

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TÉCNICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL MATIAS COSTA

**APLICAÇÃO DO BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM UMA
EDIFICAÇÃO COMERCIAL**

São Luís
2018

GABRIEL MATIAS COSTA

**APLICAÇÃO DO BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM UMA
EDIFICAÇÃO COMERCIAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Ronaldo Sérgio de Araújo Coêlho

São Luís

2018

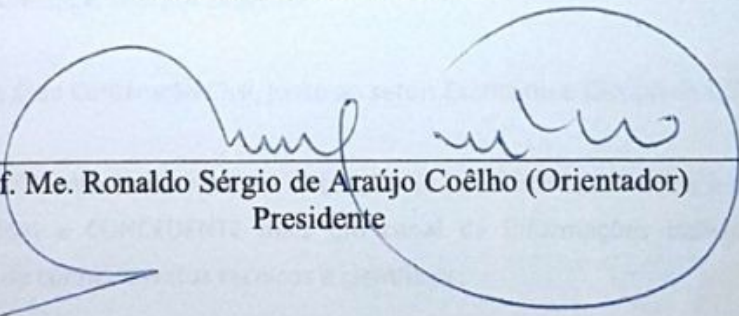
GABRIEL MATIAS COSTA

**APLICAÇÃO DO BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM
UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL**

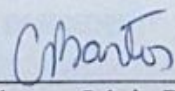
Monografia apresentada ao Curso de Graduação
em Engenharia Civil da Universidade Estadual do
Maranhão como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em 21/10/2018

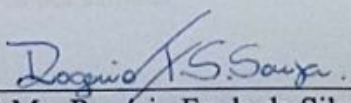
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Ronaldo Sérgio de Araújo Coêlho (Orientador)
Presidente



Profa. Esp. Cármen Lúcia Bentes Bastos
1º Membro



Prof. Me. Rogério Frade da Silva Souza
2º Membro

AGRADECIMENTOS

A Deus, por um dia ter me chamado para ser seu discípulo, por ter me livrado dos maus caminhos, por renovar a sua misericórdia a cada dia, e mesmo não sendo digno do seu infinito amor, me apresentou o caminho da verdade por meio de Jesus Cristo. Que todos os homens desta terra rendam graças ao Senhor, o Todo-Poderoso, pois ele é bom e seu amor dura para sempre.

A minha família, em especial o meu pai, José Mauro Costa e minha mãe, Delcione Matias Costa, que sempre me nortearam durante o percurso da busca pela educação e sucesso. São exemplos de moralidade, ética, trabalho duro, perseverança e determinação, que moldam meu caráter para um bem maior.

Aos meus amigos e, principalmente, à minha companheira Raissa, que esteve ao meu lado, seja nas dificuldades ou nas bonanças.

Ao Estado brasileiro, por ter me fornecido aparatos para crescer na minha vida pessoal e acadêmica. Especialmente ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), que por meio do programa Ciências Sem Fronteiras (CSF), me possibilitou estudar em uma das universidades mais renomadas da Austrália, *Curtin University*.

Ao professor Ronaldo Sérgio de Araújo Coêlho por ter instruído com primazia durante toda a elaboração deste trabalho. Sua dedicação, entusiasmo, atenção e rigor foram peças marcantes para construir um estudo completo.

“Não existem limitações para a mente,
exceto as que nós mesmos reconhecemos.”

Napoleon Hill

RESUMO

Frente a crise e as mudanças mercadológicas, a engenharia civil vem se transformando. Essa transformação passa pela busca por edificações mais inovadoras, ágeis para execução, com menos impactos ambientais, diminuição de custos e que respondam às demandas da sociedade. O projeto é peça fundamental para essa evolução, pois é nessa fase que as falhas são eliminadas. Os processos BIM facilitam a compatibilização de projetos, ferramenta essencial para elaboração do conjunto predial. É possível eliminar por meio do BIM falhas ainda na fase de projeto, aonde são apresentados relatórios de incompatibilidades. Dessa forma, as decisões tomadas se tornam menos desagradáveis, do que quando postas em avaliação dentro do canteiro de obras. Este trabalho aplica alguns processos BIM para o desenvolvimento dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico em uma edificação comercial. Ao qual passam pelo processo de compatibilização, gerando relatórios de incompatibilidades que possam servir de fundamento para as propostas de mudanças, de modo que, ainda na fase de projetos os problemas possam ser solucionados.

Palavras-chave: BIM. Compatibilização de projetos. Projetos.

ABSTRACT

Facing crisis and market changes, civil engineering has been changing. This transformation involves the search for more innovative buildings, agile for execution, with less environmental impacts, lower costs and able to meet society's demands. The project phase is fundamental to this evolution, because it is in this phase that the failures can be eliminated. The BIM processes facilitate the compatibility of projects, an essential tool for the construction of a building complex. It is possible to eliminate, through BIM, failures still in the design phase, where reports of incompatibilities are presented. In this way, the decisions taken become less unpleasant, than when put into evaluation within the construction site. This work applies some BIM processes for the development of the architectural, structural, hydro sanitary and electrical projects in a commercial building. To which they pass through the process of compatibilization, generating reports of incompatibilities that can be the basis for the proposed changes, so that, still in the project phase, problems can be solved.

Keywords: BIM. Compatibility of projects. Projects.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Valor da edificação durante seu ciclo de vida	12
Figura 02	As dimensões do BIM	17
Figura 03	Estruturação das camadas do IFC	20
Figura 04	Interoperabilidade de arquivos IFC	21
Figura 05	Tabela demonstrativa da origem dos problemas da construção civil	28
Gráfico 01	Relação de custo de projetos versus prática casual	28
Gráfico 02	Projeto e influência nos custos	29
Figura 06	Plataforma de desenho AutoCAD 2018	30
Figura 07	Plataforma QiBuilder, visualização 3D e interoperabilidade	31
Figura 08	Plataforma QiBuilder, software QiHidrossanitário	31
Figura 09	Plataforma QiBuilder, software QiElétrico	32
Figura 10	Modelo 3D do Eberick V10	33
Figura 11	Compatibilização de projetos pelo SketchUp	34
Figura 12	Fluxograma da metodologia do trabalho	37
Figura 13	Localização do empreendimento 3D	39
Figura 14	Localização do empreendimento 2D	40
Figura 15	Planta baixa térreo com estacionamento	41
Figura 16	Modelagem 3D da edificação comercial no SketchUp	41
Figura 17	Modelagem 3D dos elementos estruturais	42
Figura 18	Modelagem 3D dos elementos hidrossanitários	43
Figura 19	Modelagem 3D dos elementos elétricos	44
Figura 20	Compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural	45
Figura 21	Compatibilização do projeto hidrossanitário aos demais	47
Figura 22	Compatibilização do projeto elétrico aos demais	49
Figura 23	Pilares incompatíveis a arquitetura	51
Figura 24	Vigas incompatíveis a arquitetura	52
Figura 25	Altura irregular de lançamento	53
Figura 26	Tubos em pilares	54
Figura 27	Tubos atravessando lajes	54
Figura 28	Caixas de visita e esgoto fora do perímetro limite do terreno	55

Figura 29	Tubos atravessando vigas	56
Figura 30	Quadro de medição em conflito com a arquitetura e estrutura de concreto	57
Figura 31	Eletrodutos atravessando pilares e vigas	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Importância do BIM por grupo de interesse	22
Tabela 02	Panorama do BIM no mundo	24 – 25
Tabela 03	Fases e profissionais do processo projetual	26 – 27
Tabela 04	Resultados da compatibilização térreo	46
Tabela 05	Resultados da compatibilização superior	46
Tabela 06	Resultados da compatibilização cobertura	46
Tabela 07	Resultados da compatibilização térreo	48
Tabela 08	Resultados da compatibilização superior	48
Tabela 09	Resultados da compatibilização cobertura	48
Tabela 10	Resultados da compatibilização térreo	49 – 50
Tabela 11	Resultados da compatibilização superior	50
Tabela 12	Resultados da compatibilização cobertura	50

LISTA DE SIGLAS

BCA	<i>Construction Authority</i>
BDS	<i>Building Description System</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Desing</i>
CAEMA	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão
EUA	Estados Unidos da América
GDS	<i>Global Distribution System</i>
GSA	<i>General Services Administration</i>
IDM / MVD	<i>Information Delivery Manual / Model View Definition</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>Industry Framework for Dictionaries</i>
INOVACOM	Inovação e Melhoria da Construção Civil do Ceará
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
NBR	Norma Brasileira
P2P	<i>Peer-To-Peer</i>
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A
PNE	Pessoa com Necessidades Especiais
PVC	Policloreto de Vinila
QD	Quadro de Distribuição
QM	Quadro de Medição
RUCAPS	<i>Really Universal Computer Aided Production System</i>
SMTT	Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TI	Tecnologias da Informação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Problemática do tema.....	12
1.2	Objetivos.....	13
1.2.1	Objetivo geral.....	13
1.2.2	Objetivos específicos.....	13
1.3	Justificativa.....	13
1.4	Método de pesquisa.....	14
1.5	Estrutura do trabalho.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	Definição e conceitos do BIM.....	15
2.2	Projetos e compatibilização.....	26
3	METODOLOGIA	36
4	APLICAÇÃO.....	38
4.1	Metodologia da aplicação.....	38
4.1.1	Discriminação da obra.....	39
4.1.2	Discriminação do projeto arquitetônico.....	40
4.1.3	Discriminação do projeto estrutural.....	42
4.1.4	Discriminação do projeto hidrossanitário.....	43
4.1.5	Discriminação do projeto elétrico.....	44
4.2	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	45
4.2.1	Compatibilização do projeto arquitetônico e estrutural.....	45
4.2.2	Compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário	47
4.2.3	Compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico.....	48
4.3	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	47
4.3.1	Projeto arquitetônico e estrutural.....	48
4.3.2	Projeto arquitetônico, estrutural e hidrossanitário.....	50
4.3.3	Projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico.....	56
5	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
	ANEXO.....	61

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil no Brasil está em destaque, principalmente pela grande queda da economia a partir do ano de 2015. Apesar do fraco crescimento econômico e da forte crise política enfrentada, a sociedade demanda cada vez mais por habitação. Essa demanda incansável da sociedade, especialmente quando em crise, impulsiona um movimento por mudanças.

Ávila (2011, p.09) afirma que os projetos de construção civil participam desse movimento, seja no ângulo tecnológico ou cultural. A crise financeira possibilita que os projetos sejam mais inovadores, pontuais, atendendo expectativas dos construtores e clientes finais, não apenas na precificação, mas referente a qualidade, eficiência e produtividade de execução.

Segundo Fabrício (2002, p. 1), a principal característica dessa situação é compreender os mercados e estudar as demandas dos consumidores. Com isso, o engenheiro não se resume ao papel de perguntar os desejos do consumidor, uma vez que, muitas vezes a resposta é conflitante com as reais necessidades do mercado. Por esse motivo, deve-se ir a fundo, objetivando compreender as reais necessidades que podem ser executadas de forma competitiva no mercado.

Nesse contexto, as edificações comerciais e residenciais passam por uma padronização arquitetônica no intuito de criar um produto final mais adequado ao mercado e às necessidades das pessoas. Essa padronização possibilita criar soluções estruturadas como, *shafts*, estruturas de concreto ou alvenaria estrutural, redes de distribuição hidrossanitária e elétrica, em formato padrão, que sem dúvida, necessitam de uma análise específica (ÁVILA, 2011, p. 9). Dessa forma, ideias são apresentadas de modo que promovam soluções locais, de implementação e imposições do mercado, com isso, gerando metodologias construtivas únicas, com diversas especialidades, principalmente nos projetos.

O presente trabalho visa aplicar os processos BIM estudados em uma edificação comercial de pequeno porte, especificamente na compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico. Além disso, é visado discutir possíveis soluções para as incompatibilidades encontradas.

As diretrizes apresentadas neste trabalho para a compatibilização de projetos, longe de tornar-se o único instrumento de pesquisa, deve servir de base para a introdução, aperfeiçoamento e aprofundamento nos estudos sobre o BIM.

1.1 Problemática do tema

Para Tavares Junior (2001, p. 33), quando a etapa de projetos não é prestigiada, os projetos acabam chegando nas obras cheios de erros e incompatibilidades, levando ao executor da obra a absorver diversas perdas de produção e eficiência na execução da obra e, conseqüentemente, ao prejuízo de valor financeiro. A figura 1 demonstra a divisão de investimentos nas fases da construção civil pelo governo brasileiro.

Figura 1 – Valor da edificação durante seu ciclo de vida



Fonte: Ferreira, 2017, p. 3

A indústria deve estar atenta para o fato de que, hoje, é o projetista quem possui a autossuficiência de informações. É na etapa projetual que ele possui domínio total para planejar, quantificar e qualificar os materiais, a execução, a mão-de-obra, bem como as atividades do canteiro. Portanto, um projeto deve ser realizado em um ambiente propício para troca de informações, quebrando assim, a ideia do projeto individual, feito apenas por uma só mente. É importante existir a cooperação de vários profissionais, para que sejam diminuídos ao máximo o retrabalho e os problemas do canteiro de obras.

Uma ferramenta que dá suporte para enfrentar a referida problemática é a compatibilização de projetos utilizando os processos do *Building Information Modeling* (BIM), de forma que seja possível detectar tais interferências ainda na fase de projetos. Dessa forma, a solução para um tempo desafiador na construção civil é a busca pela inovação e qualidade, através da redução de custos e aumento de produtividade, que pode ser alcançado por meio do BIM.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Realizar a compatibilização de um projeto arquitetônico e dos respectivos projetos complementares de uma edificação comercial com uso dos processos BIM, de forma que, ainda na fase de projeto, sejam identificadas as falhas que venham acentuar problemas ou dificuldades na execução da obra.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definir e descrever o BIM e sua evolução histórica;
- Desenvolver, a partir do projeto arquitetônico, os projetos: estrutural, hidrossanitário e elétrico de um edifício comercial, sem nenhuma integração entre eles, utilizando o BIM;
- Compatibilizar os projetos desenvolvidos do item anterior;
- Analisar os resultados e apresentar as propostas de modificação nos pontos incompatíveis.

1.3 Justificativa

Em busca da produtividade e eficiência, percebe-se que na atualidade as empresas de engenharia buscam setorizar suas atividades e os profissionais procuram se especializar cada vez mais. Dessa forma, seus funcionários passam a trabalhar isoladamente (SOUZA, 2010, p. 235), ou seja, o engenheiro de estruturas não necessariamente precisa estar ao lado do engenheiro de sistemas prediais, assim evitando o compartilhamento de informações com os que concomitantemente desenvolvem os outros projetos.

Esta falta de comunicação, gera muitas vezes incompatibilidades no momento da execução do projeto, acarretando prejuízos aos construtores e aos consumidores. Segundo Fabricio (2002, p. 148-150), compatibilizar projetos é a atividade de identificar interferências através da sobreposição dos projetos na sua fase de concepção, com a finalidade de identificar erros e falhas. Depois de identificadas as interferências, as mesmas deverão ser discutidas entre o coordenador de projetos e a equipe de projetistas.

Diante disso, faz-se necessário a compatibilização entre os projetos complementares especiais e arquitetônicos, com objetivo de evitar tais prejuízos. Portanto, a

importância desse estudo se reflete na minoração dos impactos sociais e econômicos causados pelo retrabalho, desperdício de material e/ou diminuição da funcionalidade da construção antes ou durante a sua execução.

1.4 Método de pesquisa

A metodologia aplicada para a realização deste trabalho foi de revisão bibliográfica e aplicação. Primeiramente, buscou-se por informações em artigos, revistas, dissertações e livros, que se tornassem fundamento para aplicação desses conceitos. No segundo momento, foram elaborados os projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico, que por sua vez, foram compatibilizados. A terceira etapa deste trabalho foi analisar os resultados obtidos, para que, por fim, fosse possível concluir este trabalho com conteúdo relevante.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho acadêmico está dividido em capítulos, conforme a estrutura seguinte:

- Primeiro capítulo – Introdução: representa a contextualização do trabalho, apresentando o problema, os objetivos, a delimitação do tema, justificativa, o método de pesquisa e a estrutura do trabalho.
- Segundo Capítulo – Revisão Bibliográfica: é o momento em que se apresenta a definição, a evolução e as características do BIM. Além disso, trata-se dos Projetos e Compatibilização, no qual são apresentadas as principais características dos projetos, principalmente na sua concepção.
- Terceiro Capítulo – Metodologia de pesquisa: Nesse capítulo serão apresentados os métodos científicos adotados para aplicação dos processos BIM.
- Quarto Capítulo – Aplicação: utiliza-se da criação e compatibilização de projetos, apresentando os pontos de incompatibilidades e possíveis soluções.
- Quinto Capítulo – Conclusão: nesta etapa são apresentadas as considerações finais a respeito de todos os assuntos abordados e aplicados.
- Referências Bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definição e conceitos do BIM

Durante os anos em que o *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção, se desenvolveu, muitos conceitos foram desenvolvidos multilateralmente. Por esse motivo, sua definição não é única, sendo ampla entre os autores. Ray Crotty (2012, p. 3) sugere que BIM seja um conjunto de tecnologias computacionais que possibilitam ao projetista construir uma edificação do mundo real, mesmo antes de existir. O projetista é auxiliado por componentes virtuais inteligentes, em que cada um, é exatamente análogo ao do mundo físico. Isso conecta as comunicações, troca de dados, padrões e protocolos para permitir que todos os diferentes tipos de sistemas conversem entre si.

BIM, de acordo com Eastman et al. (2014, p. 1),

é um modelo virtual preciso de uma edificação que é construído de forma digital, contém geometria exata e incorpora muitas funções necessárias para modelar o ciclo de vida de uma edificação, proporcionando a base para novas capacidades da construção e modificações nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida.

Para Calvert (2013), “mais importante ainda, BIM não é um software. É um processo. Este é possivelmente o aspecto mais importante para entender. BIM aplica-se a todos os aspectos da construção de um edifício, desde o projeto, a estimativa, a cadeia de suprimentos, a entrega de bens durante a construção, o processo de construção, a alocação de recursos, os requisitos de produtividade para atingir metas e sobre a fase de pós-entrega através das Instalações e Gestão de Ativos”.

Portanto, compreende-se que BIM é a utilização de vários processos do meio virtual para concretizar ideias no mundo real, mutuamente interligadas. Nesse processo virtual, ao realizar uma mudança isolada, em um único projeto, automaticamente resultará em mudanças nos demais projetos, ou seja, uma mudança pontual afeta o projeto globalmente. Por exemplo, uma substituição de uma parede estrutural por um pilar de concreto, afetará na mudança imediata e automatizada de outros sistemas estruturais pertencentes à edificação virtual, redistribuindo cargas, quantitativo de material e até o tempo de execução. Dessa forma, a automatização dos processos revela-se como uma característica importante do BIM.

A interatividade global dos componentes gera outro importante aspecto do BIM, qual seja a compatibilização. Esse aspecto traduz-se na detecção automática de interferências ou erros de cálculo. A referida compatibilização faz com que o usuário possua o controle de dados a serem fornecidos, enquanto o processo detém protocolos e padrões pré-instalados, possibilitando a análise antecipada de incompatibilidades ainda na fase de projeto. Essa possibilidade afeta diretamente o ciclo de vida do projeto, aumentando a qualidade das informações compartilhadas durante o processo criativo projetual.

O processo BIM é extremamente complexo, abrangendo a concepção do projeto, discriminação, desenho, modelagem, planejamento, operação e manutenção. Nesse modo, percebe-se uma mudança de paradigma no setor da construção civil. A adoção do processo expõe uma nova metodologia de fluxo de trabalho. Enquanto no modelo tradicional o maior esforço é observado na fase de elaboração de documentos técnicos (orçamentos, pranchas, planilhas, planejamento), sendo em sua maioria em conformidade com modelos em 2D, na utilização do processo BIM, os esforços são observados na construção do modelo digital, de onde são gerados automaticamente esses documentos técnicos. Por esse motivo, os custos de mudanças se mantêm baixos, quando comparados ao modelo tradicional (CBIC, 2016, p. 72).

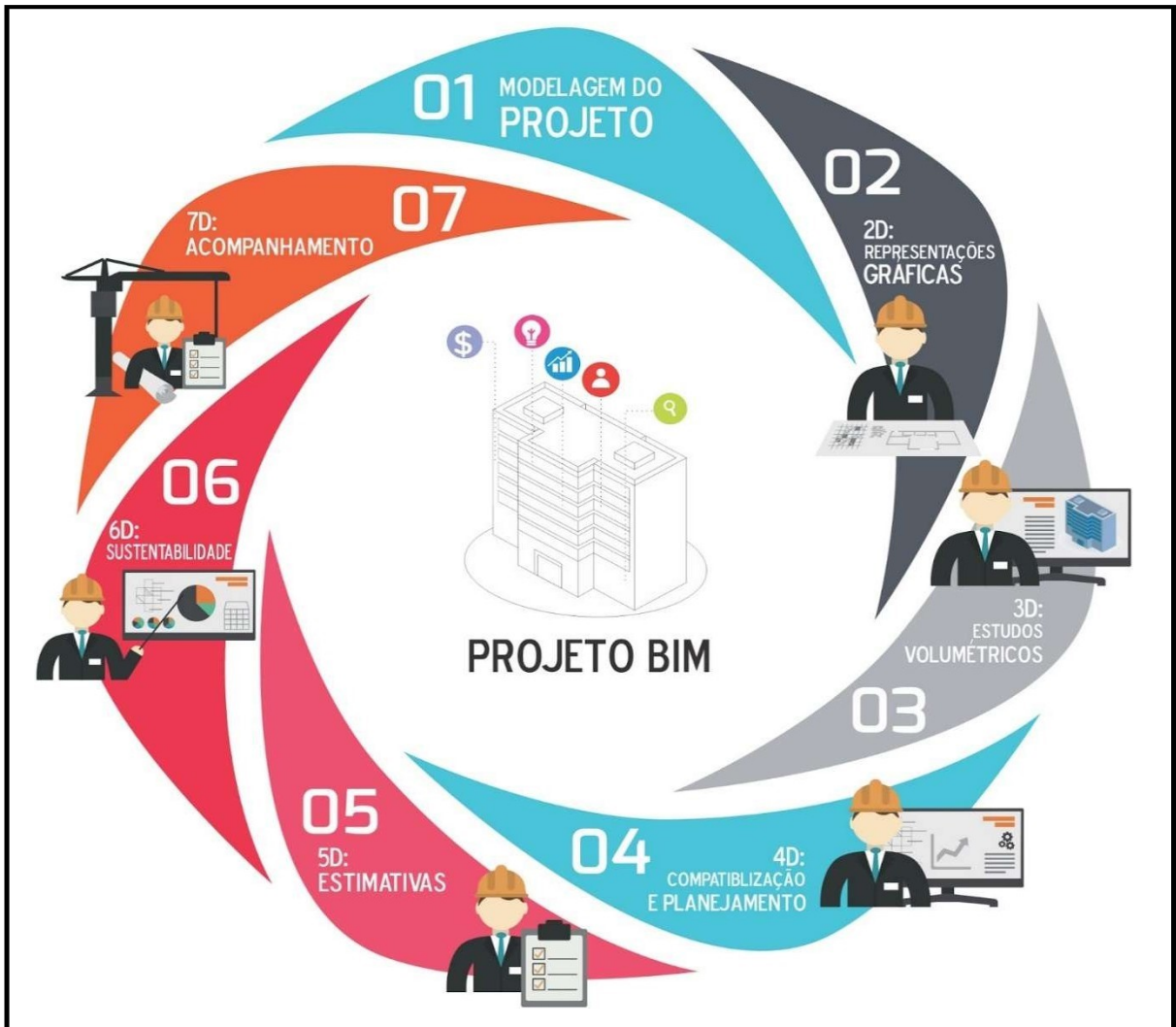
O BIM possui ilimitadas possibilidades de camadas de informações. As mesmas são caracterizadas por dimensões, popularmente reconhecidas pelos Ds. Essas nem sempre devem ser confundidas por dimensões físicas como: largura, profundidade e espessura. À título de exemplo, as camadas 2D e 3D são análogas às dimensões físicas, contudo, a partir da camada 4D, as informações são relacionadas a processos como planejamento ou estimativa. Outro exemplo, a camada de informação 7D, possui características de gerenciamento administrativo. Portanto, não há como limitar o BIM apenas em dimensões físicas, as atuais pesquisas demonstram que este pensamento é, no mínimo, ultrapassado.

Por exemplo, um modelo pode ser projetado em diferentes processos, quais sejam 1D, 2D, 3D, até xD, conforme o tipo de utilização. O projetista pode utilizar a primeira dimensão para reunir documentos. Seguir com a segunda dimensão, a qual compreende em imprimir as ideias em dimensões palpáveis. Prosseguindo com os modelos de terceira dimensão, praticáveis com o processo de compatibilização.

A cada passo que o processo evolui, novas dimensões são adicionadas ao BIM. Dessa forma, percebe-se que a evolução, classificada como as dimensões adicionais desse processo, são desenvolvidas de forma ampla, seja por usuários, pesquisadores ou empresas. O objetivo é sempre buscar por melhoria na qualidade projetual, de forma que impacte a fase de criação e execução do projeto.

Calvert (2013) classifica e caracteriza os sete processos mais reconhecidos e utilizados atualmente, eles são ilustrados pela figura 02 e descritos como:

Figura 2 – As dimensões do BIM



Fonte: Leite, 2016

- 1D - Concepção e Documentação: nessa fase do processo, são coletadas informações preliminares para elaboração do anteprojeto e aprovação em órgãos governamentais.
- 2D - Representações Gráficas: são dimensões mensuradas sobre um plano de dimensões físicas, em que há uma representação gráfica das pranchas da edificação.
- 3D - Estudos Volumétricos: eleva-se o plano para seu volume, uma dimensão espacial que possibilita a visualização de maneira dinâmica. Nos estudos volumétricos é possível obter a perspectiva de execução, fabricação de peças, iluminação, etc.

- 4D – Planejamento: acrescenta-se ao modelo 3D dados de agendamento, tempo, data da construção, finalização, utilização e armazenamento. Também se adiciona questões de logística e transporte. Além de obter a disposição do canteiro de obra, cronogramas e outros fatores associados a cronologia da edificação.

- 5D – Estimativas: acrescenta-se ao modelo 4D informações de estimativa de custos, ou seja, cada elemento é associado a um valor. Dessa forma, o processo 5D permite uma avaliação criteriosa orçamentária e previsões de entrega, como, ações e quantidade de pessoas necessárias.

- 6D – Sustentabilidade: neste modelo são dadas noções de consciência ambiental. A edificação passa por um processo de qualificação e eficiência de seus ambientes, desde a construção até o seu ciclo final de uso. Produzindo, assim, resultados não apenas para o presente, mas para futuras gerações que dela usufruirão.

- 7D – Acompanhamento: Somado ao modelo 6D, obtêm-se a possibilidade de gerenciamento administrativo, na qual o empreiteiro e o cliente final podem ter acesso a informações detalhadas de retorno do investimento, gerenciamento de ativos e procedimentos de manutenção preventiva e corretivas.

Outra característica importante é o entendimento sobre a modelagem paramétrica, fundamental para diferenciar os processos BIM das tecnologias 2D tradicionais. Segundo Eastman et al. (2014, p. 44), os objetos utilizados no BIM são parametrizados por vários critérios. Primeiramente, a geometria é associada com dados e regras que permitem que a modelagem não seja redundante. Por exemplo, no momento em que um elemento é mostrado em 3D, esse deve possuir sua vista 2D em conformidade com o seu modelo.

Tendo isso em vista, o processo não admite a existência de dimensões falsas¹. Pois, são as regras paramétricas que garantem a mudança automatizada das geometrias associadas, inibindo-as. Para exemplificar, observa-se que uma porta deve se ajustar automaticamente a uma parede, de modo que sua abertura esteja coerente à entrada da edificação. Outro fator é que os objetos possam ser elaborados em diferentes níveis de agregação². Com isso, uma porta pode ser criada com vários componentes como peso, densidade, material, etc.

As tecnologias, que se fundamentam nesses conceitos, são consideradas ferramentas BIM de autoria, permitindo que os usuários criem modelos parametrizados. Dentre

¹ Na verdade, não há o que se falar em dimensões falsas, pois toda dimensão física é verdadeira. O termo dimensões falsas é utilizado comumente por pesquisadores do BIM para demonstrar a incoerência de certas dimensões, como a 2D, ao mundo real (EASTMAN et al., 2014, p. 44).

² Os níveis de agregação são definidos por tipos de elementos associados a um objeto como: peso, material, revestimento, qualidade, resistência, etc. (EASTMAN et al., 2014, p. 46).

essas ferramentas, a que mais se destacam são: *Industry Framework for Dictionaries (IFD)*, *Information Delivery Manual / Model View Definition (IDM / MVD)* e a que será usada como parâmetro para esse trabalho, *Industry Foundation Classes (IFC)*.

O IFD pode ser compreendido como um dicionário de objetos paramétricos, ou seja, é um arquivo utilizado para gerar acervos de características. Dessa forma, o IFD possibilita a padronização do projeto, de modo que todos os elementos possuam acesso a um banco de dados de produtos e serviços (BUILDINGSMART, 2018).

O IDM é definido como um arquivo específico para cadastro de informações constantes durante o ciclo do projeto. Esse elemento possui a capacidade de apresentar os dados necessários que devem ser adicionados pelos usuários, para que o processo seja realizado com sucesso (BUILDINGSMART, 2018).

O IFC, assim como as demais ferramentas citadas, foi desenvolvido pela organização *BuildingSmart*, uma aliança sem fins lucrativos entre 12 empresas de tecnologia da informação para construção civil. A união desses esforços levou o IFC a ser registrado pela *International Organization for Standardization (ISO)*, e ainda se encontra em processo de normatização internacional (BUILDINGSMART, 2018).

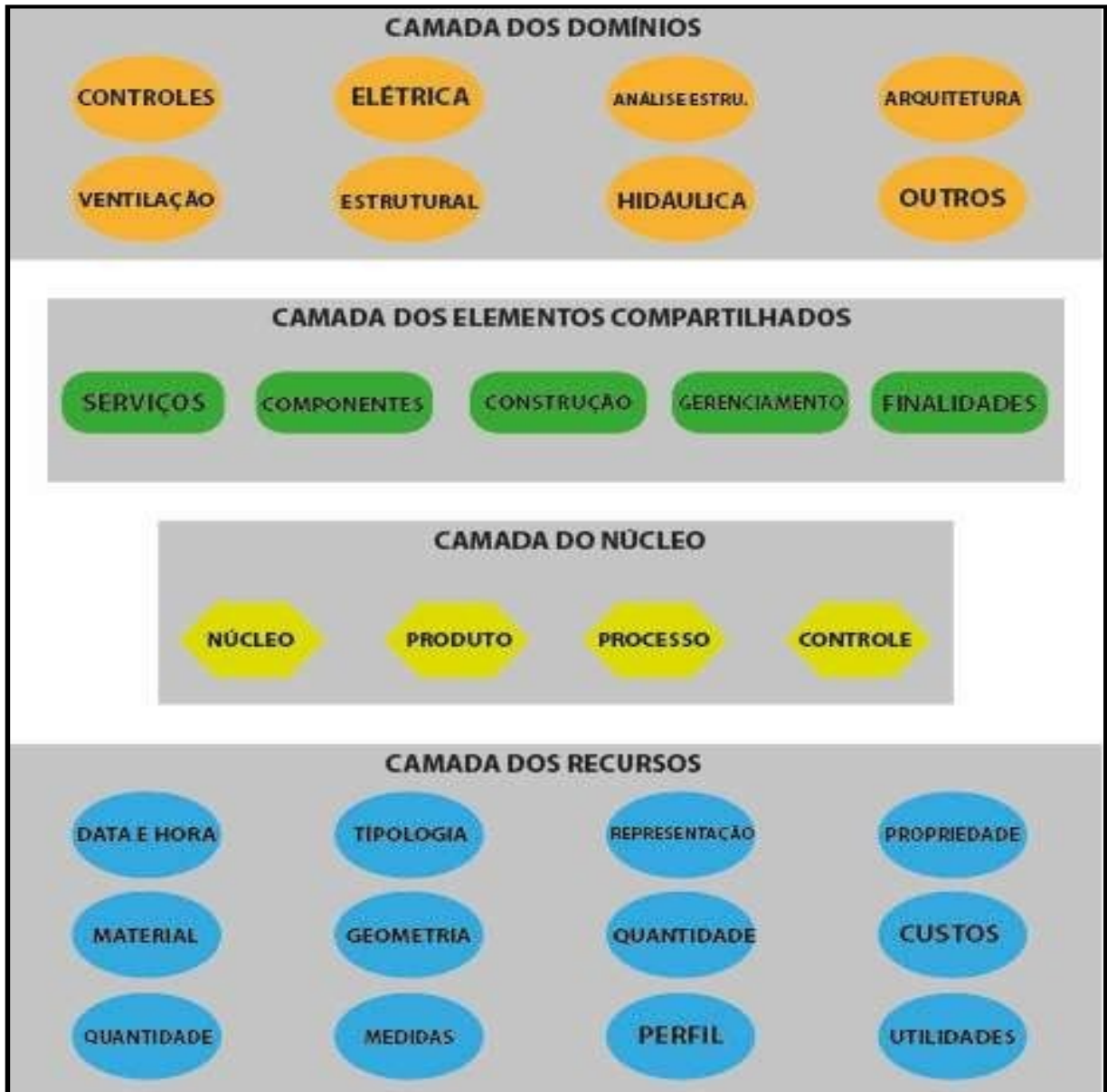
Segundo a organização BuildingSmart (2018), o IFC é uma esquematização de dados, representado em um formato não possessor, ou seja, neutro e sem característica de propriedade por nenhuma empresa, permitindo assim, a troca de informações nos variados aplicativos. A função do IFC é possibilitar a troca de informações ao longo do ciclo de vida da edificação modelada ou construída, independentemente do *software* utilizado.

Para Ferreira (2017, p. 20), outra característica do arquivo IFC é sua estruturação de camadas, que são divididas em quatro: recursos, núcleo, elementos compartilhados e domínios.

A camada de recursos é compreendida pela parte básica do arquivo, medidas, materiais e geometria. A camada núcleo é oriunda da primeira, e é dividida em quatro subcamadas: núcleo, produto, processo e controle. A subcamada núcleo fornece a base para a estruturação de arquivos em grupos, processos e relacionamentos. O produto, fornece os componentes abstratos, como espaço e local. O processo faz o planejamento ou a sequência lógica de programação de trabalho e tarefas. A última subcamada, controle, controlam os elementos do processo. A terceira camada, elementos compartilhados é a parte que apresenta os elementos físicos do projeto, por exemplo, portas, paredes, elementos estruturais, piso, etc. Por fim, a última camada denominada domínio abrange o detalhamento específico do projeto,

por exemplo hidráulica, arquitetura, elétrica e estrutural. A figura 03 ajuda a exemplificar os elementos de cada camada citada.

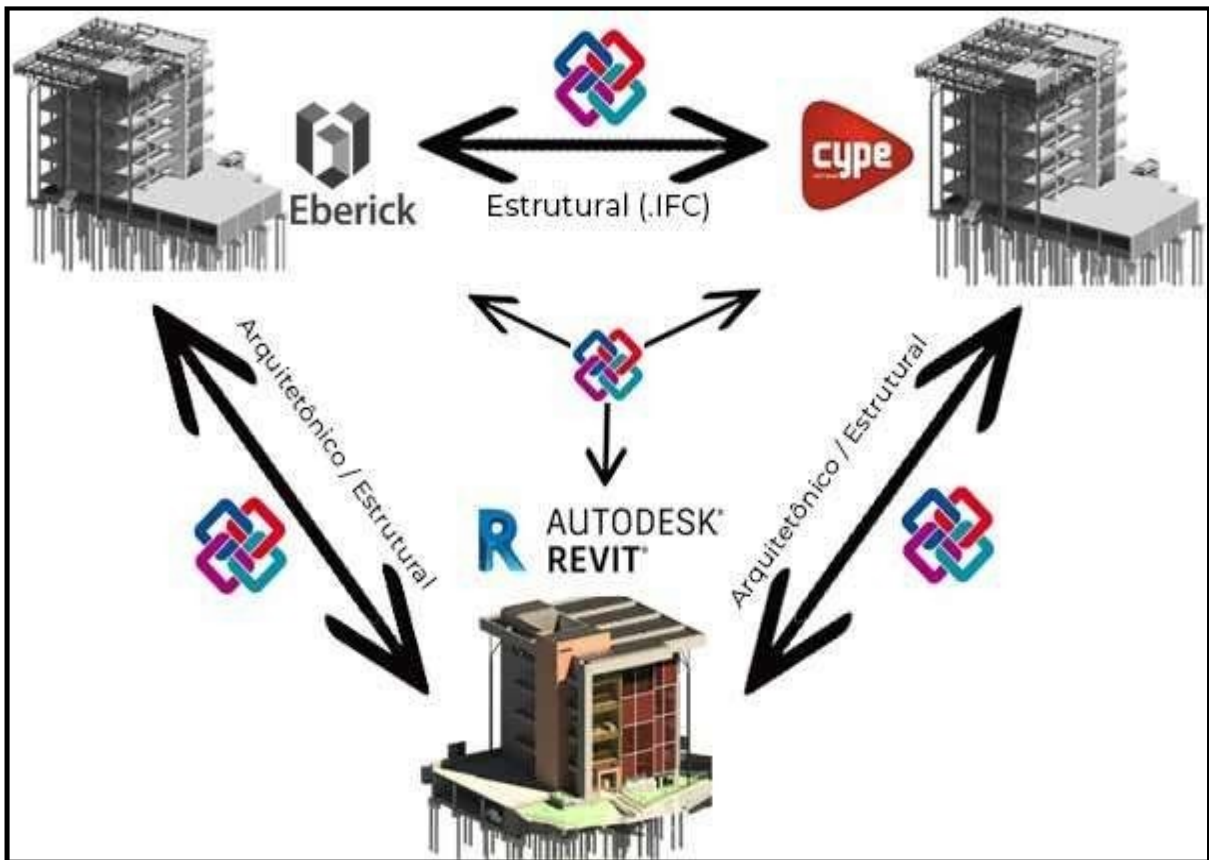
Figura 3 – Estruturação das camadas do IFC



Fonte: Adaptado de Ferreira, 2017, p. 20

Nesse contexto, a programação torna-se desvinculada, não existindo barreiras para a interoperabilidade dos arquivos. Á título de ilustração, quando um projetista elabora um projeto estrutural no *software* CypeCAD, esse mesmo projeto poderá ser utilizado em outro *software* de cálculo estrutural ou arquitetônico, como Eberick e Revit, respectivamente, se salvo, exportado ou interoperabilizado no formato IFC, conforme a figura 04.

Figura 04 – Interoperabilidade de arquivos IFC



Fonte: Autoria própria, 2018

O IFC apresenta constante evolução e aperfeiçoamento. Essa evolução se dá pela neutralidade da ferramenta, que possibilita o acréscimo de conhecimento por várias empresas de tecnologia da informação e centros de pesquisa da área de arquitetura e construção civil. Tal característica de evolução assemelha-se bastante com a tecnologia *Peer-To-Peer* (P2P). A tecnologia P2P é baseada na ideia em que não exista um regulador central dos processos, o que se tornou muito popular, por exemplo, nos Estados Unidos, estima-se que 36% da população já utiliza a tecnologia P2P para transações financeiras (PAYMNTS, 2017). Dessa forma, é notório que métodos que possibilitem os próprios usuários a serem capazes de criar e adicionar inovações ao arquivo, representem uma grande parcela da tecnologia futura. Portanto, acredita-se que o IFC deva acompanhar e crescer bastante com a tecnologia P2P nos próximos anos (CHEN E HOU, 2017, p. 6).

As características: dimensões, objetos paramétricos ou IFC, aparentam ser a relevância do BIM, mas é um desafio classificar exatamente a sua importância. A cada etapa que o processo evolui, novas características e soluções são praticadas. A importância para alguns autores é o tempo produtivo, coordenação facilitada, para outros é o controle de

qualidade ou comunicação eficiente. Pereira (2016, p. 6-7), demonstra que o valor do BIM é dividido por setores ou grupos de interesse. Dessa forma, resta exposto o que diferentes tipos profissionais acreditam ser o principal benefício do BIM. A demonstração por grupo de interesse pode ser categorizada conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Importância do BIM por grupo de interesse

Categoria	Importância
Arquitetos	Observam o BIM como uma oportunidade de mais eficiência; desperdiçam menos tempo no desenho operacional, o que bonifica a elaboração de projetos mais criativos; redução de erros; aumento na comunicação de informações que poderiam prejudicar o projeto; melhor desempenho nas visualizações 3D.
Engenheiros	Potencial de agregar valor aos projetos; economia de tempo e dinheiro através da redução de erros; melhor detalhamento de projetos; levantamento de quantitativos e estimativa de custo.
Construtores	Possibilidade de evitar erros de orçamento e planejamento, devido às mudanças durante a construção;
Proprietários	Melhora o entendimento e visualização do projeto; proporciona economia de tempo e dinheiro; produto final mais próximo do esperado.

Fonte: Pereira, 2016, p. 6-7

Apesar de tantas possibilidades e vantagens na utilização desses processos, ainda são encontradas enormes barreiras para implementação do BIM, não apenas no Brasil, mas no mundo. Para que seja feita uma implementação de processos corretamente é necessário planejamento, treinamento constante e recurso financeiro. Além disso, é indispensável a quebra de barreiras culturais, legais e tecnológicas.

Paiva (2016, p. 5) apresenta a visão majoritária dos autores acerca das dificuldades de implementação do BIM no mundo, são elas: falta de padronização nacional e compartilhamento de informações; alto custo de implementação, *softwares* com preços elevados, principalmente para países que possuem moeda desvalorizada referente ao dólar; falta de profissionais com capacitação técnica-operacional e alto custo de treinamento; problemas organizacionais, processos problemáticos, falta de interesse por profissionais com experiência elevada; problemas legais, responsabilidades contratuais e licenciamento.

No Brasil, os obstáculos citados também são frequentes. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016, p. 24-26), a inércia, a cultura resistente a mudanças, o entendimento vago e o ambiente de trabalho da construção civil brasileira (muitas vezes ultrapassado, sem valorizar planejamento, com buscas por respostas rápidas e baratas) são colocados como os principais obstáculos enfrentados para a implementação do BIM no Brasil.

Para melhor entender esses obstáculos no Brasil e no mundo, é necessário conhecer a criação e evolução do BIM. Em 1974, no Instituto de Tecnologia da Geórgia, uma equipe de pesquisadores liderados pelo professor Charles M. Eastman, apresentaram o conceito de *Building Description System* (BDS), em outras palavras, Sistema de Descrição da Construção. O BDS foi uma forma de descrição computadorizada de uma edificação, que possibilitou a melhora e replica de projetos, pontos fortes e operações construtivas, bem como a neutralização de suas problemáticas (SAEPRO, 2018). O conceito de BDS, publicado em 1975, pela revista acadêmica *AIA Journal*, marcou o ponto inicial de todas as noções básicas do BIM. Essas noções se traduzem em: planos isométricos, seções derivadas, elementos modelados globalmente, redesenho, análises quantitativas e qualitativas automatizadas (Menezes, 2011, p. 171). Dessa maneira, é reconhecido que a constituição dos processos BIM foi iniciada por Charles M. Eastman, com apresentação do conceito BDS.

Apesar de ter iniciado o conceito em 1974, a primeira menção ao termo *Building Information Modeling* (BIM) só se deu a partir de 1992, com a publicação do artigo *Modelling Multiple Views on Buildings* (Modelando Múltiplas Vistas em Edificações) de Nederveen e Tolman. O referido artigo oportunizou a fundamentação de um sistema computacional coeso capaz de gerenciar processos e tecnologias da informação aplicadas à construção civil (breve histórico de BIM). Menezes (2011, p. 157) argui que o surgimento de *softwares* de modelagem baseados no processo BIM aconteceu da evolução de programas existentes ou antigos, em outras palavras, foram feitas atualizações de *softwares* de engenharia existentes, utilizando as teorias dos processos BIM.

Os *softwares* mais usados atualmente, como ArchiCAD, Autodesk Revit, Bentley Building e VectorWorks, inspirados pelas publicações de Eastman, Nederveen e Tolman, foram baseados nos modelos britânicos mais antigos da RUCAPS, Sonata, Reflex, Oxsy, BDS e GDS, que surgiram no início das Tecnologias de Informação Menezes (2011, p. 157). Dessa forma, acredita-se que as metodologias e os processos até hoje utilizados, foram fundamentados cerca de 30 anos atrás, entretanto, apenas colocados em prática por *softwares* a partir da década de 90.

Todos esses anos de construção de teorias foi fundamental para a difusão do conceito BIM nas universidades, empresas e *softwares* pelo mundo. Segundo Masotti (2014, p. 41) a mudança de cultura é o passo fundamental para aplicabilidade dos processos. Por esse motivo, iniciativas governamentais, em vários países do mundo, têm iniciado e alavancado a adaptação de seus profissionais a esta mudança. Nos Estados Unidos a *General Services Administration* (GSA), gestora de serviços públicos, possui um programa nacional que exige dos novos projetos de edificações públicas, a utilização dos processos BIM. Em razão desse e demais incentivos, a utilização do BIM nos EUA subiu de 40% em 2009 para 71% em 2012.

Outro país que investe nos processos BIM é Singapura. Em 2008, por meio da *Construction Authority* (BCA), esse país implementou o sistema mais rápido que existe para aprovação de projetos (MASOTTI, 2014, p. 31). Os projetistas conseguem enviar o projeto às autoridades locais e receber a aprovação pela web em até 10 dias, incluindo projetos de detalhamento, por exemplo, instalações elétricas, hidrossanitárias, estrutural, etc. O sistema possui quase 80% dos arquivos processados pelo BIM. Dessa maneira, percebe-se que o BIM está bastante difundido em todo o mundo.

Para concluir, a tabela 2 demonstra o panorama de como está funcionando o fomento do BIM ao redor do globo por parte dos governos.

Tabela 2 – Panorama do BIM no mundo (continua)

País	Atualidade
Reino Unido	Reduzir custos em projetos do governo em 20% e emissão de gases estufa. Para isso, o governo tem exigido que todos os projetos governamentais estejam na plataforma BIM em até 5 anos. O objetivo é alcançar a liderança mundial no BIM.
Noruega	A empresa estatal de construção civil utiliza em todos os seus projetos o formato IFC.
Dinamarca	Empresas estatais exigem o BIM em todos os projetos.
Finlândia	Obriga o uso de BIM desde 2007.
Hong Kong	Empresa estatal é obrigada a utilizar o BIM em todos os projetos desde 2014.
Coréia do Sul	Uso compulsório de BIM, desde 2016, em todos os edificios públicos e para projetos superiores a 50 milhões de dólares no setor privado.

Tabela 2 – Panorama do BIM no mundo (continuação)

País	Atualidade
China	Não há política específica para implementação ou fomento do BIM.
Austrália	Lançamento de caderno Iniciativa do BIM nacional. O documento estabelece os parâmetros para implementação no país.
Holanda	Obrigatoriedade do uso do BIM para manutenção de projetos de grande porte.

Fonte: Masotti (2014, p. 31)

Observa-se, pela análise da tabela 2, que os países desenvolvidos já estão obrigando empresas dos setores público e privado a aderirem o BIM. Entretanto, no Brasil ele ainda é pouco disseminado. Massotti (2014, p. 35), apresenta que existem poucas iniciativas desse processo, inclusive nos escritórios de engenharia e arquitetura. Esses escritórios não estão exatamente integrados com fornecedores, proprietários e equipes de construção.

É perceptível exista o entendimento dos escritórios e empresas brasileiras de que o BIM pode beneficiar a indústria, entretanto, observa-se, também, a escassez de profissionais aptos para manusear os *softwares* capazes de processar o BIM de forma completa. Nesse contexto, atualmente, apenas a PETROBRAS e a Secretaria de Planejamento de Santa Catarina exigem em suas licitações a utilização do BIM em projetos.

A iniciativa de exigir por força de lei o uso do BIM, tem-se mostrado muito eficiente no mundo, e poderia ser utilizada para alavancar a tecnologia BIM no Brasil. Por exemplo, o governo brasileiro investe 120 bilhões em infraestrutura anualmente. Se o governo obrigasse a utilização do BIM em suas licitações, como o faz a PETROBRAS, haveria maior motivação para o setor de construção civil migrar para a utilização dos processos BIM. Isso elevaria o Brasil para o patamar de países desenvolvidos que utilizam os processos em quase sua totalidade (MASOTTI, 2014, p. 36).

Está claro que a implementação do BIM no mundo ocorre rapidamente. Esse fenômeno se dá principalmente por três motivos: investimentos, profissionalização e incentivo governamental. Muitos estados pelo mundo estão se utilizando desses princípios para fomentar o acesso ao BIM. Da mesma maneira, para que sejam vistos esses resultados positivos na implementação do BIM no Brasil, esses são os passos que precisam ser seguidos para alcançar as vantagens que o BIM oferece.

2.2 Projetos e compatibilização

Projeto, por definição, é o planejamento que se faz antes de realizar ou desenvolver algo, ou seja, uma ação de planejamento antes da execução do empreendimento. O projeto passa por etapas bem definidas, como, idealização, implantação e simulação, com objetivo de transformar ideias em obras reais (MELHADO, 1994, p. 162).

Fabricio (2002, p. 148-150), explica que o projeto é construído por setores diversos da engenharia e arquitetura. O arquiteto possui uma concepção educacional extremamente diferente do engenheiro de projetos elétricos, criando dessa forma incompatibilidades, quando constituído por profissionais diferentes. Além disso, é importante ressaltar que existe uma hierarquia de desenvolvimento de projetos. O projeto arquitetônico geralmente é o encarregado por nortear os parâmetros de concepção estrutural, instalações elétricas, hidrossanitárias, incêndio, etc. (MELHADO, 1994, p. 171-172). Portanto, um projeto é realizado por fases, incluindo profissionais diversos. A tabela 3 ilustra as fases do processo projetual e os profissionais que estão envolvidos em cada fase.

Tabela 3 – Fases e profissionais do processo projetual (continua)

Fase do Projeto	Descrição da Etapa	Agentes/Profissionais
Levantamento de Dados	Objetivo da obra, o programa de necessidades do cliente, informações sobre o terreno e a consulta ao Código de Obras do Município e demais instrumentos específicos de informação que se façam necessários.	Cliente, arquiteto, topógrafo.
Estudo preliminar	Apresenta o partido arquitetônico adotado, a configuração da edificação e a respectiva implantação no terreno, incorporando as exigências definidas no programa de necessidades do cliente.	Cliente, arquiteto.
Anteprojeto	Nesta fase o desenho deve apresentar a solução adotada para o projeto, com as respectivas especificações técnicas.	Cliente, arquiteto, gerenciador, projetistas complementares.

Tabela 3 – Fases e profissionais do processo projetual (continuação)

Fase do Projeto	Descrição da Etapa	Agentes/Profissionais
Projeto legal	Constitui no projeto arquitetônico proposto considerando todas as exigências contidas no programa de necessidades, no estudo preliminar e no anteprojeto aprovado pelo cliente, nos requisitos legais e nas normas técnicas.	Cliente, arquiteto, órgãos licenciadores.
Projeto pré-executivo	Consiste no desenvolvimento do anteprojeto arquitetônico de forma a permitir a verificação das interferências com os anteprojetos complementares (fundações, estrutura, instalações, etc.).	Cliente, arquiteto, gerenciador, projetistas complementares.
Projeto executivo	Constitui a solução desenvolvida já compatibilizada com todos os projetos complementares, com todas as informações necessárias à execução da obra. Compõe-se dos desenhos de arquitetura devidamente compatibilizados com os projetos complementares.	Cliente, arquiteto, gerenciador, projetistas complementares.
Projeto de detalhamento	Complementação do projeto executivo com detalhes Construtivos, em escala apropriada, necessários a um melhor entendimento da obra	Cliente, arquiteto, gerenciador, projetistas complementares.

Fonte: Ávila, 2011, p. 15-16

Fabrizio (2002, p. 148-150), continua explicando que, por motivo da hierarquização de projetos, uma especialidade sempre depende da finalização de outra, em outras palavras, determinada parte do projeto só pode ser iniciada após o termino da etapa anterior. Em regra, o projeto arquitetônico é, inicialmente, realizado para aprovação do cliente e só então são elaborados os outros projetos, geralmente por profissionais diferentes. Com isso, os projetos acabam sendo realizados de forma descentralizada, por pessoas e grupos diferentes durante o processo projetual, segmentando e individualizando o projeto.

Para Miszura (2013, p. 8) esse processo projetual individualizado acarreta a pouca interoperabilidade entre projetistas. O que é prejudicial ao desempenho do projeto, aumentando proporcionalmente a quantidade de retrabalhos. Além disso, muitos autores expõem que essa situação favorece o desperdício de tempo e aumento de gastos. Por esse motivo, para Tavares Junior (2001, p. 33), os projetos chegam a ser motivadores de 60% dos problemas encontrados em obras, conforme é apresentado na figura 05.

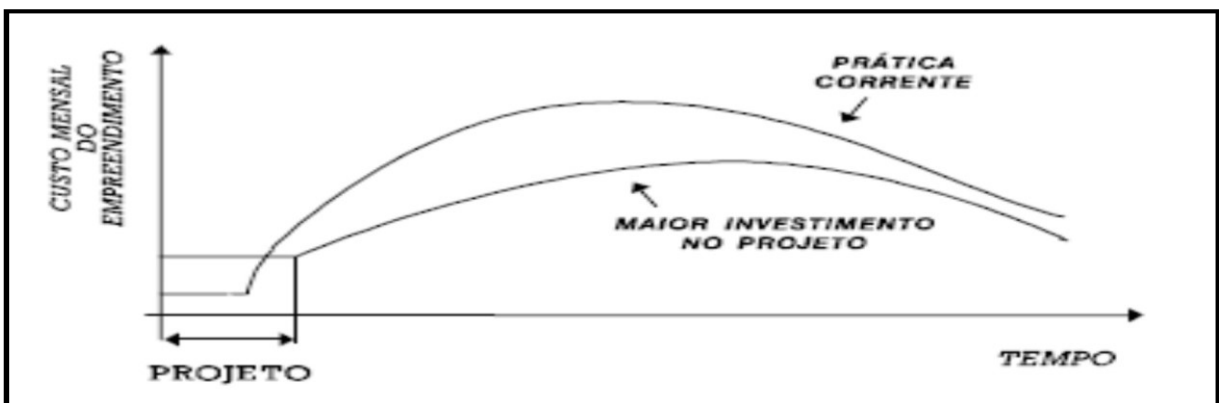
Figura 5 – Tabela demonstrativa da origem dos problemas da construção civil

ORIGENS DO PROBLEMA	INDICE PERCENTUAL (%)
Projeto	60,0
Construção	26,4
Equipamentos	2,1
Outros	11,5
TOTAL	100,0

Fonte: Tavares Junior, 2001, p. 33

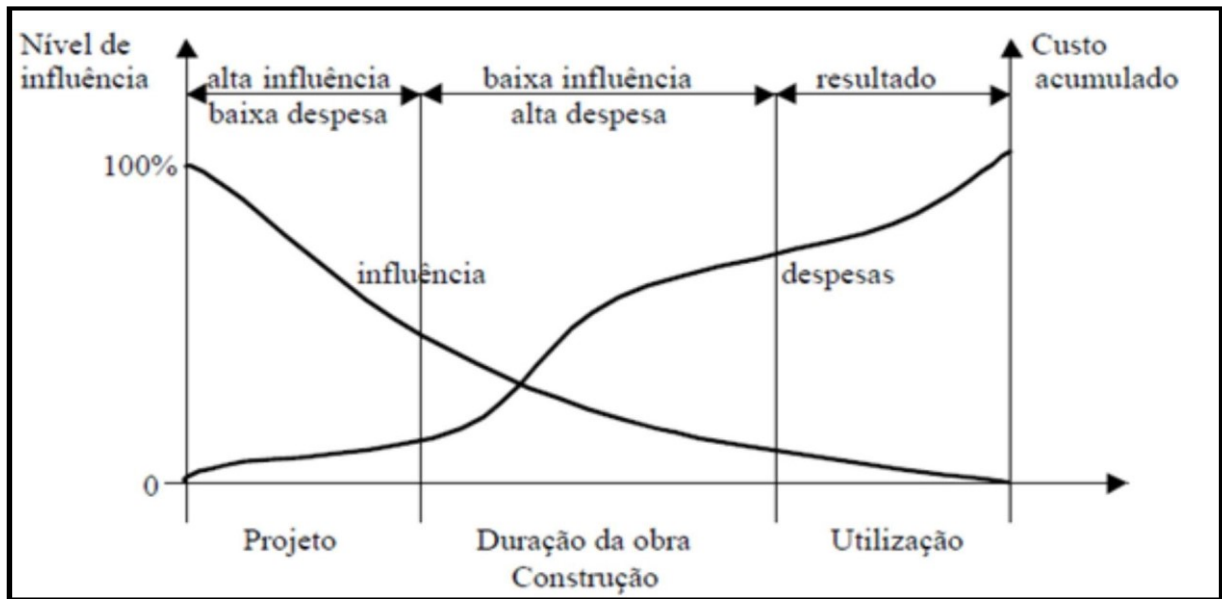
Segundo Mikaldo Júnior e Sheer (2008, p. 79), o setor da construção civil necessita constantemente de aperfeiçoamento dos processos que envolvam a etapa projetual, de modo a solucionar eventuais problemas em canteiros de obras. Para certificar que o projeto realmente é de grande importância, são apresentados o gráfico 1, que apresenta a relação de custo do investimento em projetos *versus* a prática casual de construção civil e o gráfico 2, que demonstra a influência que o projeto pode exercer no custo do empreendimento. Portanto, percebe-se que, ao passo que são elaborados bons projetos, o custo do empreendimento é reduzido consideravelmente durante a sua execução.

Gráfico 1 – Relação de custo de projetos versus prática casual



Fonte: Tavares Junior, 2001, p. 33

Gráfico 2 – Projeto e influência nos custos



Fonte: Tavares Junior, 2001, p. 33

Nascimento e Santos (2014, p. 2-3), apresentam a Tecnologia da Informação como uma solução plausível para o aperfeiçoamento de projetos. O surgimento de planilhas eletrônicas, banco de dados estruturados, plataformas de desenho e modelagem reforçam essa informação. Além disso, com as TI's existe rápida troca de informação entre os envolvidos do projeto. Nesse contexto, rapidamente as empresas de TI trabalharam junto aos pesquisadores e estudiosos da engenharia e arquitetura para formular soluções integradas, o que se resumiu nos processos BIM. Portanto, entende-se que a tecnologia da informação tem papel fundamental para execução dos processos BIM, e sem ela, a sua utilização se tornaria precária.

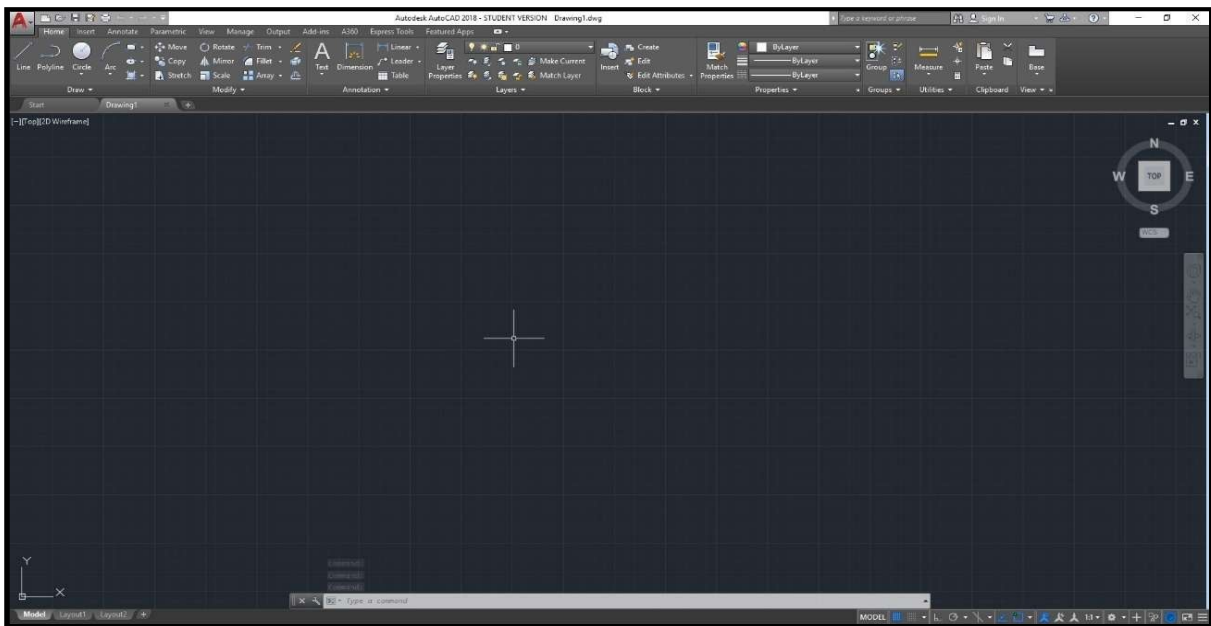
Dentre as principais tecnologias que fazem uso dos processos BIM, foram selecionadas as mais utilizadas no Brasil e no mundo: AutoCAD, Eberick V10, QiHidrossanitário e QiElétrico. Essas tecnologias foram criadas para desenhar, modelar e detalhar projetos. Todas as tecnologias apresentadas nesse trabalho estão integradas com os processos BIM, ou seja, possuem interoperabilidade e exportam arquivos em IFC. As tecnologias apresentadas a seguir serão utilizadas para aplicar a metodologia de compatibilização no quarto capítulo.

- AutoCAD

Em 1983, a Autodesk lançou o primeiro *software* com a plataforma profissional CAD do mundo. Segundo Pompermaier e Rossi (2015, p. 26-27) o AutoCAD é o *software* mais utilizado no meio do desenho técnico, difundido entre profissionais e estudantes. O mesmo,

desenvolvido pela empresa estadunidense Autodesk, é operacionalizado para projetar em duas ou três dimensões. Apesar de outras possibilidades, o AutoCad, é majoritariamente utilizado para desenhos em duas dimensões, deixando a possibilidade de renderização e dimensionamento estrutural, hidrossanitário, elétrico, etc., para outros *softwares*. Portanto, o AutoCad pode ser definido e usado como plataforma básica, participante apenas da segunda e terceira dimensão do BIM. A figura 06 apresenta a plataforma de desenho AutoCAD.

Figura 6 – Plataforma de desenho AutoCAD 2018

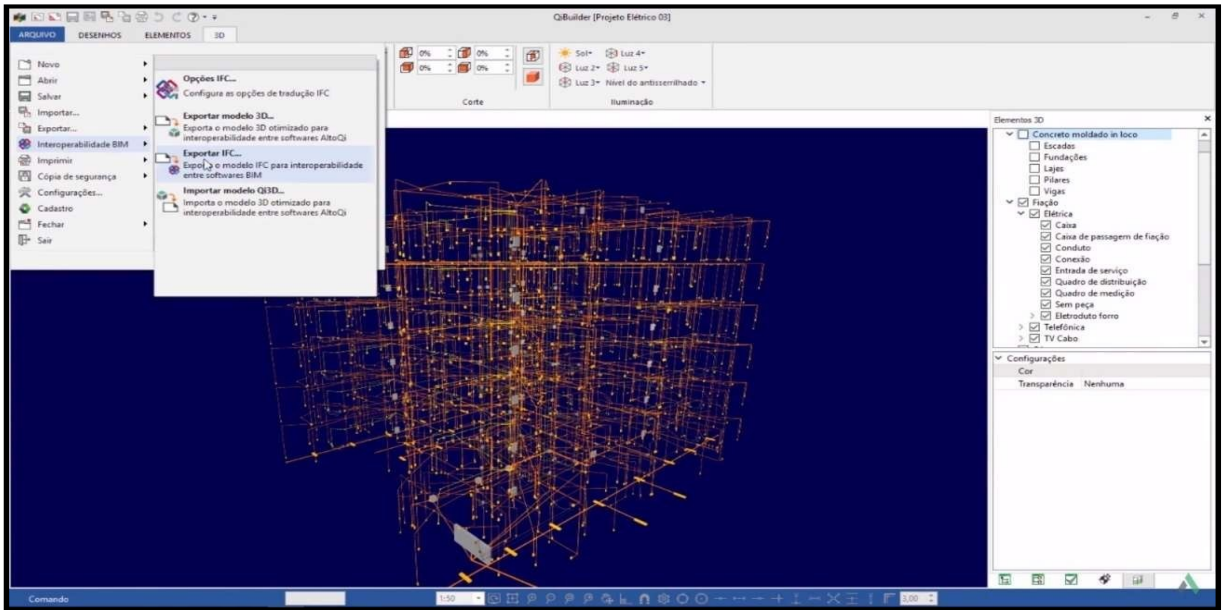


Fonte: Captura de tela da aplicação no sistema operacional Windows 10

- QiBuilder

Conforme a AltoQi (2018), o QiBuilder é uma plataforma construída na base CAD aliado aos processos BIM, a qual integra os demais produtos da empresa, de solução elétrica, hidrossanitária, incêndio, gás, etc. Por meio da plataforma QiBuilder o projetista pode interoperabilizar, exportar em IFC e visualizar os projetos em três dimensões com uma qualidade de imagem alta. Ademais, é possível dimensionar os elementos rapidamente, sem a necessidade de utilização de todos os cálculos manualmente. Nesse software é também possível realizar a compatibilização de projetos, ainda que de maneira simplificada. Outra característica é o levantamento de quantitativo de material a ser utilizado na execução da obra. Portanto, as especificidades desta plataforma, sem dúvida, integram os processos BIM de forma macro. A figura 07 apresenta a modelagem dos projetos nessa plataforma.

Figura 7 – Plataforma QiBuilder, visualização 3D e interoperabilidade

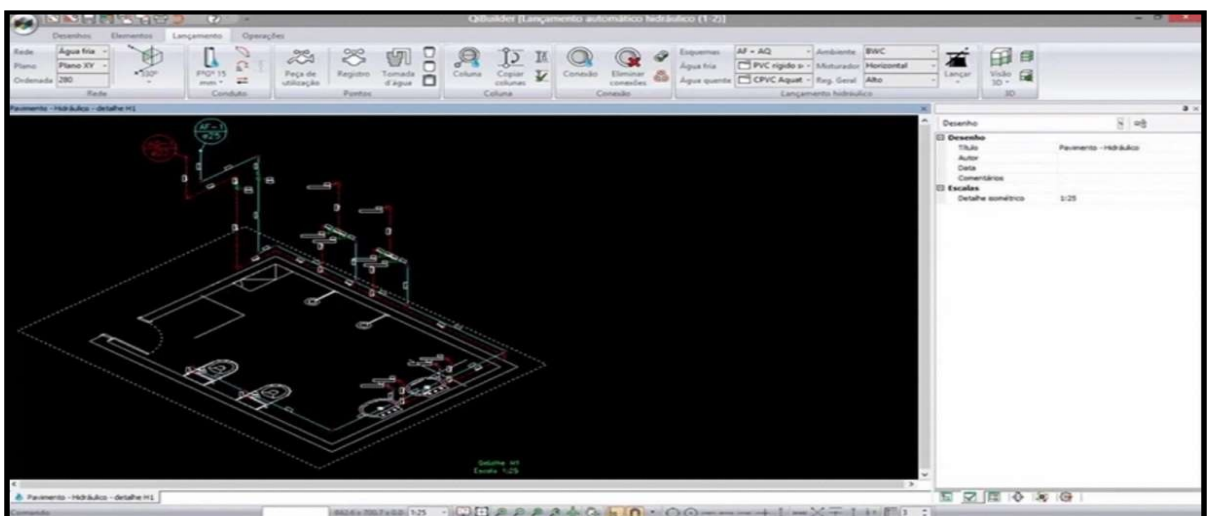


Fonte: AltoQi, 2018

- QiHidrossanitário

Por meio da plataforma QiBuilder a empresa brasileira AltoQi, oferece o *software* QiHidrossanitário para o lançamento, dimensionamento e detalhamento dos projetos de água e esgoto. O *software* pode automaticamente detectar conexões, fluxo, cálculo de vazões e perda de cargas, etc. Adicionalmente, é capaz de gerar pranchas para impressão, detalhamentos isométricos, cortes e lista de materiais (ALTOQI, 2018). A figura 08 apresenta o programa QiHidrossanitário.

Figura 8 – Plataforma QiBuilder, software QiHidrossanitário

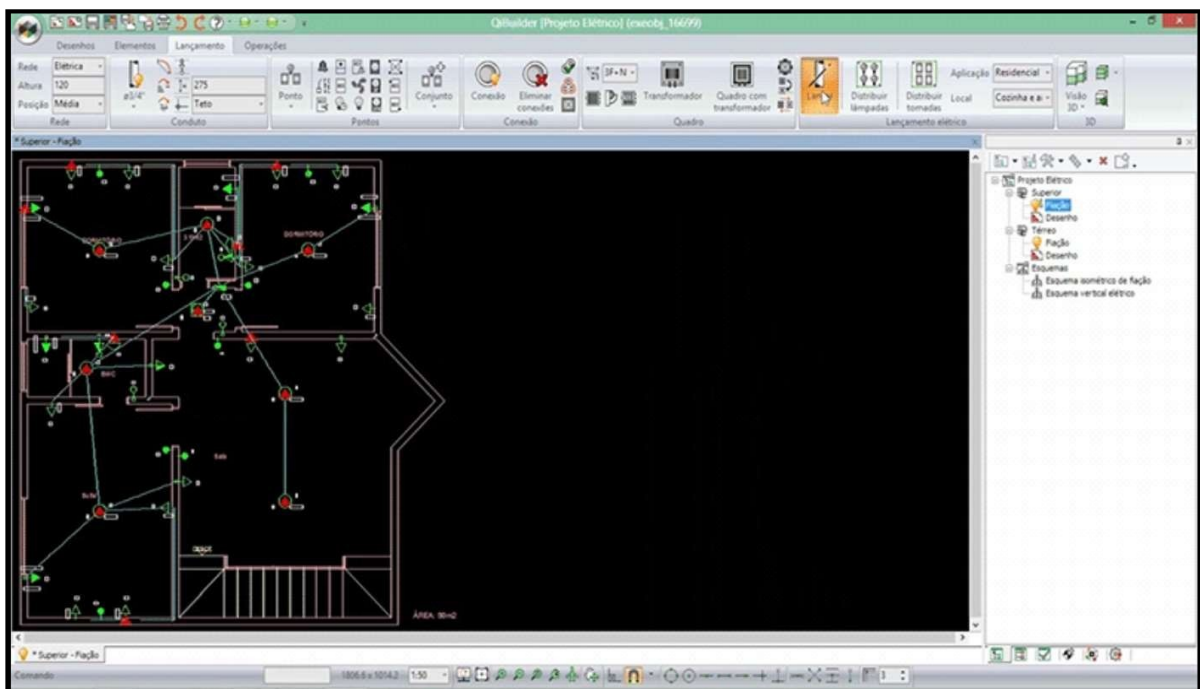


Fonte: AltoQi, 2018

- QiElétrico

Da mesma forma, o *software* QiElétrico, desenvolvido pela empresa brasileira AltoQi, utiliza a plataforma QiBuilder para ser operacionalizado. Com esse programa é possível lançar interruptores, tomadas normais e especiais, lâmpadas, dispositivos de proteção, quadros de distribuição e alimentação, diagramas unifilares e multifilares, dimensionamento de carga, taxa de ocupação de tubulação, entre outras funções. A figura 9 apresenta o *software* QiElétrico.

Figura 9 – Plataforma QiBuilder, software QiElétrico



Fonte: AltoQi, 2018

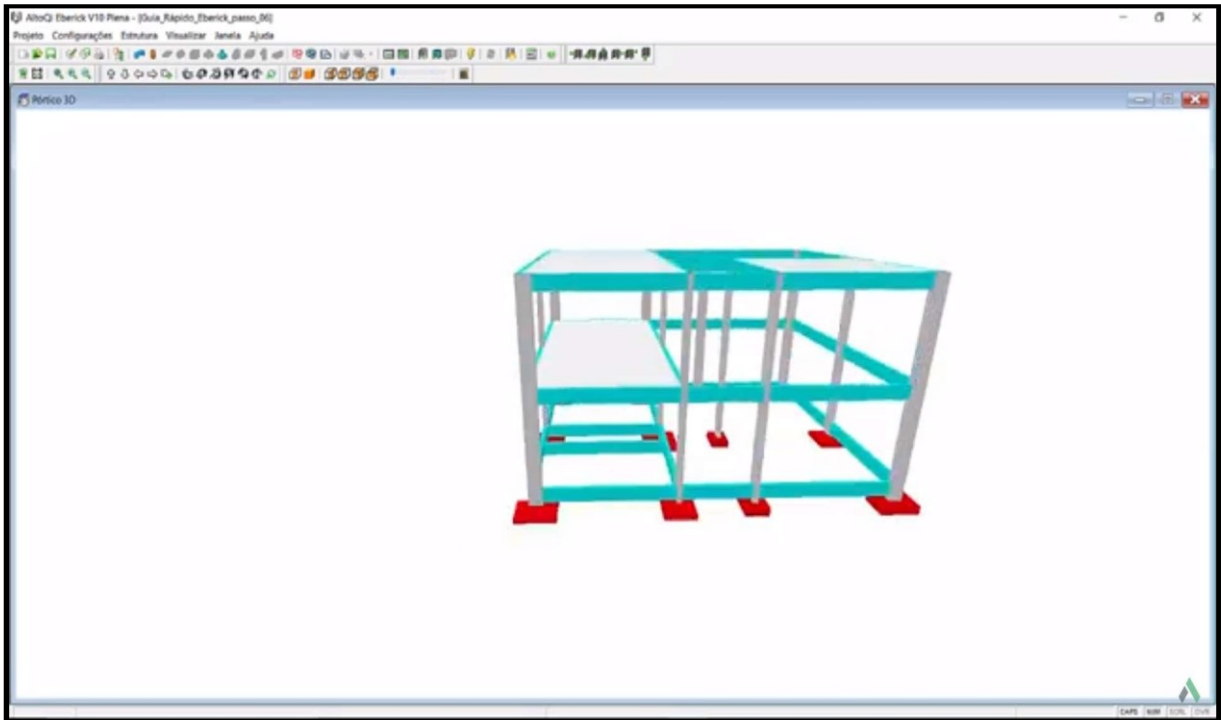
- Eberick V10

O Eberick é uma solução para lançamento e detalhamento de estruturas mistas ou únicas de concreto armado e pré-moldado. Esse *software*, também de autoria da AltoQi, abrange todas as etapas do cálculo estrutural, inclusive análise de estrutura e dimensionamento, por meio do estudo de pórtico espacial e critérios da NBR 6118/2014. É possível fazer verificações do estado limite de vibrações, contraflechas em vigas, diagnóstico da estrutura, cálculo de furos em vigas e pilares, dimensionamento de fundações, enfim, uma solução completa para cálculos estruturais. (ALTOQI, 2018).

Apesar de não estar integrado a plataforma QiBuilder, o *software* Eberick V10 possui de interoperabilidade pelo formato IFC. Por esse motivo colocar o Eberick como opção de software de dimensionamento estrutural torna-se viável para elaboração de projetos com os

processos BIM, ao passo que na finalização do projeto, ele pode ser exportado no formato IFC, integrando-se a outros *softwares*. A figura 8 apresenta o software Eberick V10, na análise do modelo tridimensional.

Figura 10 – Modelo 3D do Eberick V10



Fonte: AltoQi, 2018

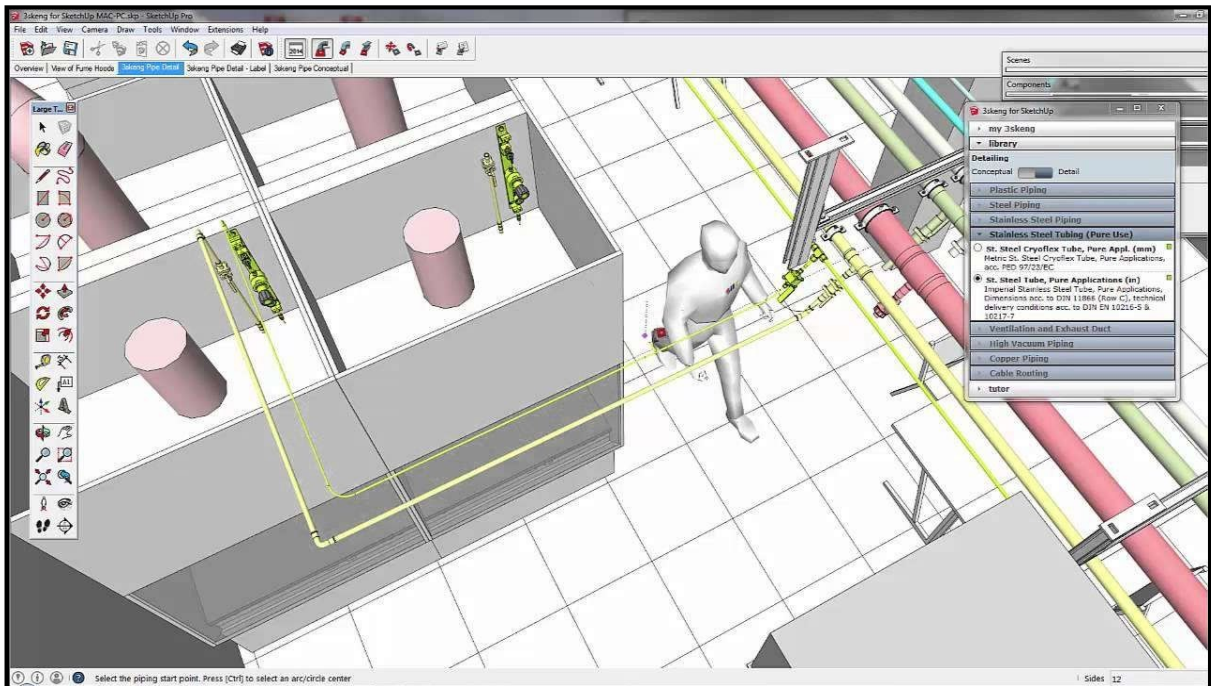
- SketchUp

O SketchUp é um *software* de criação de *layout* e modelagem 3D. No lançamento desse *software*, no ano 2000, o objetivo era que qualquer pessoa, profissional ou não, pudesse modelar edificações com a finalidade de enriquecer mapas 3D's. Hoje, com o pouco sucesso dessa ideia, o SketchUp foi adquirido pela empresa *Trimble Navigation*, a qual aprimorou-o com a finalidade de simplificar a modelagem, compatibilização e renderização. Esse aprimoramento conta com uma completa integração ao BIM, inclusive importação e exportação de arquivos em IFC.

O SketchUp realiza a compatibilização de projetos de forma visual. Para que esse processo ocorra, geralmente, faz-se a sobreposição de projetos com intuito de observar as incompatibilidades. Outro fator importante, é que além de fácil, a renderização desse software é precisa, levando ao projetista perceber imagens quase reais, mesmo antes do projeto ser

executado. Dessa forma a utilização desse programa para o processo de compatibilização de projetos tornou-se comum. A figura 11 demonstra a utilização do SketchUp neste sentido.

Figura 11 – Compatibilização de projetos pelo SketchUp



Fonte: TotalCAD, 2018

Mesmo com o crescimento dessas tecnologias da informação, no ramo da construção civil, que levaram a diminuição de erros de projetos, ainda é bastante comum a pouca integração entre projetos e projetistas durante o seu desenvolvimento. Desse modo, principalmente em pequenas empresas, não há utilização de métodos de compatibilização, gerando consequências negativas, a exemplo da qualidade baixa da edificação, retrabalho, maior prazo de execução e maior custo de obra (TAVARES JUNIOR et al., 2003, p. 2).

O Mikaldo Júnior (2006, p. 39) define compatibilização como atividade que gerencia e integra projetos comuns, visando aperfeiçoá-los e ajustá-los conforme os padrões criados. Através disso, resta garantida a qualidade total da execução da obra. Ainda nesse contexto, a compatibilização é a atividade de sobrepor os projetos correlatados e observar as incoerências ou interferências, bem como integrar projetistas e coordenação com objetivo de solucionar os problemas identificados.

Ávila (2011, p. 9) disserta que o atual panorama da construção civil proporciona a divisão do trabalho entre projetistas. Portanto, o projeto arquitetônico e complementares são realizados separadamente por diferentes profissionais. Ávila (2011, p. 10) continua afirmando

que esse sistema pode promover grande prejuízo. Para a resolução desses problemas ou a minimização, se faz necessário a utilização de processos de compatibilização BIM.

Para que a compatibilização de projetos se torne eficaz, algumas diretrizes foram construídas por autores. Pompermaier e Rossi (2015, p. 30-31) apresentam um exemplo dessas diretrizes, qual seja, o programa de Inovação e Melhoria da Construção Civil do Ceará (INOVACOM). A INOVACOM ensina os passos necessários para constituir a compatibilização de projetos. Por meio dessa diretriz, poderão ser distanciados os problemas comuns da falta de compatibilização, levando o projetista a ter um caminho plausível para a melhoria da qualidade dos projetos. Dessa forma, a análise da compatibilização dos projetos arquitetônico e complementares, conforme a INOVACOM (2017, p. 11), será dada pela seguinte sugestão processual:

I. Primeiramente, utilizar a padronização do formato dos projetos, *dwg*. Esses formatos são respectivamente, extensão do *software* AutoCad e extensão que habilita a interoperabilidade.

II. A segunda etapa será a sobreposição de projetos, iniciando com os projetos estrutural e arquitetônico. Será verificado a compatibilidade entre pilares, vigas, lajes, paredes e alinhamento do lote com a obra com o projeto arquitetônico.

III. A terceira etapa, será sobrepor os projetos arquitetônico-estrutural aos projetos hidrossanitários. Nessa etapa serão verificados os pontos, colunas e peças de água fria e quente com relação aos elementos da estrutura e arquitetura.

IV. Por fim, sobrepor os projetos arquitetônico-estrutural-hidrossanitário aos projetos elétricos. Nessa etapa serão verificados os pontos de descida das tubulações, furos nas lajes, vigas e pilares. Também será necessário observar os interruptores, tomadas, lâmpadas, quadros elétricos, telefonia, logica, que estejam em posições indesejáveis.

Conforme a INOVACOM (2017, p. 11) os projetos devem se ajustar a um sistema de compatibilização. Esse sistema, se corretamente aplicado, vai evitar dos problemas decorrentes da falta de comunicação dos projetos. Dessa forma, custos e tempo serão otimizados o máximo possível.

3 METODOLOGIA

Com intuito de sanar as dúvidas na utilização dos processos BIM para a compatibilização de projetos da Arquitetura e Engenharia, bem como demonstrar a utilização dos softwares, a abordagem utilizada neste trabalho é uma pesquisa qualitativa. Gerhardt e Silveira (2009, p. 31-32), demonstram que a pesquisa qualitativa é descrita como o aprofundamento do entendimento de dados, sem apego com cálculos numéricos. Dessa forma, no método qualitativo os pesquisadores apresentam explicações pelo ocorrido ao revelar o procedimento a se tomar, entretanto, sem demonstrar valores. Isso faz com que se busque pelo porquê das coisas, cumprindo o que deve ser feito, mas sem por a prova dados numéricos, pois os dados estudados são não-numéricos. Portanto, o objetivo é produzir informações ilustrativas e aprofundadas sobre o assunto pesquisado.

A fim de chegar nos resultados desejados, para a classificação dos procedimentos realizados neste trabalho, será utilizado a pesquisa bibliográfica. Segundo Fonseca (2002, p. 32), “A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto”. Dessa forma, este trabalho pretende utilizar fontes confiáveis e relevantes para conceituar e refutar o objeto estudado.

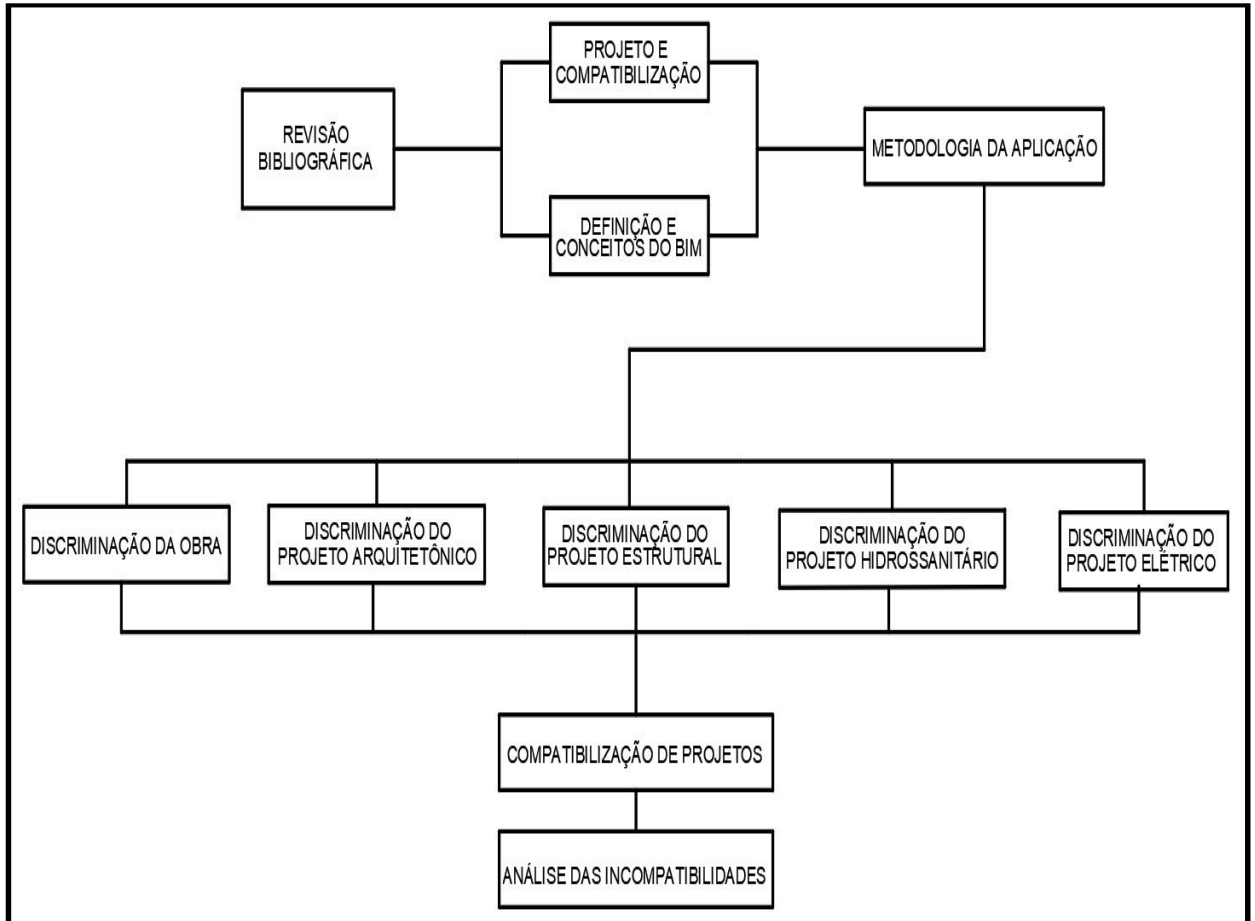
Em relação aos objetivos, o estudo torna-se exploratório. Um estudo exploratório segundo Gil (2002, p. 27) é aquele que visa diminuir a distância com o problema, tornando-se dessa forma, mais entendível, de forma que possibilite a criação de hipóteses.

A construção da revisão bibliográfica visa definir parâmetros e conceitos que circundam o objeto de estudo: BIM. Essa revisão mostra todas as características, definições, nomenclaturas, entendimentos e processos, para que por fim, seja dada uma metodologia de compatibilização de projetos coerente e funcional.

Posteriormente, foi iniciado a aplicação desse conhecimento. Essa aplicação é composta pelo desenvolvimento dos projetos arquitetônico e complementares pelos softwares: AutoCad, SketchUp, QiBuilder, QiHidrossanitário, QiElétrico e Eberick V10. Essa aplicação limita-se da elaboração dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico e não houve apego aos dados de detalhamento estrutural das instalações, ou seja, não foi demonstrado memorial de cálculos.

A Figura 12 apresentada a seguir pretende demonstrar as etapas realizadas para a prática do estudo.

Figura 12 – Fluxograma da metodologia do trabalho.



Fonte Autoral, 2018

O trabalho foi realizado pelo seguimento de cinco etapas a partir da introdução. Primeiramente, a revisão bibliográfica apresenta conceitos fundamentais para o entendimento do BIM. Após essa etapa, apresenta-se a metodologia de aplicação, que tem a pretensão de expor o processo utilizado para a execução a aplicação proposta. A terceira etapa é apresentar as características da obra proposta e dos projetos realizados. Por fim, será feita a compatibilização de todos os projetos apresentados, cada um, com uma análise particular de resultados.

Nessas etapas, todos os projetos apresentados e compatibilizados foram realizados pelo autor do deste trabalho, de forma que seja explícita a sua capacidade operacional com os processos BIM. Vale ressaltar, que é possível acessar todas as pranchas dos projetos realizados nos anexos deste trabalho.

4 APLICAÇÃO

4.1 Metodologia da aplicação

Segundo a INOVACOM (2017, p. 11) a compatibilização de projetos é parte fundamental na redução de erros. Essa metodologia apresentada é muito utilizada na segunda dimensão do BIM, mas pouco se fala da terceira dimensão. Por esse motivo, em forma de inovação, a aplicação realizada neste trabalho se utiliza da terceira dimensão (3D) do BIM, aonde o volume da edificação passa pela compatibilização.

Este estudo limita-se da criação dos projetos Arquitetônico, Estrutural, Elétrico e Hidrossanitário que supostamente seriam implementados em um lote, como forma de exemplificar a compatibilização de projetos na terceira dimensão do BIM. A elaboração dos demais projetos como Incêndio, Cabeamento estruturado, Telefonia, Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), foram excluídos desta aplicação por dois motivos. Primeiramente, por ser uma edificação comercial de pequeno porte, não é necessário por força de lei executar a totalidade dos projetos de construção civil. O segundo motivo é meramente pela complexidade do estudo. Portanto, fica a critério de próximos trabalhos a realização dos demais projetos.

Para a elaboração dos projetos Arquitetônico, Estrutural, Hidrossanitário e Elétrico são usadas as seguintes tecnologias: AutoCAD 2D, SketchUp, Eberick V10, QiBuilder, QiElétrico e QiHidrossanitário. Após a criação e a discriminação desses projetos, as incompatibilidades geradas são observadas pela utilização do *software* SketchUp, seguindo a metodologia sugerida para projetos 2D da INOVACOM. Primeiro, padronizar os projetos em um formato, neste caso, utilizou-se o arquivo IFC. Segundo, sobrepor os projetos, iniciando o processo pelo arquitetônico e o estrutural. Terceiro, suceder com as sobreposições com os projetos hidrossanitário e elétrico. Por fim, verificar as incompatibilidades e discutir possíveis soluções.

Os projetos, que podem ser analisados nos anexos deste trabalho, são apresentados de forma autoral e foram elaborados preservando a ideia de concepção individual, ou seja, não foram concebidos pensando nas necessidades de compatibilização. Com isso, foi possível aproximar essa aplicação da realidade, de modo que no cotidiano os projetos são elaborados por profissionais distintos.

As incompatibilidades geradas são apresentadas por tabelas. Nessas tabelas são apresentados os componentes analisados, as incompatibilidades encontradas e, por fim, as

propostas de modificação descritas simplificada, de modo que posteriormente sejam analisadas mais a fundo.

4.1.1 Discriminação da obra

O empreendimento para aplicação dos processos BIM está localizado em São Luís do Maranhão, na avenida Daniel de La Touche, no bairro Parque Shalon. Esse empreendimento está a menos de 200 metros da rotatória da avenida dos holandeses, próximo ao Banco do Brasil e a loja Açai no Ponto, nas coordenadas -2.490690, -44.239489 (GOOGLE MAPS, 2018).

A obra está em uma avenida privilegiada da cidade, existe uma intensa movimentação de veículos comerciais e passeio. Por esse motivo, o valor do metro quadrado nessa região tornou-se muito alto, inviabilizando para o empreiteiro a construção de área residencial. Dessa forma, optou-se por projetar uma edificação comercial. A figura 13 apresenta a visualização em três dimensões da localização

Figura 13 – Localização do empreendimento 3D

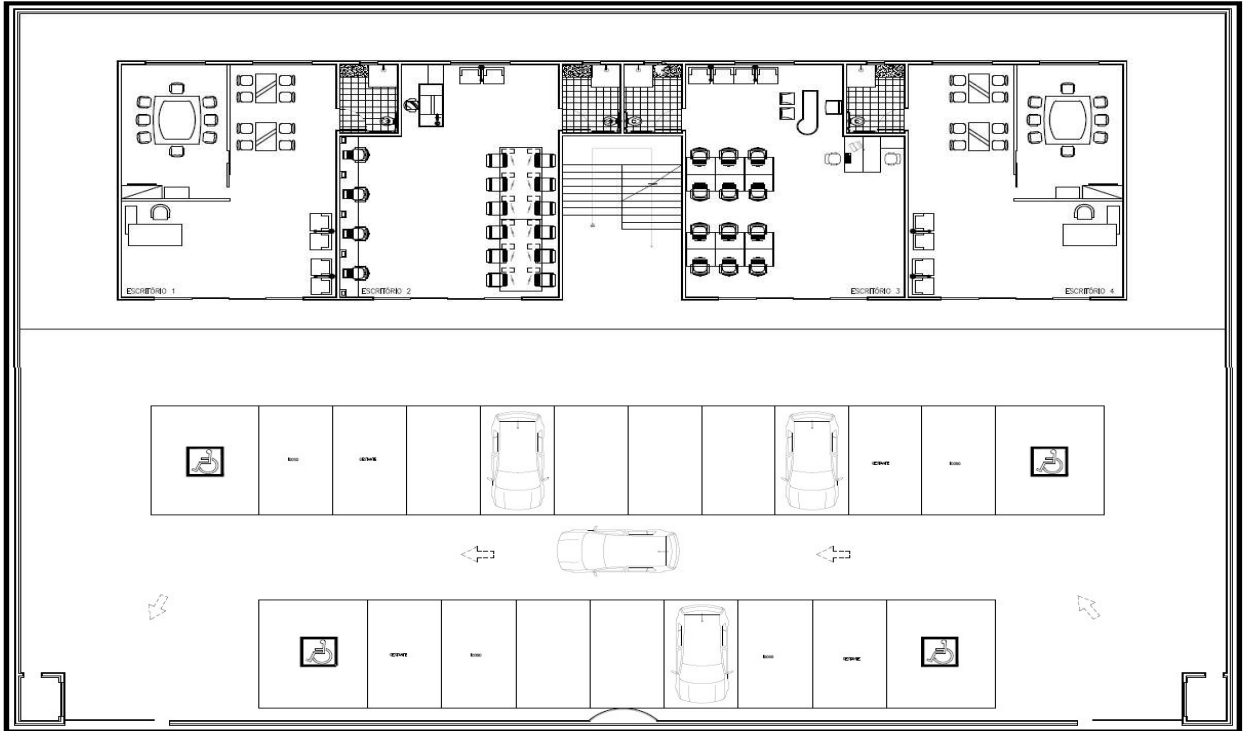


Fonte: Google Maps, 2018

O terreno é considerado padrão, com 41 metros de frente, comprimento paralelo à avenida Daniel de La Touche, e por 30 metros de fundo, ou seja, 1230 m² de área útil. Apesar deste terreno visivelmente ser irregular, nota-se que a terraplenagem será executada antes do início das obras, portanto, os projetos foram realizados considerando o terreno plano. Outra

comerciais. A figura 15 apresenta planta baixa arquitetônica do térreo com estacionamento, e por fim, a figura 16 apresenta a modelagem 3D da planta arquitetônica.

Figura 15 – Planta baixa térreo com estacionamento



Fonte: Autoral, 2018

Figura 16 – Modelagem 3D da edificação comercial no SketchUp



Fonte: Autoral, 2018

4.1.3 Discriminação do projeto estrutural

O projeto estrutural foi realizado através do *software* Eberick V10, seguindo as direções impostas pela arquitetura da edificação. Entretanto, nem sempre foi possível realizar o lançamento de pilares ou vigas conforme o expedido pela arquitetura. Com base nas características do terreno de 2 kgf/cm^2 , optou-se em lançar fundações diretas, com sapatas em concreto armado de resistência característica (F_{ck}) de 25 Mpa (C-25). As fundações não são uniformes, variam de dimensão conforme a carga aplicada. Por motivo de limitações do programa utilizado, as 12 lajes de piso e cobertura lançadas são maciças, possuindo 12 cm de espessura.

Os outros elementos estruturais, como pilares e vigas, foram projetados para ter sua execução *in loco*. As peças de concreto armado desses elementos possuem dimensões diversas e F_{ck} de 25 Mpa. Dessa forma, foram lançadas 12 vigas, dentre elas, 6 possuem dimensão $14 \times 70 \text{ cm}$, e as outras 6 vigas são $14 \times 50 \text{ cm}$.

Referente aos pilares, foram lançados 18, sendo 6 pilares $14 \times 30 \text{ cm}$, 4 pilares $20 \times 30 \text{ cm}$ e por fim, 8 pilares $20 \times 40 \text{ cm}$. A figura 17 demonstra a visualização do projeto estrutural em três dimensões.

Figura 17 – Modelagem 3D dos elementos estruturais



Fonte: Autoral, 2018

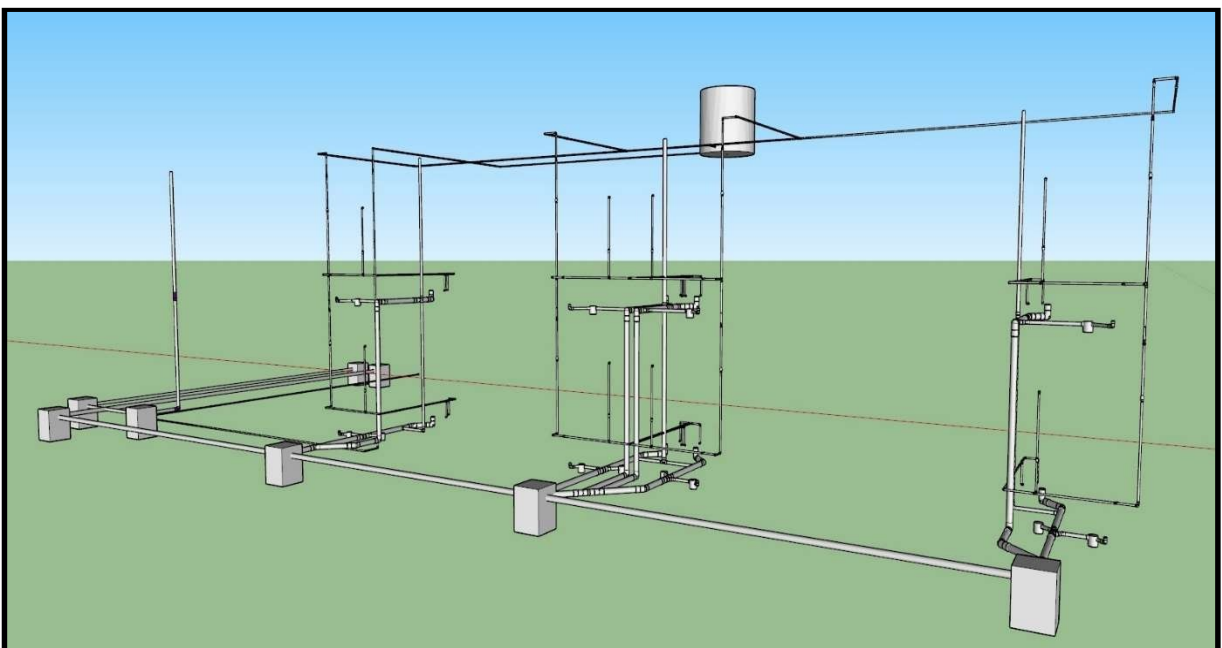
4.1.4 Discriminação do projeto hidrossanitário

O projeto hidrossanitário foi elaborado utilizando o *software* QiHidrossanitário, com base nas diretrizes da CAEMA, concessionária que faz o abastecimento de água e escoamento do esgoto de São Luís. No projeto, a caixa d'água é de fibra de vidro, com 2000L de volume, e é responsável pela armazenagem e distribuição de água na edificação por até 2 dias de desabastecimento. Vale ressaltar que a mesma está posicionada e apoiada na estrutura acima da escada. Não foi considerado a utilização de bombas, de forma que a pressão local de água se mostra suficiente para a elevação apresentada.

Por orientação comercial, não haverá hidrômetro individual em cada sala, por esse motivo, o condomínio da edificação fica responsável por todo o consumo, possuindo apenas um hidrômetro geral. Por fim, foi utilizado apenas sistema de água fria, com tubos e conexões de PVC rígido soldável com diâmetro de 25 mm.

Na localização do projeto existe sistema de escoamento de esgoto. Dessa forma, não foi necessário a elaboração de fossas sépticas ou sumidouros, de modo que todo o esgoto escoo pelas tubulações da concessionária local. Entretanto, foi projetado caixas de inspeção para esgoto e água pluvial, seguindo as orientações da NBR. Portanto, água pluvial será conduzida para o sistema de drenagem pluvial da cidade, enquanto o esgoto será encaminhado para a tubulação de esgoto. A figura 18 apresenta o projeto hidrossanitário em 3 dimensões.

Figura 18 – Modelagem 3D dos elementos hidrossanitários



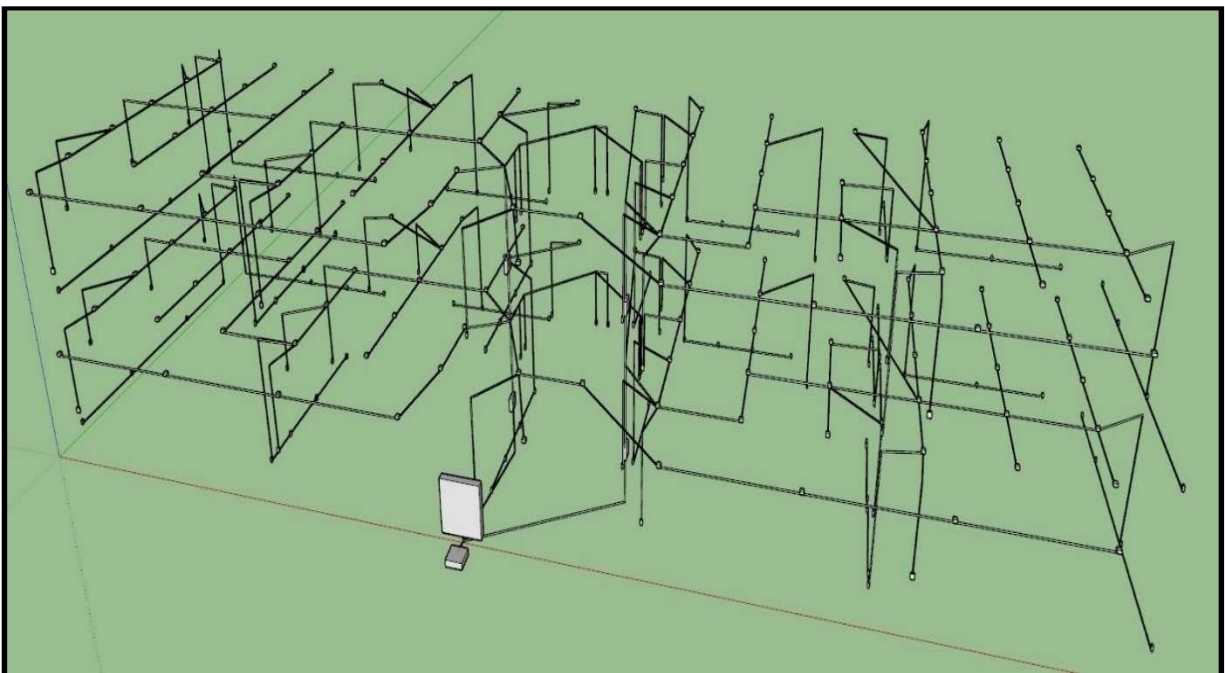
4.1.5 Discriminação do projeto elétrico

O projeto elétrico atendeu apenas as áreas internas da edificação, excluindo os pontos iluminação e de força do estacionamento e da guarita. Na a edificação, a alimentação será feita com cabeamento subterrâneo até a caixa de entrada, que se distribui a um quadro de medição para cada sala e um quadro de distribuição geral, aonde encontram-se na entrada frontal. A partir desse quadro, foram elaborados outros quatro quadros de distribuição, tradando-se de dois no pavimento térreo e dois no pavimento superior.

O lançamento dos pontos de iluminação foi baseado no método dos lumens, distribuindo dessa maneira, lâmpadas de LED, com potência variando entre 20 e 60 watts, por toda a edificação comercial. Os eletrodutos utilizados foram de PVC flexível do tipo leve.

Por fim, a distribuição de tomadas e pontos de força foram realizados pensando nas necessidades comerciais da edificação, ou seja, cada sala possui 3 tomadas altas com potência específica de 2128 watts, para ar-condicionado, 11 tomadas baixas com potência comum e 3 tomadas médias. A potência total instalada foi distribuída em dois quadros de demanda, o primeiro QD1 com 18.31 kVA e o segundo com 17.08 kVA. Portanto, sendo necessário um circuito de fornecimento trifásico da distribuidora de energia local. A figura 19 demonstra a modelagem 3D do projeto elétrico.

Figura 19 – Modelagem 3D dos elementos elétricos



4.2 Compatibilização de projetos

4.2.1 Compatibilização do projeto arquitetônico e estrutural

Para realizar a compatibilização desses projetos, primeiramente, eles foram unificados na plataforma de compatibilização. O projeto arquitetônico, foi importado do AutoCAD em DWG, para aonde foi modelado, no SketchUp. Por outro lado, o projeto estrutural, foi diretamente importado do Eberick V10 em IFC para o SketchUp. As informações desnecessárias em ambos os projetos foram apagadas, como cotas e hachuras. Além disso, os projetos foram escalonados para que possuam máxima precisão.

A partir da unificação da plataforma, os projetos foram sobrepostos, afim de encontrar as incompatibilidades. Para facilitar esse processo, esta compatibilização foi dividida em dois pavimentos, térreo, superior e cobertura. A figura 20 apresenta a compatibilização do projeto arquitetônico com o estrutural.

Figura 20 – Compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural



Fonte: Autoral, 2018

- Incompatibilidades

A tabela 4, 5 e 6 apresentam os resultados observados da compatibilização dos projetos no pavimento térreo, superior e cobertura, respectivamente. A cada coluna será apresentado o elemento analisado, a incompatibilidade, e a proposta de modificação. Vale ressaltar, que as especificações de todos os projetos, como numeração de vigas e pilares podem ser encontradas nos anexos deste trabalho.

Tabela 4 – Resultados da compatibilização térreo

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
P2, P5, P8, P9, P10, P11, P13, P14, P15, P16, P18 e P17.	Extravasam na arquitetura do ambiente.	Aumentar o pilar em outra dimensão ou o revestimento da parede.
V05 e V10.	Diminui o pé direito da edificação.	Aumentar a largura da viga ou abaixamento do forro.

Fonte: Autoral, 2018

Tabela 5 – Resultados da compatibilização superior

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
P2, P5, P8, P9, P10, P11, P13, P14, P15, P16, P18 e P17.	Extravasam na arquitetura do ambiente.	Aumentar o pilar em outra dimensão ou o revestimento da parede.
V05 e V10.	Diminui o pé direito da edificação.	

Fonte: Autoral, 2018

Tabela 6 – Resultados da compatibilização cobertura

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
Não foi encontrado incompatibilidade neste pavimento.	-	-

Fonte: Autoral, 2018

4.2.2 Compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário

O mesmo procedimento de compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural é empregado com o formato IFC do projeto hidrossanitário. Dessa forma, o novo modelo obtido se dá pela importação do arquivo IFC do projeto hidrossanitário para o modelo gerado no SketchUp, aonde existirá a sobreposição dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário, como é indicado na figura 21.

Figura 21 – Compatibilização do projeto hidrossanitário aos demais



Fonte: Autoral, 2018

- Incompatibilidades

O mesmo procedimento é tomado, a tabela 7 apresenta os resultados do pavimento térreo, enquanto a tabela 8 os resultados da compatibilização do pavimento superior e a tabela 9 a do pavimento cobertura. A cada coluna é apresentado o elemento analisado, a incompatibilidade, e a proposta de modificação.

Tabela 7 – Resultados da compatibilização térreo

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
AF-1, AF-2, AF-3 e AF-4	Coincidem no prumo do P2, P3, P4 e P5, respectivamente.	Modificar posição da prumada de água fria.
CE	Fora do perímetro do terreno	Diminuir comprimento
Tubos de Esgoto, AP-1 e AL-1	Atravessam a V1.	Utilizar forma personalizada.

Fonte: Autoral, 2018

Tabela 8 – Resultados da compatibilização superior

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
AF-1, AF-2, AF-3 e AF-4	Coincidem no prumo do P2, P3, P4 e P5, respectivamente.	Modificar posição da prumada de água fria.
CV-2 e CV-4, CV-3 e CV-1	Atravessam a L7, L8 e L2, respectivamente.	Utilizar forma personalizada e unificar tubos.
AL-1	Atravessa a L8.	Utilizar forma personalizada.
AP-1	Atravessa a L11.	Utilizar forma personalizada.

Fonte: Autoral, 2018

Tabela 9 – Resultados da compatibilização cobertura

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
Caixa D'água	Coincide com a L5.	Elevar em 12 cm.
Tubos de Alimentação	Coincide com a L5, L9 e L8.	Elevar em 12 cm.
CV-1, CV-2, CV-3 e CV-4	Coincide com a L2, L7 e L8.	Elevar saída.
AL-1, AF-1, AF-2, AF-3 e AF-4	Coincide com a L2, L7, L8 e L9.	Elevar Conexão.
AP-1	Coincide com a L11.	Elevar tomada.

Fonte: Autoral, 2018

4.2.3 Compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico

A figura 22 apresenta o último projeto a ser compatibilizado, o projeto elétrico. Esse projeto foi importado do QiElétrico diretamente em IFC para a plataforma do SketchUp. Nesta

etapa, finaliza-se a sobreposição de projetos, de forma que o projeto elétrico esteja sobreposto aos demais. Com isso os resultados encontrados são definitivos para avaliação final.

Figura 22 – Compatibilização do projeto elétrico aos demais



Fonte: Autoral, 2018

- Incompatibilidades

Segundo os procedimentos citados, a tabela 10 apresenta os resultados do pavimento térreo e a tabela 11 os resultados da compatibilização do pavimento superior e a tabela 12 os resultados do pavimento cobertura.

As informações colhidas são distribuídas em componente analisado, tipo de incompatibilidade e proposta de mudança.

Tabela 10 – Resultados da compatibilização térreo (continua)

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
Eletrodutos	Atravessam o P15, P16, P18, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11 e V12.	Forma personalizada

Fonte: Autoral, 2018

Tabela 10 – Resultados da compatibilização térreo (continuação)

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
QM1	Coincide com P10 e extravasa da parede	Modificar posição
Eletroduto	Atravessa a porta do banheiro	Mudar descida

Fonte: Autoral, 2018

Tabela 11 – Resultados da compatibilização superior

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
Eletrodutos.	Atravessam o P15, P16, P18, V2, V3, V4, V6, V5, V7, V8, V9, V10, V11 e V12.	Forma personalizada.

Fonte: Autoral, 2018

Tabela 12 – Resultados da compatibilização cobertura

COMPONENTE	INCOMPATIBILIDADE	PROPOSTA
Não foi encontrado incompatibilidade neste pavimento.	-	-

Fonte: Autoral, 2018

Essa última análise entre os projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico encerra o processo de compatibilização. Nesse momento é crucial detalhar os resultados obtidos, dessa forma, é possível obter um entendimento melhor do processo, assim é possível usufruir, ainda mais, dos benefícios da compatibilização. O tópico seguinte apresenta os detalhes dos resultados obtidos.

4.3 Análise de resultados

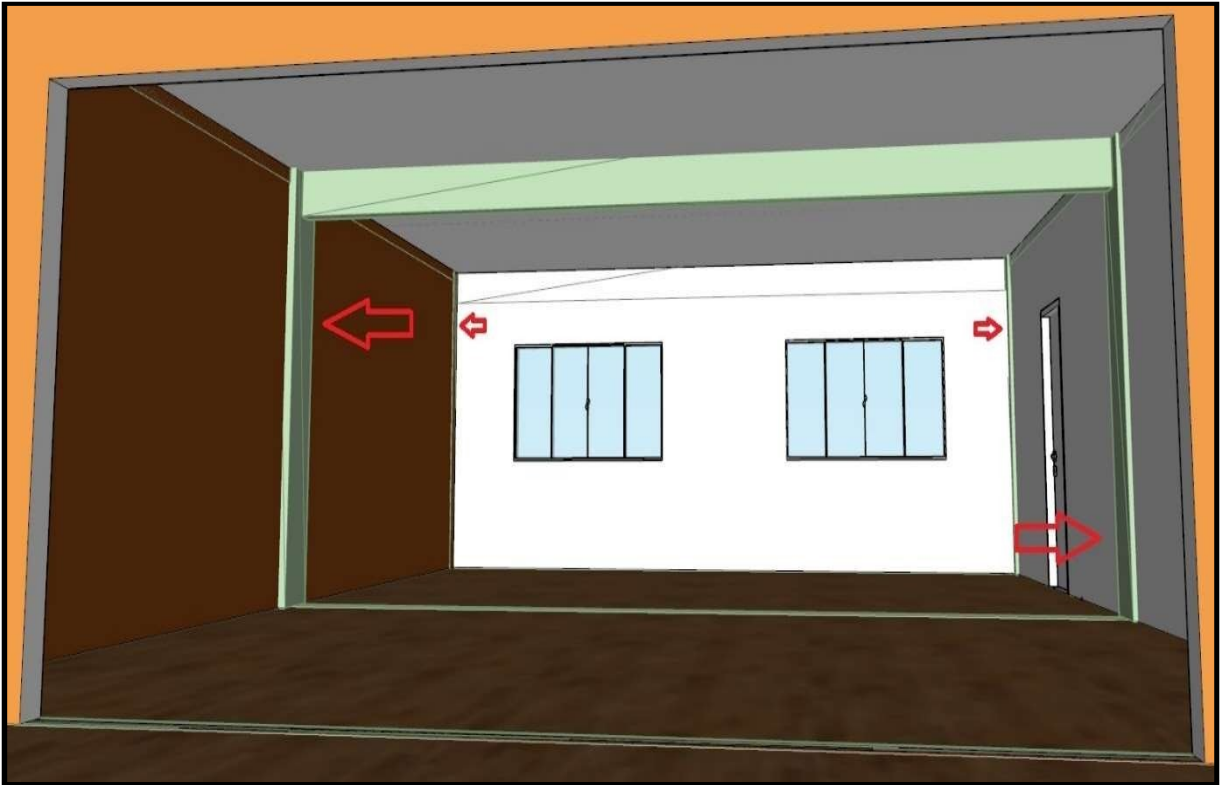
4.3.1 Projeto arquitetônico e estrutural

A compatibilização entre os projetos estrutural e arquitetônico apresenta muitos pontos de incompatibilidade, principalmente pelo fator do tamanho da peça de concreto. O pavimento térreo e o superior possuem os mesmos pontos de incompatibilidade da estrutura

com a arquitetura da edificação. Por outro lado, o pavimento cobertura não apresenta nenhum problema de compatibilização com a arquitetura.

Primeiramente, os pilares P2, P5, P8, P9, P10, P11, P13, P14, P15, P16, P18 e P17 estão parcialmente fora da dimensão da parede, conforme representado na figura 23.

Figura 23 – Pilares incompatíveis a arquitetura



Fonte: Autoral, 2018

As alternativas propostas para essas incompatibilidades dos pilares são: aumentar a dimensão oposta ao extravaso ou inserir uma camada maior de revestimento na parede. A primeira alternativa somente é adotada quando se percebe um efeito considerável de diminuição de momentos fletores, o que raramente se obtém. A segunda alternativa se apresenta como a melhor opção, o responsável pela execução da obra possui vários métodos para modificar a espessura da parede. Modificar a dimensão da alvenaria, aumentar a quantidade de reboco, massa corrida, enfim, o revestimento. Portanto, com a previsão dessas incompatibilidades o empreiteiro tem alternativas para evitar desperdício e insatisfação do cliente.

A segunda incompatibilidade observada é que as vigas V05 e V10 possuem tamanho o suficiente para alterar a altura do pé direito da edificação, além de empobrecer a arquitetura sugerida, como representado pela figura 24.

Figura 24 – Vigas incompatíveis a arquitetura



Fonte: Autorial, 2018

Para solucionar as incompatibilidades das vigas são apresentadas as alternativas: aumentar a largura da viga, utilização de vigas protendidas, adicionar pilares centrais ou acrescentar o forro. O acréscimo na largura da viga é tão ineficaz quanto ao do pilar citado anteriormente, tendo em vista que a largura da viga não favorece a inércia tanto quanto o comprimento, portanto, essa opção somente será aplicada quando apresentar o efeito necessário e substancial de diminuição de momentos fletores.

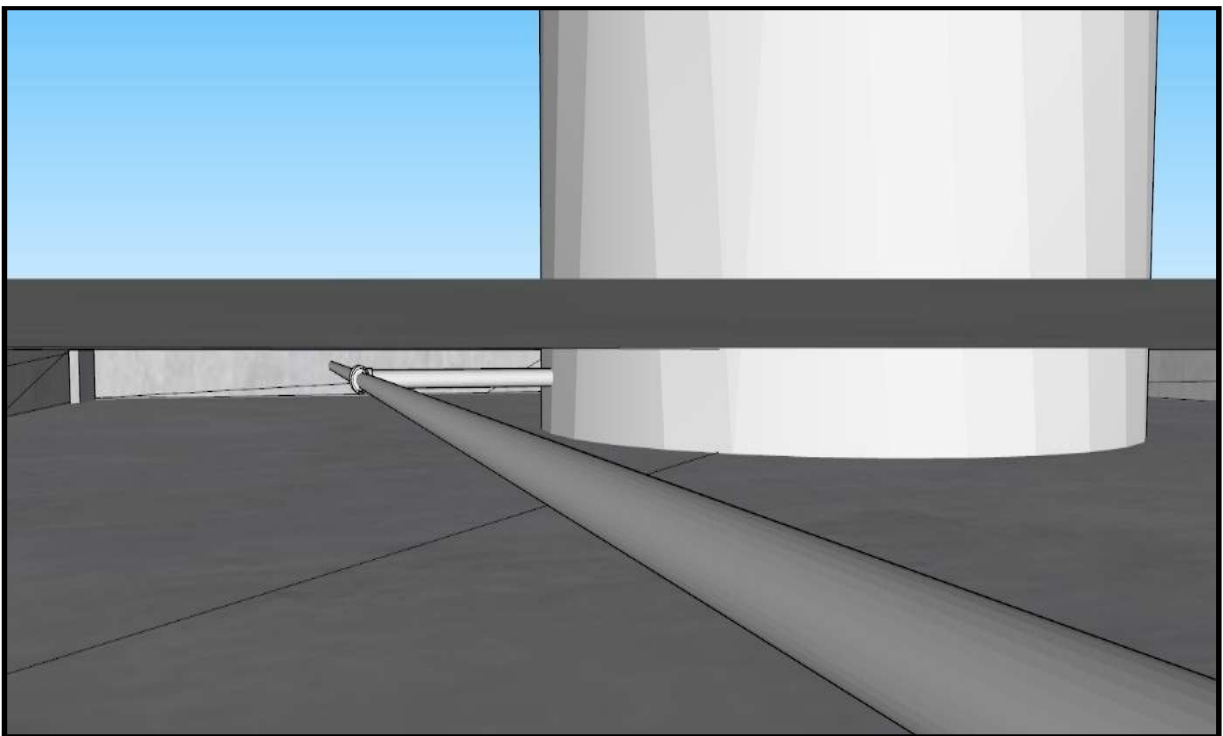
A utilização da protensão nesse tipo de estrutura tem se tornado usual, portanto, essa alternativa, apesar de possuir valor elevado, pode ser utilizada nessa edificação. Outra solução é o acréscimo de pilares centrais. Com o emprego dessa alternativa, os esforços são distribuídos, levando a diminuição da altura da viga. Entretanto, por motivo arquitetônico torna-se praticamente inviável lançar um pilar no meio de uma sala comercial. Por fim, é sugerido um acréscimo do forro. Mesmo que essa alternativa diminua o pé direito da edificação, ela pode ser a menos custosa para o consumidor final.

4.3.2 Projeto arquitetônico, estrutural e hidrossanitário

Tendo em vista a análise dos resultados dos projetos arquitetônico e estrutural finalizada, é acrescentado o projeto hidrossanitário. A análise dos resultados da compatibilização desse novo projeto é feita a partir da cobertura, depois o pavimento superior e por fim o pavimento térreo.

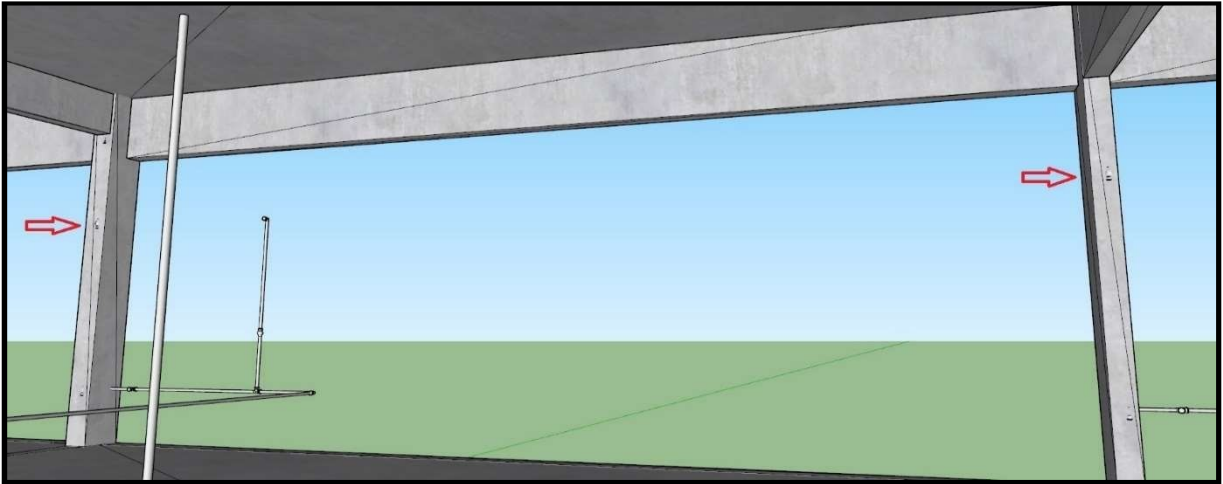
O resultado da compatibilização dos projetos ao hidrossanitário apresenta graves erros de projeto. Primeiramente, no pavimento cobertura, o projetista ao lançar a estrutura hidrossanitária não se atentou a espessura de 12 cm de laje, utilizando-se apenas do pé direito arquitetônico. Por esse motivo, toda a estrutura apresentou erros de altura indesejada. A figura 25 demonstra que caixa d'água e a tubulação de água estão atravessando lajes e vigas por esse motivo. Portanto, para não existir problemas no cálculo da pressão de água, ou de execução, as tomadas de água, tubulações, conexões e colunas devem ser acrescidas de 12 cm.

Figura 25 – Altura irregular de lançamento



Fonte: Autoral, 2018

No pavimento superior, são observados outros tipos de problemas. As colunas de água fria AF-1, AF-2, AF-3 e AF-4 coincidentemente apresentam-se no mesmo prumo dos pilares P2, P3, P4 e P5, respectivamente. Na figura 26 é possível visualizar esta incompatibilidade. Este problema pode ser considerado como um dos mais indesejados na construção. Primeiro, é impraticável utilizar-se do pilar para descidas de tubulações por afetar no cálculo da estrutura. Segundo, é muito difícil executar manutenções em tubulações concretadas. Dessa maneira, a solução adequada é a mudança da localidade das descidas de água fria. É preferível que as tubulações atravessassem vigas do que os pilares.

Figura 26 – Tubos em pilares

Fonte: Autoral, 2018

Além das colunas de água fria, os tubos de ventilação, alimentação e esgoto pluvial atravessam lajes da estrutura. Este não é considerável um problema crítico e existem várias soluções práticas para ele. A primeira solução é moldar as lajes de maneira a esperar pela passagem da tubulação. Outra solução é criar um *shaft* para que todas as tubulações passem sem interferência estrutural. A figura 27 apresenta essas incompatibilidades.

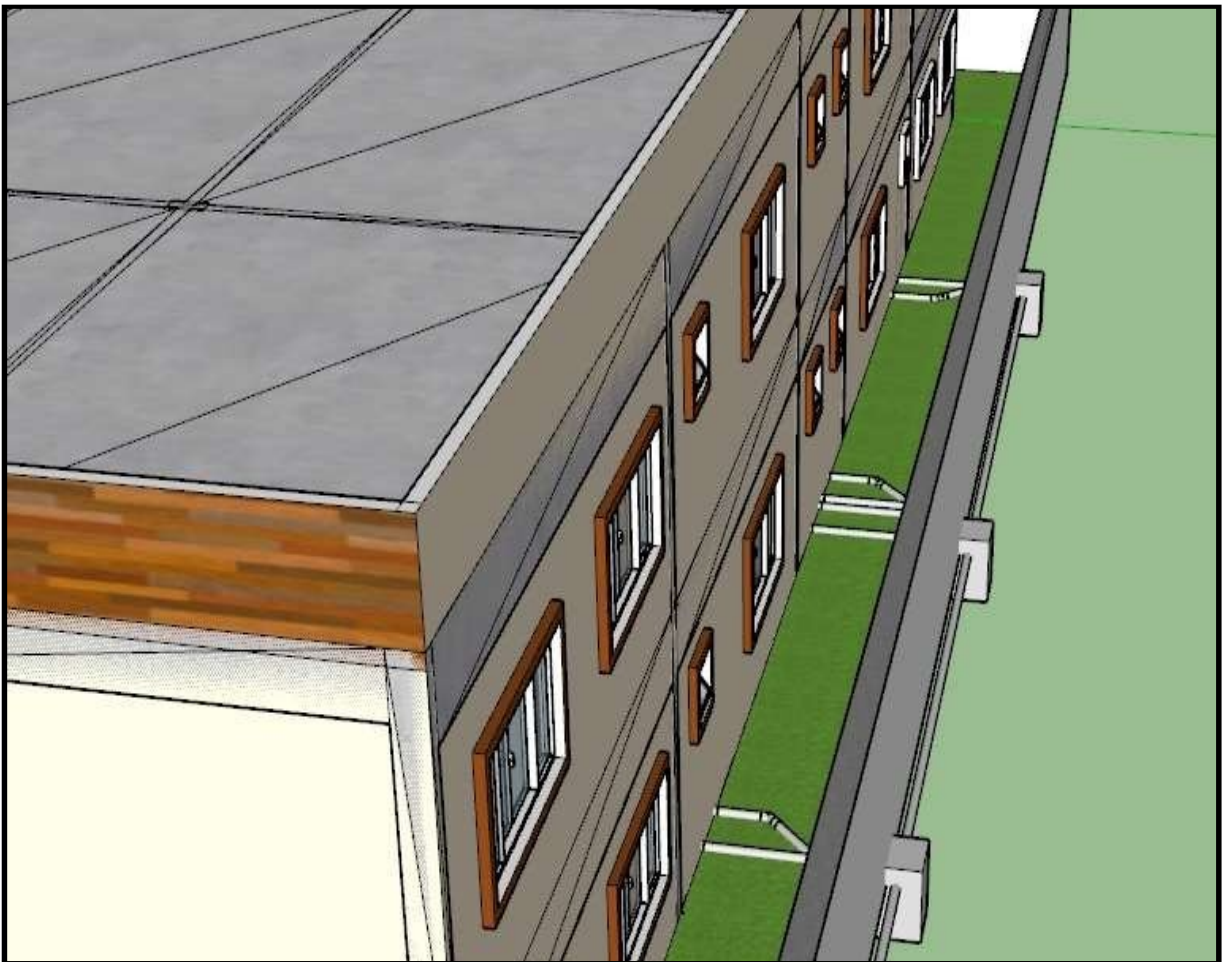
Figura 27 – Tubos atravessando lajes

Fonte: Autoral, 2018

Por fim, o último pavimento a ser analisado é o térreo. Da mesma forma discutida anteriormente, as colunas de água fria coincidem com o prumo dos pilares, vale ressaltar as mesmas medidas tomadas anteriormente podem ser utilizadas para esse pavimento. Entretanto,

percebe-se dois problemas divergentes dos demais pavimentos. O primeiro se refere ao limite da construção. As caixas de esgoto lançadas ultrapassam o perímetro do terreno, o que se configura como um erro grave. Por esse motivo, as tubulações de esgoto devem ser diminuídas em seu comprimento a fim de posicionar as caixas de esgoto dentro dos limites do terreno. A figura 28 demonstra esse conflito.

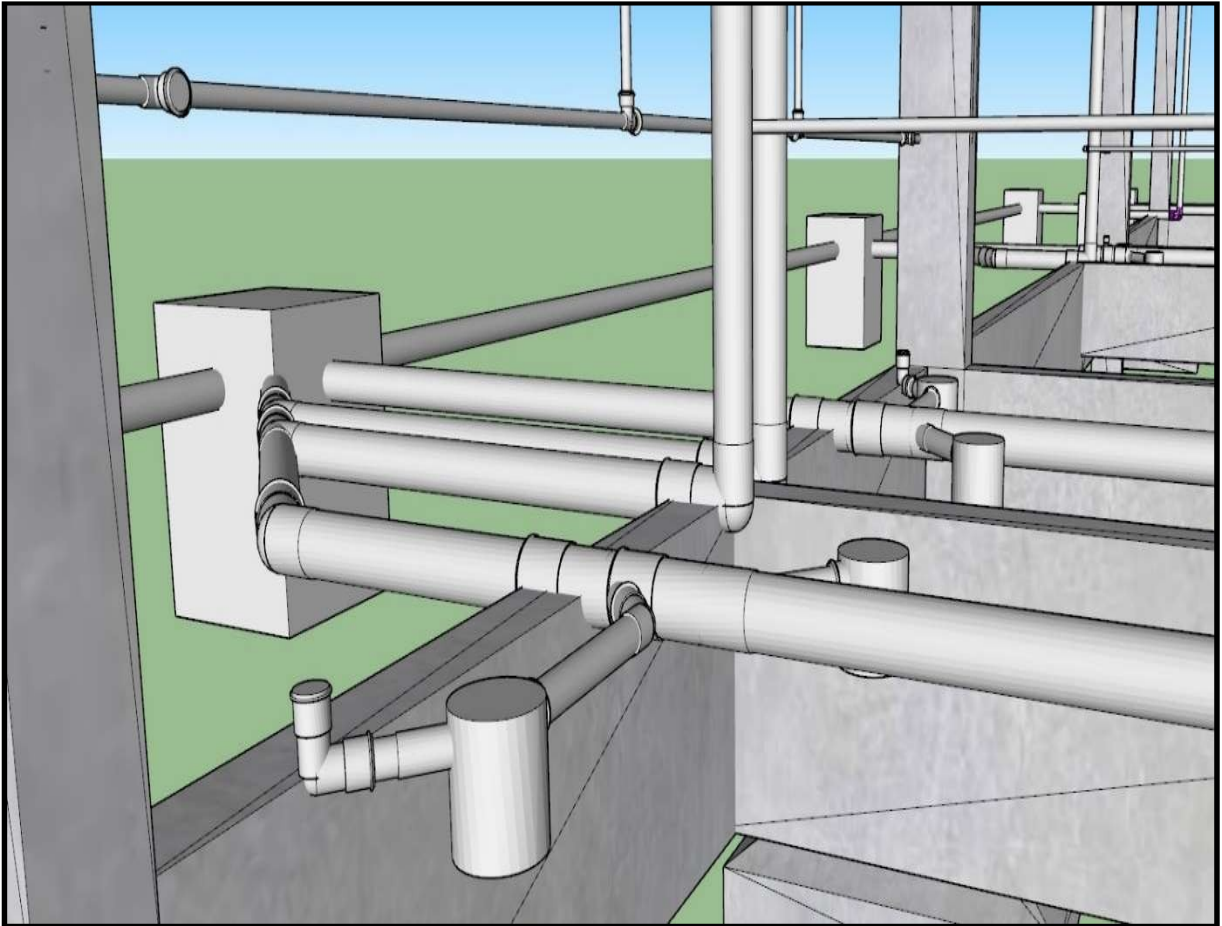
Figura 28 – Caixas de visita e esgoto fora do perímetro limite do terreno



Fonte: Autoral, 2018

O segundo e último conflito encontrado nesse pavimento são as incompatibilidades entre os tubos de esgoto do banheiro, colunas de água pluvial e alimentação da edificação com a viga de fundação V1, como apresentado pela figura 29. Os tubos e as colunas atravessam a extremidade da viga, o que pode causar problemas estruturais. As soluções possíveis são, calcular a estrutura pensando em tais orifícios de passagem ou modificar a posição dos tubos. Para modificar a posição desses tubos seria necessário acrescentar um piso mais elevado que o usual.

Figura 29 – Tubos atravessando vigas



Fonte: Autoral, 2018

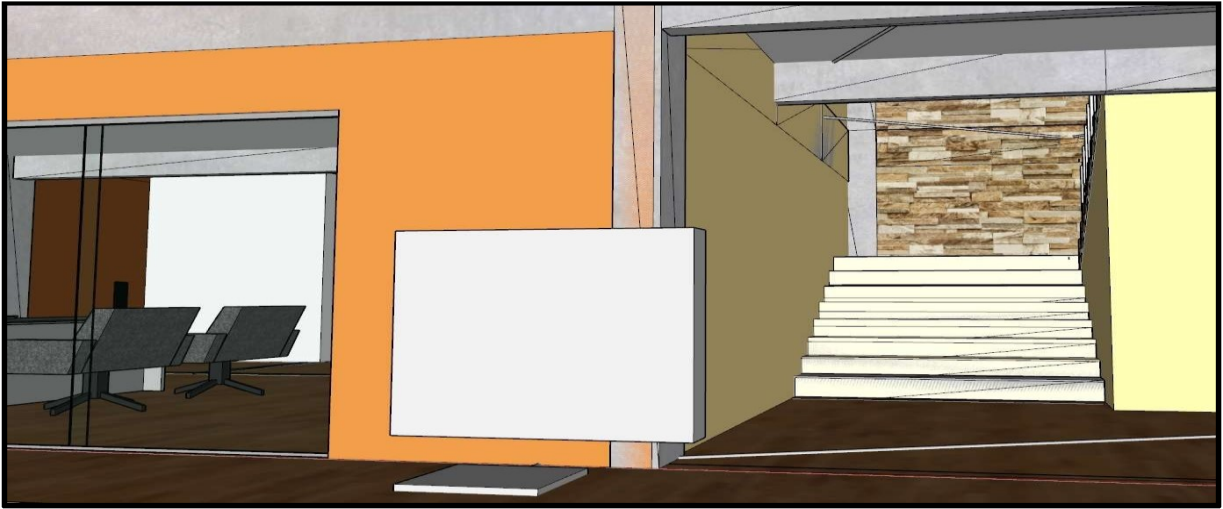
4.3.3 Projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico

Finalizando o processo de compatibilização foi adicionado o projeto elétrico aos demais, de forma que se tenha a compatibilização final de todos os projetos. Para analisar os resultados dessa compatibilização o processo foi dividido em pavimento térreo e superior.

A primeira incompatibilidade do pavimento térreo é o quadro de distribuição 1 (QM1). Esse quadro está locado de forma a impossibilitar a construção do pilar 10 (P10), uma interferência gritante, além de danificar a arquitetura da fachada do edifício, como demonstra a figura 30.

A solução para este problema é simples, modificar a posição do QM1. É sugerido que esse quadro seja transportado para a parede de alvenaria abaixo da escada e viga 11 (V11). Desse modo, o quadro ficará consideravelmente menos aparente, além disso, não afetará na execução do pilar em questão P10.

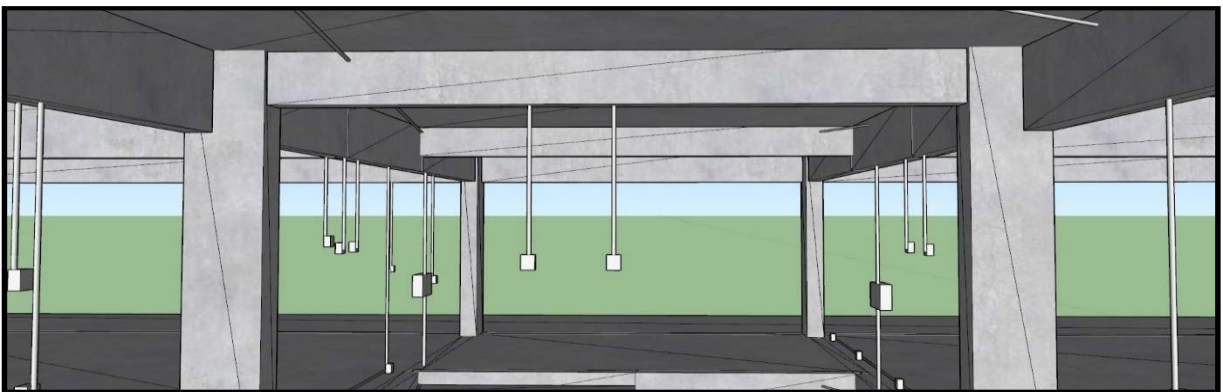
Figura 30 – Quadro de medição em conflito com a arquitetura e estrutura de concreto



Fonte: Autoral, 2018

As outras incompatibilidades do pavimento térreo e superior se resumem a passagem de eletrodutos por estruturas de concreto. É observado que os eletrodutos passam pelos pilares P15, P16, P18, e pelas vigas V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11 e V12, exemplificado pela figura 31. A melhor forma de solucionar esta incompatibilidade é unificar os eletrodutos e utilizar formas recalculadas. Para unificar os eletrodutos será necessário observar as descidas, ao invés de acrescentar descidas para cada ponto, utiliza-se apenas uma descida para distribuição dos eletrodutos. Vale lembrar que não é aconselhado passar eletrodutos por pilares. Nos casos em que há ocorrência, opta-se pela mudança da localização dos eletrodutos. Por fim, nenhuma passagem pode ser executada sem cálculo prévio estrutural. Dessa forma, todas os furos devem ser projetados e analisados.

Figura 31 – Eletrodutos atravessando pilares e vigas



Fonte: Autoral, 2018

5 CONCLUSÃO

Sabe-se que o momento atual da construção civil no Brasil não é favorável para o crescimento dessa indústria. A temática de crise faz com que os engenheiros, construtores e incorporadores tenham que buscar meios para serem mais produtivos e eficazes, principalmente na fase de projetos, a qual é ponto crítico na redução de custos. O BIM se apresenta como uma alternativa para enfrentar esses desafios. Por esse motivo, o presente trabalho, como um todo, veio a definir e aplicar as características do BIM na compatibilização de projetos.

Foi a partir da criação individualizada, ou seja, sem interação interdisciplinar, dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico e hidrossanitário que a aplicação dos conceitos BIM se iniciara. De forma seguinte, as incompatibilidades observadas nos projetos foram geradas por um modelo de compatibilização, tal qual, poderiam ser modificadas sem dificuldades, evitando que problemas na execução, diminuindo o custo da obra e impactos ambientais.

A utilização de uma plataforma 3D para a identificação de inconformidades se apresentou eficaz. A visão dinâmica do *software* SketchUp facilitou ainda mais o processo, apontando os erros nos mais diversos ângulos.

Após a fase de compatibilização visual, foram apresentadas as tabelas que continham as incompatibilidades geradas. Essas tabelas foram compostas por elemento, componente e propostas de modificação. Ainda vale propor, que essas tabelas possam ser substituídas por janelas colaborativas de troca de informação, com o uso do BIM, o que futuramente possa ser usado em um escritório de projetos.

Para concluir, a aplicação realizada através da compatibilização de projetos, demonstrou que quando os projetos são realizados isoladamente e por profissionais distintos, muito provavelmente serão geradas incompatibilidades que prejudicam a construção civil. Dessa forma, após realizar a análise dos resultados desse processo, percebeu-se a importância da utilização do BIM para compatibilização de projetos, tendo em vista que, caso esses projetos fossem executados sem tais modificações, diversas interferências iriam ocorrer na execução desta obra, fomentando o retrabalho e a perda de produtividade. Resumidamente, a utilização do BIM para a compatibilização de projetos representa um novo meio para se projetar, tornando-se mais econômico e eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTOQI. **A solução para projetos estrutural e de instalações**, 2018. Disponível em: <<http://www.altoqi.com.br/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- ÁVILA, M. V. **Compatibilização de projetos na construção civil estudo de casa em um edifício residencial multifamiliar**. 2011. Dissertação (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- BUILDINGSMART. **IFC introduction**, 2018. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>>. Acesso em: 1 abr. 2018.
- CALVERT, N. **Why we care about BIM**. 2013. Disponível em: <<https://www.directionsmag.com/article/1486>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA E CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM: Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**. 1. ed. Brasília: CBIC, 2016.
- CHEN, H.; Hou, C. **Multi-disciplinary design collaboration for developing a BIM model using hybrid client-server and p2p network model**. Departamento de Construção e Engenharia, Taiwan, v. 1, n. 1, p. 1-6.
- CROTTY, R. **The impact of building information modeling: transforming construction**. 2. ed. Nova Iorque: SPON Press, 2012.
- EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FERREIRA, J. B. P. **Análise do cenário de implementação do BIM em obras e projetos de arquitetura, engenharia, construção e operação no governo brasileiro e estrangeiro**. 2017. Dissertação (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- LEITE, E. F. W. **BIM - um salto na engenharia de projetos**. 2016. Disponível em: <<http://blogengenhariadeprojetos.blogspot.com/2016/11/bim-um-salto-na-engenharia-de-projetos.html>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- MASOTTI, L. F. C. **Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil**. 2014. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MENEZES, G. L. B. B. **Breve histórico de implantação da plataforma BIM.** *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v. 18, n. 22, p. 153-171, 2011.

MIKALDO JÚNIOR, J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI.** 2006. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

MIKALDO JÚNIOR, J.; SCHEER, S. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução?** *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 3, n. 1, p. 79-99, 2008.

PAIVA, D. C. S. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora.** 2016. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

PAYMNTS. **Bank Of America finds 36 percent of US adults use P2P payment apps**, 2017. Disponível em: <<https://www.pymnts.com/news/payment-methods/2017/bank-of-america-finds-36-percent-of-u-s-adults-uses-p2p-payment-apps/>>. Acesso em: 5 abr. 2018.

PEREIRA, A. B. M. **Introdução ao BIM e a utilização do software Revit nos projetos de instalações prediais de uma edificação.** 2016. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília/DF.

POMPERMAIER, P; ROSSI, P. P. **Adequação projetual: compatibilização de projetos de uma residência unifamiliar.** 2015. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

PROGRAMA DE INOVAÇÃO E MEHORIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO CEARÁ. **Melhores Práticas.** 1. ed. Fortaleza: INOVACOM, 2017.

SISTEMA AVANÇADO PARA ESTUDOS E PROJETOS VIÁRIOS. **Breve histórico do BIM**, 2017. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/saepr/saepr-2/conheca-o-projeto/breve-historico-do-bim/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

SOUZA, F. J. **Compatibilização de projeto em edifício de múltiplos andares – Estudo de caso estrutural.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife.

TAVARES JUNIOR, W. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte.** 2001. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TOTALCAD. **SketchUp Pro é o software BIM 3D mais utilizado no mundo**, 2018. Disponível em: <<https://totalcad.com.br/sketchup/>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

ANEXO