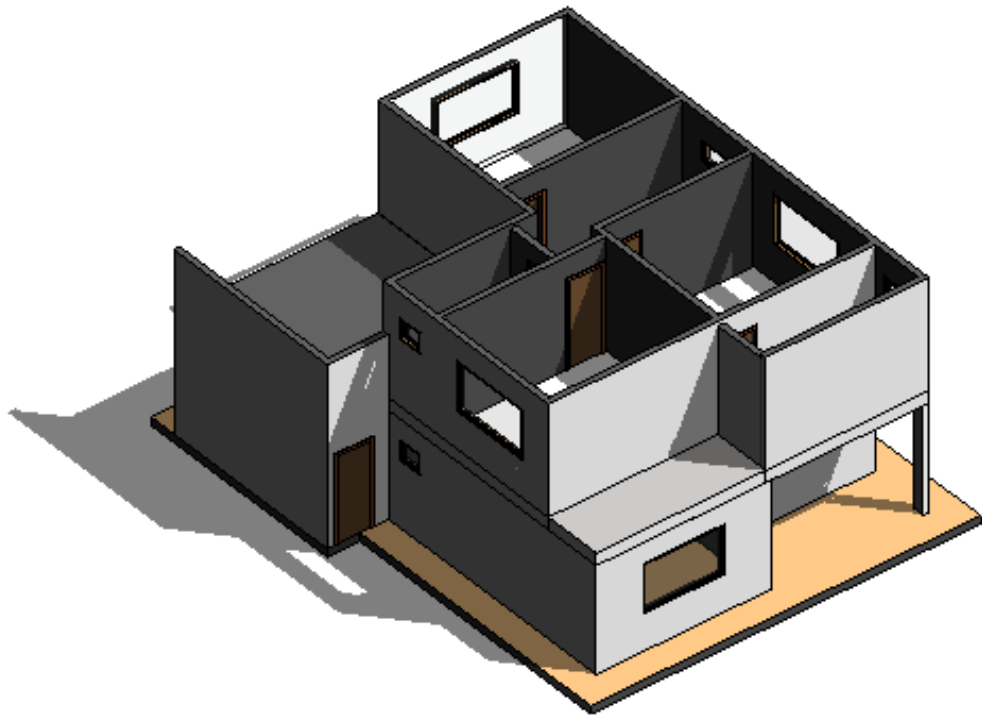


Figura 18: Modelagem do pavimento superior no Revit
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

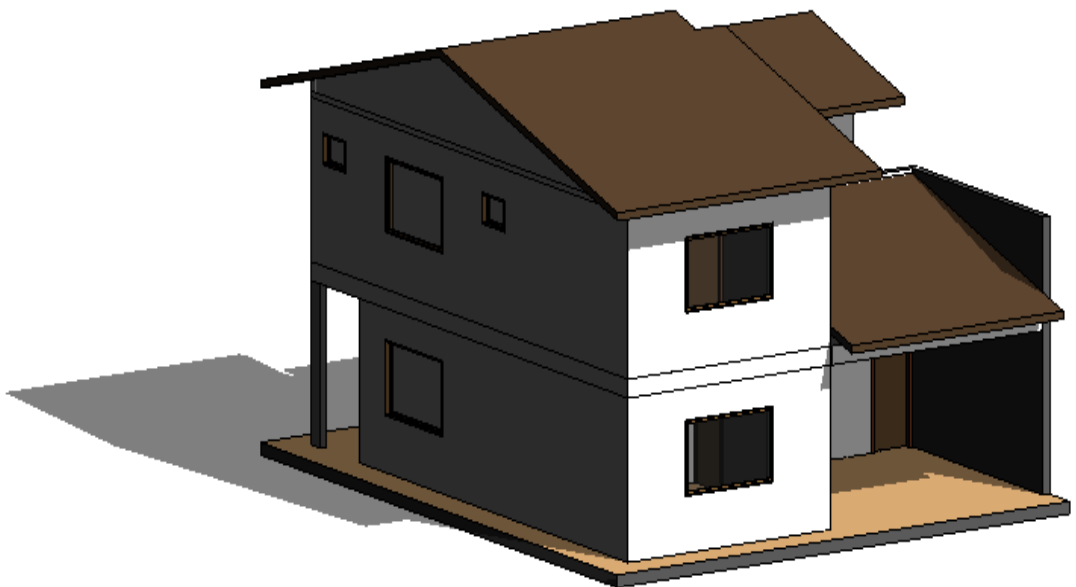


Figura 19: Modelo tridimensional da elevação frontal e vista lateral esquerda.
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

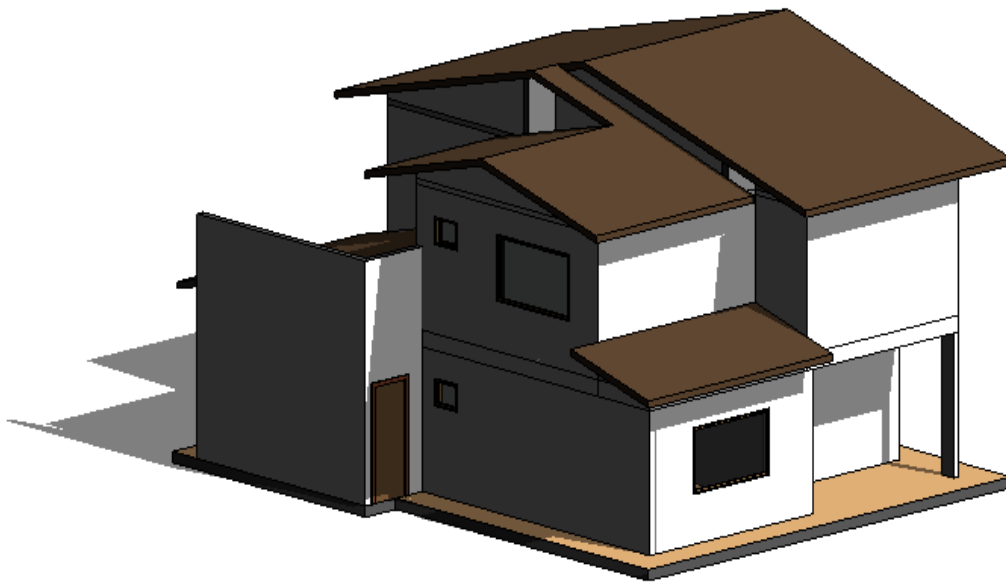


Figura 20: Modelo tridimensional da elevação posterior e vista lateral direita.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

3.4.1.1 ANÁLISE DO PROJETO ARQUITETÔNICO

No projeto arquitetônico foi possível detectar falta de informações no projeto do AutoCAD e discrepâncias do mesmo com o que foi modelado no Revit. Abaixo está descrito tais erros:

- Cotas de portas e janelas

Segundo a NBR 6492 (ABNT, 1994), todos os detalhes de portas e janelas devem vir acompanhadas de cotas totais e parciais para melhor entendimento do projeto. No projeto analisado nenhuma esquadria vinha acompanhado de cotas parciais, dificultando a identificação das distâncias entre as paredes e as janelas ou portas. Abaixo pode ser visualizada alguns exemplos da planta baixa sem as cotas necessárias:

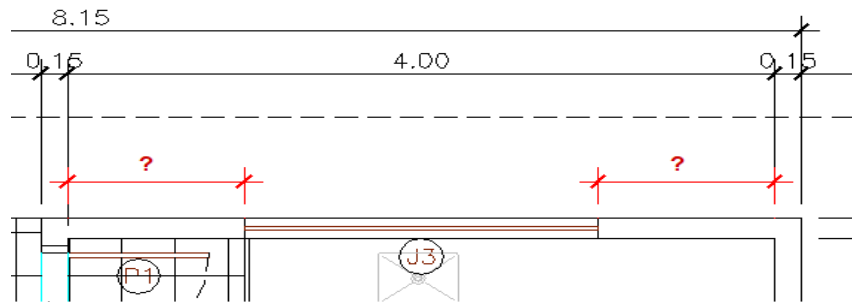


Figura 21: Ausência de cotas

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

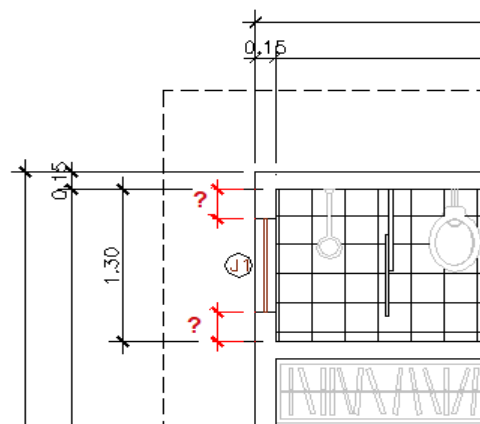


Figura 22: Ausência de cotas

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

- Discrepâncias no telhado

Como a visualização em 3D fornece mais detalhes do que uma simples representação em 2D, notou-se uma pequena diferença entre o telhado feito no projeto do AutoCAD e o telhado modelado no Revit. Porém, esse detalhe pode ser ajustado com configurações feitas no próprio *software* e gerar o telhado exatamente igual ao projetado no AutoCAD.

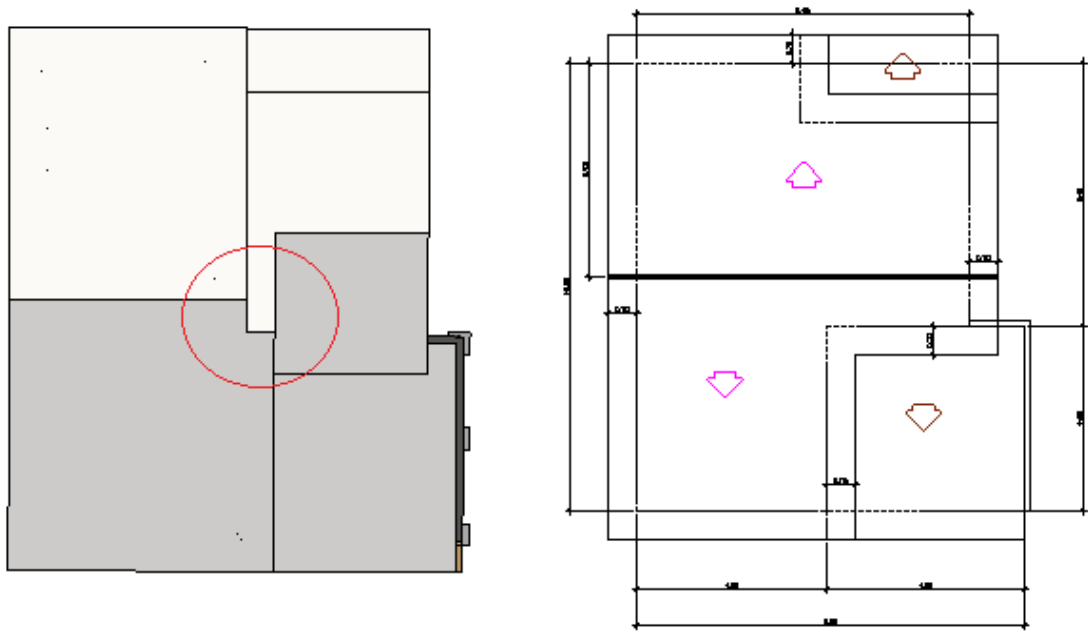


Figura 23: Telhado modelado no Revit x telhado do projeto de AutoCAD

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

3.4.2 Projeto Estrutural

Ao importar o projeto estrutural do AutoCAD para o Revit, foi feita a modelagem da estrutura dispondo de cada elemento estrutural, de acordo com o projeto do Aditivocad. Assim como o projeto arquitetônico, foi feita uma limpeza no projeto estrutural, onde foi retirada as cotas das plantas baixas para melhor visualização e, após isso, importado e redesenhado no Revit. Primeiramente foi feita a planta de fundação, com os blocos, estacas e vigas baldrame como menciona o projeto no AutoCAD, posteriormente foram adicionados os pilares e as vigas de cada pavimento e por último os pisos, lajes e escada. Nas próximas figuras podem ser conferidas as etapas da modelagem no Revit:

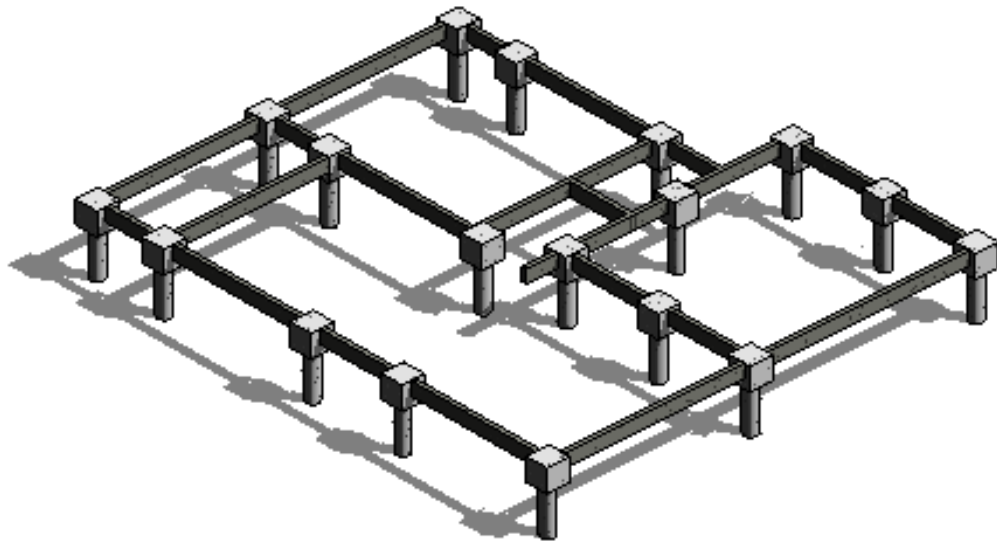


Figura 24: Modelagem das vigas baldrame, blocos e estacas da planta de fundação
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

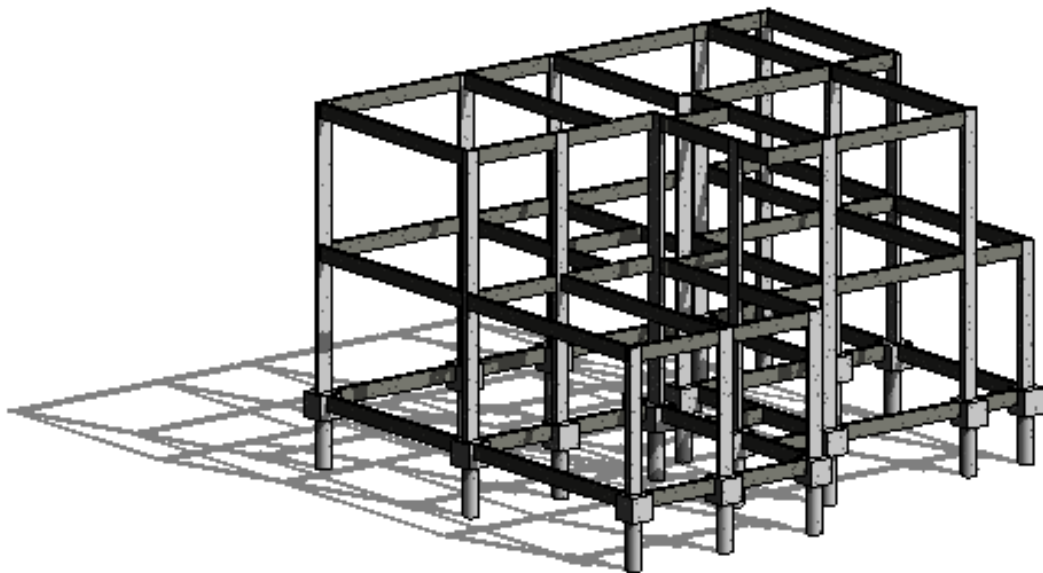


Figura 25: Modelagem das vigas e pilares
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

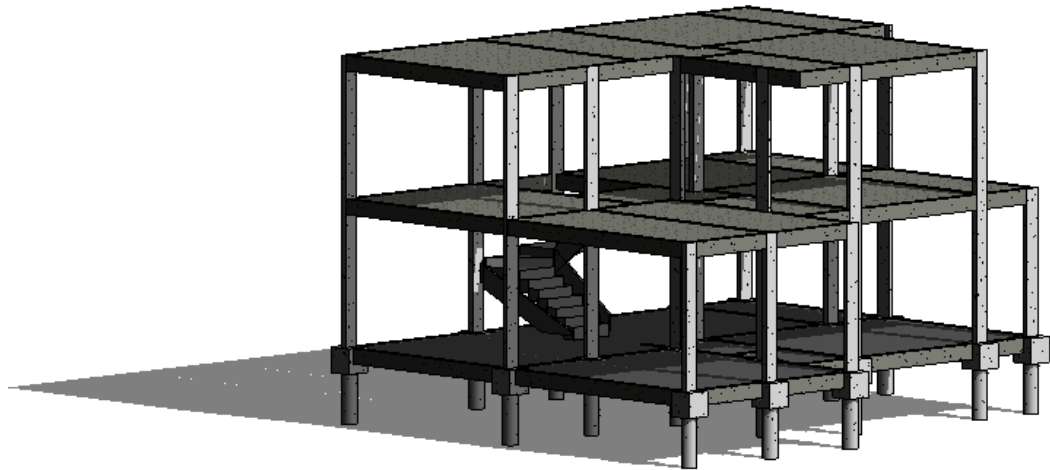


Figura 26: Modelo tridimensional estrutural

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

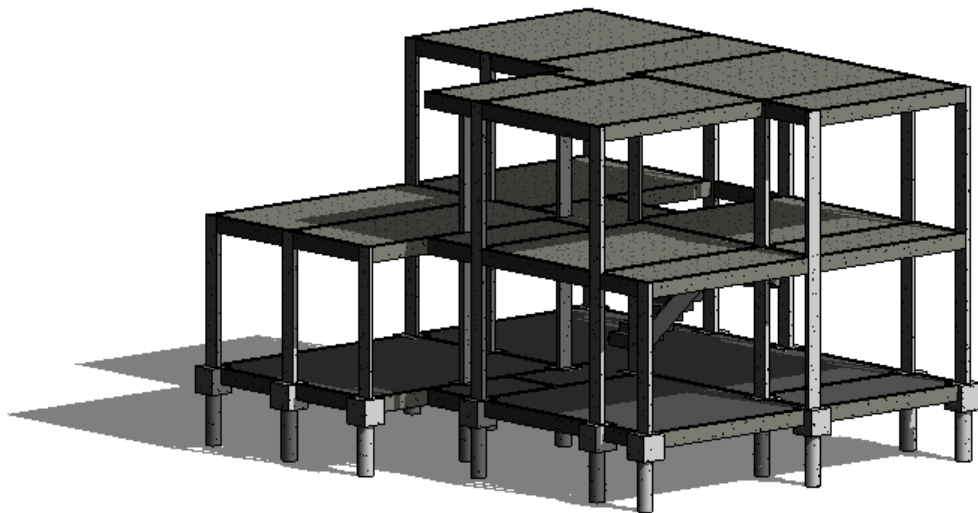


Figura 27: Modelo tridimensional estrutural

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

3.4.2.1 ANÁLISE DO PROJETO ESTRUTURAL

- Pilares

A planta de forma da fundação informa que todos os pilares possuem dimensões 10x30, mas, ao ser medido no próprio *software* AutoCAD, percebeu-se que na

verdade os pilares possuíam dimensões 15x30. Na figura pode ser visto as medidas reais em vermelho e as medidas de projeto em preto:

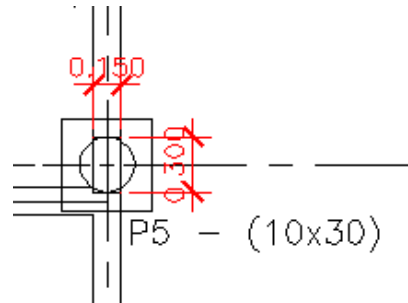


Figura 28: Demonstração do pilar com dimensões diferentes do que foi dito em projeto

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

- Vigas

Assim como os pilares, todas as vigas também apresentaram dimensões diferentes das estabelecidas no projeto. Em vermelho pode ser verificada a dimensão real da viga e em preto a dimensão vista no projeto.

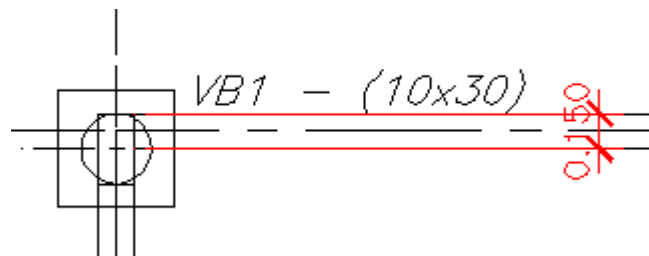


Figura 29: Vigas com dimensões diferentes das estabelecidas em projeto

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

- Escada e pilares

Quando modelado o projeto estrutural de acordo com as especificações exigidas no projeto do AutoCAD, o *software* Revit verificou incompatibilidade entre a escada e os dois pilares P7 e P12. O programa detectou que a escada estava invadindo ambos os pilares como pode ser constatado nas imagens abaixo.

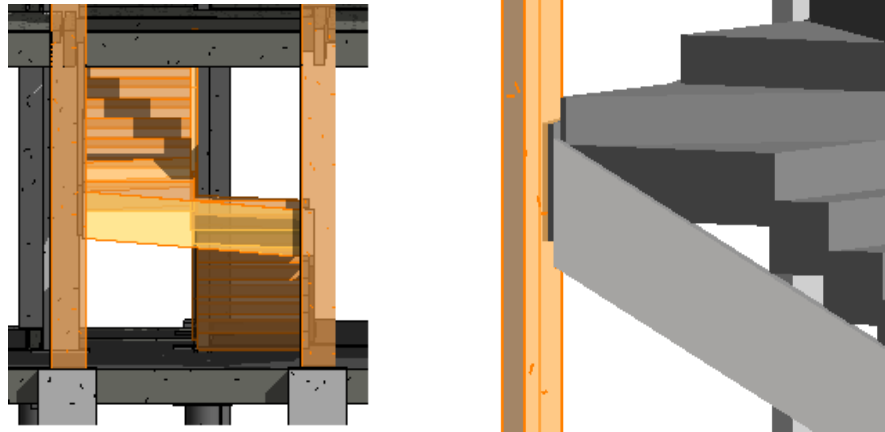


Figura 30: Interferência entre a escadas e os pilares

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA. 2018.

3.4.3 Projeto Arquitetônico-Estrutural

Ao finalizar os projetos descritos anteriormente, deu-se início a compatibilização, englobando e sobrepondo os dois projetos e analisando as inconformidades. No Revit, elaborou-se os projetos arquitetônico e estrutural em arquivos separados que posteriormente foram unidos para a detecção de erros. Os dois projetos juntos podem ser vistos nas próximas figuras:

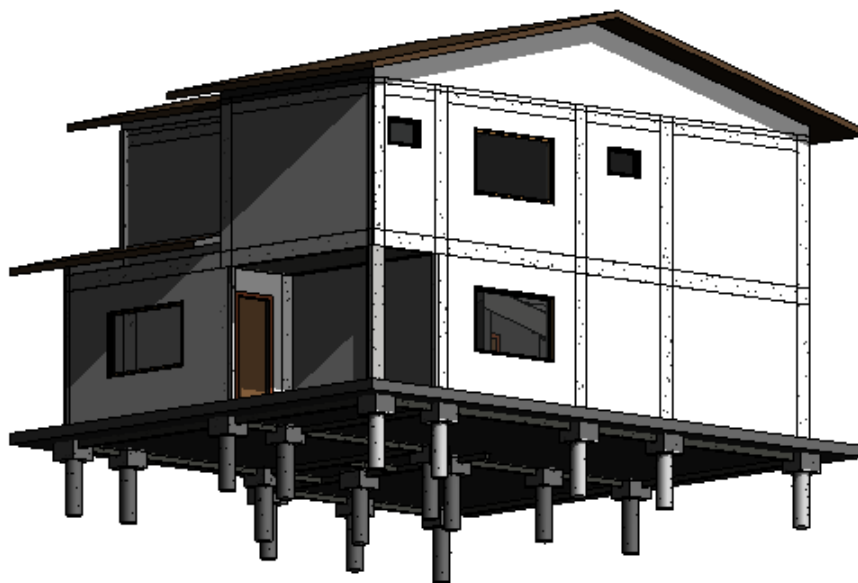


Figura 31: Detalhes do projeto arquitetônico e estrutural acoplados

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

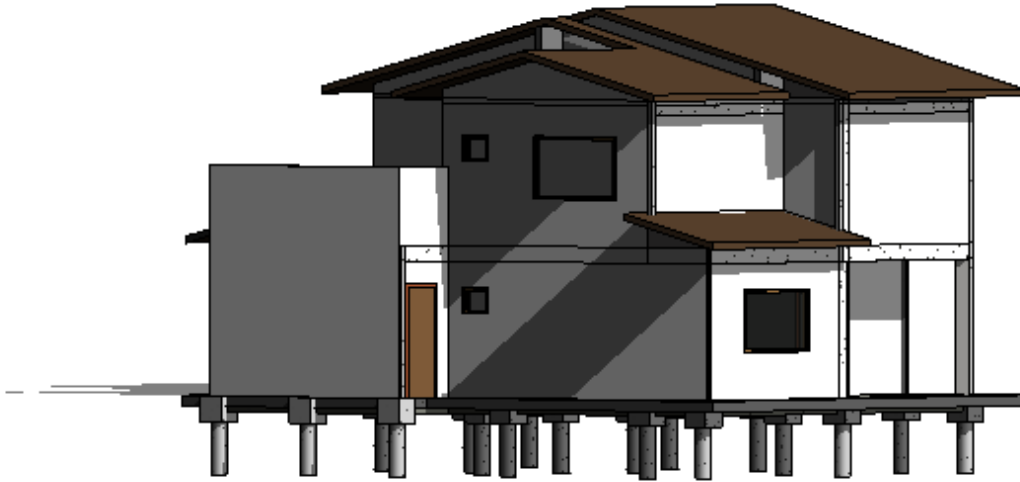


Figura 32: Detalhes do projeto arquitetônico e estrutural acoplados

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

3.4.3.1 ANÁLISE DO PROJETO ARQUITETÔNICO-ESTRUTURAL

- Escada

Durante a modelagem da escada notou-se que a escada do projeto arquitetônico é diferente da escada do projeto estrutural. Nas figuras abaixo pode ser percebida que a escada do projeto arquitetônico se caracteriza por conter degraus em espiral e a escada do projeto estrutural se caracteriza por possuir degraus e patamar. A diferença nos dois projetos causa confusão durante a fase de obra, devendo os projetistas adequarem os detalhes de última hora, demonstrando a falta de interação entre as disciplinas.

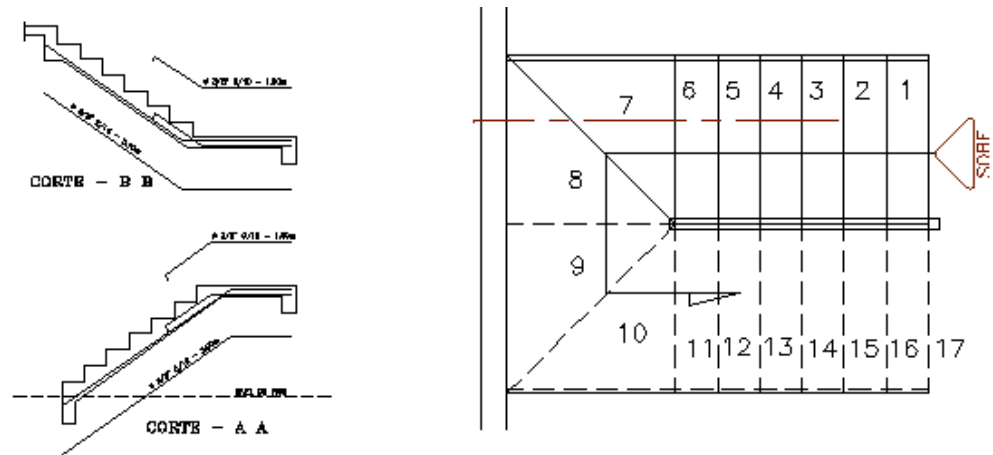


Figura 33: Escada do projeto estrutural x escada do projeto arquitetônico

Autoria: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.

- Pilar e parede

Com os dois projetos acoplados, o Revit detectou que os pilares P2, P3, P4 e P12, nas cores azul e laranja, estão passando das paredes no pavimento térreo, ocasionando em erros estéticos e correções no projeto durante a execução. Uma proposta de solução seria, durante a obra, fazer preenchimento da parede com mais camadas de revestimento até que os pilares fiquem escondidos.

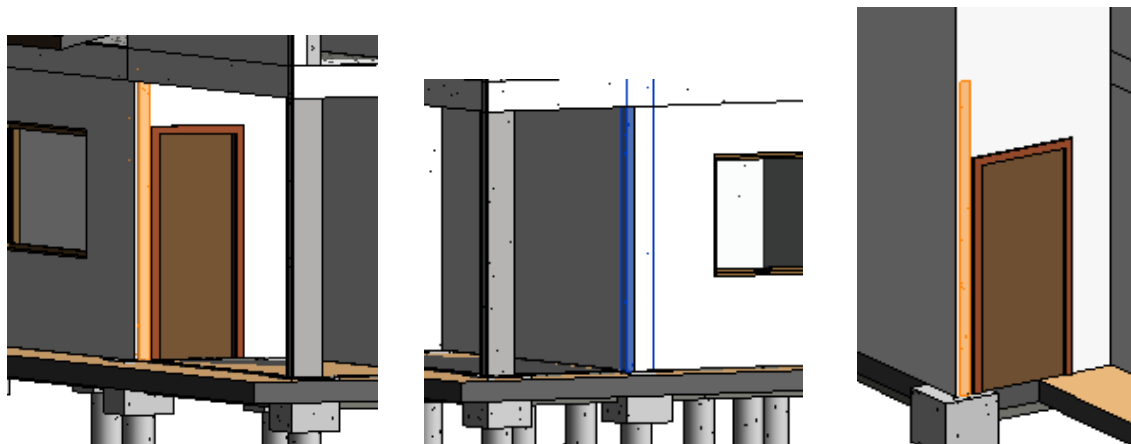




Figura 34: Pilares P2, P3, P4 e P12 respectivamente saindo das paredes

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

- Pilar em confronto

Com o auxílio do *software* Revit, notou-se que os pilares P2 e P6 estão saindo das paredes e ao mesmo tempo em confronto com o telhado do pavimento térreo da parte posterior da casa. No próprio projeto estrutural do AutoCAD (figura 28), nota-se o erro do projetista, que provavelmente não percebeu no projeto arquitetônico que estrava em confronto com o telhado. Nesse caso o projeto pode ser consertado de duas formas: fazer preenchimento nas paredes para que o pilar se acople e o telhado possa ser colocado normalmente, ou fazer ajustes no telhado para que dê espaço ao pilar, porém, esta segunda alternativa ocasiona em falha estético.

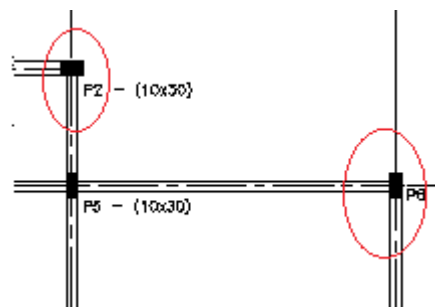


Figura 35: Pilar P2 e P6 saindo da parede

Fonte: ADAPTADO DE ADITIVOCAD, 2018.



Figura 36: Pilar em confronto com o telhado

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

- Escada e parede

Assim como ocorreu no projeto estrutural, a escada também está em confronto com a parede. Na imagem abaixo pode-se notar que uma parte da escada está entrando na parede. Logo, é necessário fazer ajustes em toda a escada.

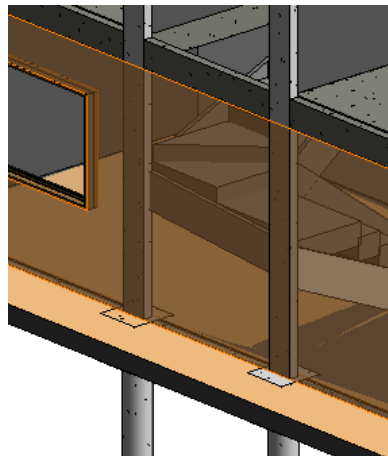


Figura 37: Escada em confronto com parede

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das informações e observações presentes neste trabalho, notou-se o quanto a tecnologia BIM pode ser fundamental no processo de projeto. As vantagens que a tecnologia traz são inúmeras e vai desde a facilidade na confecção de obras até a simplicidade no câmbio de informações entre todas as disciplinas de um projeto e a compatibilidade das mesmas em um único lugar, tornando a comunicação entre a projetista mais facilitada.

O presente trabalho também demonstrou através de uma aplicação prática a compatibilização de um projeto arquitetônico com o estrutural, identificando as interferências entre os dois projetos e demonstrando o quanto é importante esses erros serem identificados com antecedência para levar para a obra um projeto mais limpo. Notou-se com isso que *softwares* como o AutoCAD, por exemplo, de onde foi retirado esses dois projetos, nos limita a perceber esses erros, culminando em problemas estéticos, retrabalhos, custos extras não calculados com antecedência e atrasos na obra para que tudo se adeque novamente.

Conclui-se, portanto que não cabe mais aos dias atuais o uso de *softwares* sem tecnologia BIM e, é necessário que projetistas se atualizem e acompanhem os avanços tecnológicos. A aplicação prática da compatibilização neste trabalho só veio confirmar a importância do uso de *softwares* que atendam a complexidade dos projetos atuais, visto que não só interferências, mas também gastos extras e retrabalhos podem ser evitados, executando uma obra com mais qualidade e confiança para os projetistas e clientes.

4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Análise do ensino do BIM atualmente nas Universidades;
- Fazer compatibilização de todos os projetos de uma edificação;
- Comparar compatibilização feita em *softwares* em duas e três dimensões;

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITIVOCAD. Modelos de projetos CAD. Disponível em: http://www.aditivocad.com/utilidades.php?tipo=modelos_projetos_autocad. Acesso em 05 de Março de 2018.

ALVES, Celestino Maia et al. O que são os BIM?. 2012. Dissertação (Graduação) - Universidade do Porto, Cidade do Porto, 2012. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_12MC08_03.PDF>. Acesso em 20 de Novembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674 – Manutenção de edificações - procedimento. Rio de Janeiro, 1999.
_____.NBR 6492: representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.

COELHO, Karina Matias. A implementação e o uso da modelagem da informação da construção em empresas de projeto de arquitetura. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

EASTMAN, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. Manual do BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores. Porto Alegre, 2014.

FARIA, Renato. Construção integrada. Revista Técnica. São Paulo: Pini,n.127, p.44-49, out. 2007.

GONÇALVES, Francisco. Os Processos de Compatibilização de Projetos na Construção Civil. Disponível em: < <http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/os-processos-de-compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil/>>, acesso em 18/12/2017.

HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz.; ARAÚJO, Thiago Thielmann. A Contribuição do BIM para Representação do Ambiente Construído. I Encontro Nacional da

Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – ENANPARQ, Rio de Janeiro, 3 de Novembro de 2010.

KAMARDEEN, Imriyas. *8D BIM Modelling tool for accident prevention through design*. Faculty of Build Enviroment, University of New South Wales, Australia, 2010.

KASSEM, Mohamad.; AMORIM, Sergio R. Leusin. *Building Information Modeling no Brasil e na União Européia*. Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior (MDIC). Brasília, 2015.

LAUBMEYER, Livia. Diagnóstico do Uso do BIM em Empresas de Projeto de Arquitetura. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

MANZIONE, Leonardo. Proposição de uma estrutura conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM. 2013. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATTOS, Aldo Dórea. BIM 3D, 4D, 5D e 6D. 2014. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>>. Acesso em: 01 de Dezembro de 2017.

MENDONÇA, Monica Maria. Tecnologia BIM na Arquitetura. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008. Disponível em: <<file:///C:/Users/isado/Desktop/TRABALHOS%20USADOS/TECNOLOGIA%20BIM%20NA%20ARQUITETURA.pdf>> Acesso em: 20 de Novembro de 2017

MENEZES, Gilda L. B. B. Breve Histórico de implantação da plataforma BIM. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v.18, n.22, 2011.

MORAIS, João Pedro. Modelação de Estruturas em BIM – Aplicação á extração automática de quantitativos. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2014.

NAZÁRIO, Lanna.; BENTO, Fernanda. A importância do uso de *softwares* de gerenciamento de projetos na formação do aluno de Engenharia Civil. Disponível em: < http://ceur-ws.org/Vol-1667/CtrlE_2016_AC_paper_53.pdf > Acesso em: 13 de Novembro de 2017.

OLIVEIRA, Ludmila Cabizuca Carvalho Ferreira de. Características e Particularidades das Ferramentas BIM: Reflexos da implantação recente em escritórios de arquitetura. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

RADUNS, Caroline. PRAVIA, Zacarias. BIM: O BIM da infraestrutura. Revista Infraestrutura Urbana: Projetos, Custos e Construção, São Paulo, 2013.

RAMOS, Fernando.; MARAFON, Anauri. BIM: Além do 3D e da Compatibilização de Projetos. Disponível em: < <https://www.sienge.com.br/blog/bim-alem-do-3d-e-da-compatibilizacao-de-projetos/> > Acesso em: 13 de Novembro de 2017.

RIBEIRO, Rochele Amorim,; PEREIRA, Pedro Augusto Izidoro,. A Inserção do BIM no Curso de Graduação em Engenharia Civil. Revista Eletrônica Engenharia Viva 2 (2015) 17-29.

ROSSO, Silvana Maria. Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos. Revista PINI, São Paulo, 2011.