



FAEX - FACULDADE DE EXTREMA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ÁLVARO RICARDO SAEZ ESTEVES JÚNIOR

**Compatibilidade de Projeto de Engenharia Civil
empregando o Conceito de BIM e Realidade Virtual**

EXTREMA 2018

ÁLVARO RICARDO SAEZ ESTEVES JÚNIOR

**Compatibilidade de Projeto de Engenharia Civil
empregando o Conceito de BIM e Realidade Virtual**

Trabalho de conclusão do curso apresentado à Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema como pré-requisito para obtenção parcial de Graduação de Engenharia Civil sob orientação do Prof^a. (a) Mariana Junqueira Paduan.

Orientador: Mariana Junqueira Paduan.

EXTREMA

2018

*“Dedico este trabalho a minha querida
mãe que sempre foi a fundação de toda
minha estrutura...”*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha estimada família, em especial a minha mãe Joanina da Veiga e Souza, pela paciência de aguentar todos os anos ao meu lado; etapa por etapa, querendo sempre o meu bem. Agradeço o meu irmão Juliano e meus grandes sobrinhos Vitor e Vinicius; e ao meu Tio Josmar que sempre esteve ao meu lado durante toda minha jornada de graduação.

À Ariane minha grande amiga; Adriana, Geovandres, Naelyn e Rafael Vieira, caros amigos de faculdade; que mesmo em constantes brigas e desespero com as aulas, estivemos sempre apoiando um ao outro para poder superarmos as etapas difíceis do curso.

Aos meus amigos e amigas Arthur, Gabriela, Geicy, Millie, Natiely, Raíssa, Sarah, Vinicius e Willian agradeço a força de sempre; pois nunca pararam de acreditar que meus esforços valeriam a pena.

Aos meus amigos de profissão; à Cláudia Cunha pela oportunidade de começar o meu ramo profissional em seu escritório; ao Engenheiro Phelipe Carneiro e Engenheiro Dr. Wlamir Oliveira que sempre compartilharam conhecimentos e experiências comigo.

Por fim, agradeço minha orientadora, Mariana Junqueira, que muito me ajudou nessa grande etapa para a conclusão do curso; me indicando as melhores decisões.

*“Não é o mais forte ou mais inteligente que
sobrevive, mas sim o que consegue
lidar melhor com a mudança.”*

Leon C. Megginson

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar o conceito de compatibilidade entre projetos de engenharia civil, através do uso da tecnologia BIM. Essa tecnologia vem revolucionando todo o sistema de arquitetura, engenharia e construção civil (AEC). E está se tornando fundamental no Brasil, inclusive com o decreto da federação brasileira datado de 2018, a partir do ano de 2021, todas as obras públicas deverão obrigatoriamente utilizar o sistema BIM. Esse projeto foi desenvolvido basicamente em três etapas distintas: pesquisa de mercado; revisão dos conceitos abordados e estudo de caso. É importante ressaltar que o uso adequado da ferramenta BIM é de suma importância para se obter bons resultados. Para tal, segue-se uma ordem: criação dos projetos arquitetônico e complementares (estrutural, hidráulico, elétrico, entre outros) em BIM, exportação desses arquivos em IFC ou DWF (linguagens cooperativas) e análises da compatibilidade desses projetos em software específico. A compatibilidade permite a verificação de possíveis interferências entre projetos e, através do BIM, a facilidade de comunicação entre os projetistas para eliminação destas interferências, ou seja, é possível identificar prováveis erros em uma obra, antes mesmo do início de sua execução, o que traz custo benefícios tanto para o investidor, como para a equipe responsável pelo projeto. Ademais, outra ferramenta pode ser acoplada à essa tecnologia BIM - a Realidade Virtual. Trata-se da criação dos projetos em formato renderizado 360º, os quais são visualizados através de um óculos específico. A realidade virtual permite a visualização de toda a obra com riqueza de detalhes em todos os seus ambientes. Essa tecnologia, não apenas é uma ferramenta de apoio aos envolvidos no processo da construção, como também é uma grande aliada para “encantar” o cliente; uma vez que o mesmo pode estar “dentro” de sua edificação, quando essa ainda é apenas um desejo seu. Logo, compatibilizar projetos usando a tecnologia BIM gera uma gama de oportunidades para todos os envolvidos no processo da construção civil, seja esse o cliente ou os profissionais responsáveis pelos projetos. Por fim, esse projeto apresenta um estudo de caso que refere-se à criação de Centro Cultural na cidade de Cambuí/MG, utilizando em sua totalidade as ferramentas BIM e a Realidade Virtual Abrangendo todos os aspectos previamente descritos.

Palavras-chaves: BIM, Compatibilização, Realidade Virtual.

ABSTRACT

The present work aims to present the concept of compatibility between civil engineering projects, through the use of BIM technology. This technology has been re-revolutionizing the entire architecture, engineering and civil construction (AEC) system. And it is becoming fundamental in Brazil, including the decree of the Brazilian federation dated 2018; from the year 2021, all public works must obligatorily use the BIM system. This project was basically developed in three distinct stages: market research; review of the concepts covered and case study. It is important to emphasize that the proper use of the BIM tool is of the utmost importance in order to obtain good results. For this, an order follows: creation of the architectural and complementary projects (structural, hydraulic, electrical, among others) in BIM; export these files in IFC or DWF (cooperative languages) and analysis of the compatibility of these projects in specific software. The compatibility allows the verification of possible interferences between projects and, through BIM, the ease of communication between the designers to eliminate these interferences, that is, it is possible to identify probable errors in a work, even before the beginning of its execution, which brings cost benefits to both the investor and the team responsible for the project. In addition, another tool can be coupled to this technology BIM - the Virtual Reality. This is the creation of projects in 360° rendered format, which are visualized through a specific glasses. The virtual reality allows the visualization of the entire work with a wealth of details in all its environments. This technology is not only a tool to support those involved in the construction process; but also a great ally to "enchant" the customer; since it can be "inside" your building, when it is still only your wish. Therefore, combining projects using BIM technology generates a range of opportunities for all those involved in the construction process, be it the client or the professionals responsible for the projects. Finally, this project presents a case study that refers to the creation of a Cultural Center in the city of Cambuí / MG, using in its totality the BIM tools and the Virtual Reality covering all aspects previously described.

Key-words: BIM, Compatibilization, Virtual Reality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – História do Conceito BIM	16
Figura 2 - Mapa de implementação do BIM 2016	17
Figura 3 - Mapa de implementação do BIM 2018	18
Figura 4 - CAD x BIM	19
Figura 5 – Integralidade	21
Figura 6 - Equipe BIM	22
Figura 7 - Quadro BIM	26
Figura 8 - Intercâmbio de dados IFC	27
Figura 9 - Comunicação de Dados	28
Figura 10 – LOD	29
Figura 11 - Implantação BIM.....	30
Figura 12 - Análise de falhas: (aplicação dos métodos de FMEA e FTA)	37
Figura 13 - Interoperabilidade BIM.....	39
Figura 14 - Análise de Clash Navisworks.....	40
Figura 15 - BIM 360 Team	40
Figura 16 - Análise Team 360.....	41
Figura 17 - Cardboard Google	44
Figura 18 - Óculos Rift	45
Figura 19 - Fluxograma das etapas de projeto de compatibilidade	47
Figura 20 - Fluxograma de software utilizados	49

Figura 21 - Renderização do Arquitetônico Centro Cultural.....	50
Figura 22 - Estrutura de Concreto Armado do Centro Cultural	51
Figura 23 - Elétrico do Centro Cultural.....	51
Figura 24 - Hidráulico Centro Cultural.....	52
Figura 25 - Compatibilidade do Elétrico, Hidráulico e Estrutural.....	53
Figura 26 - Compatibilidade Elétrico, Hidráulico, Estrutural e Arquitetônico	53
Figura 27 - Solução da incompatibilidade do Clash 82 e 155.....	56
Figura 28 - Solução da incompatibilidade do Clash 46 - Tubo de Queda.....	57
Figura 29 - Incompatibilidade da Viga V7 - Água Fria	58
Figura 30 - Solução da incompatibilidade da Viga V7 - Água Fria.....	59
Figura 31 - Soluções Propostas para o Clash 46	59
Figura 32 - Carregamento Viga Baldrame V1	60
Figura 33 - Momento Fleto na Viga Baldrame V1	60
Figura 34 - Esforço Cortante na Viga Baldrame V1	61
Figura 35 - Incompatibilidade do Clash 01.....	61
Figura 36 - Soluções Propostas para o Clash 01	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e Desvantagens.....	35
Tabela 2 – Chekelist de compatibilidade	36
Tabela 3 - Vantagens e Desvantagens da realidade virtual	45
Tabela 4 - Clash Report Navisworks - Elétrico e Arquitetônico.....	54
Tabela 5 - Clash Report Navisworks - Hidráulica e Estrutural	55

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico Pesquisa 1 - Realidade Virtual ajudaria nos projetos	10
Gráfico Pesquisa 2 - Trabalho com BIM	11
Gráfico Pesquisa 3 - Migração BIM	20
Gráfico Pesquisa 4 - Reunião de Compatibilidade	34
Gráfico Pesquisa 5 - Conflitos na Obra	36
Gráfico Pesquisa 6 - Projetos Compatíveis	38
Gráfico Pesquisa 7 - Uso de Realidade Virtual no Projeto	43
Gráfico Pesquisa 8 - Interesse em Realidade de Projeto	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM – Building information Modeling

FAEX – Faculdade de Ciências Sociais Aplicada de Extrema

IPD – Integrated Project Delivery

IFC - Industry Foundation Classes

AEC- Arquitetura Engenharia e Construção

CAD - Computer Aided Desig

IAI - Industry Allieance for Interoperability

COBie – Construction Operations Building Information Exchange

DWF - *Design Web Format*

RV - Realidade Virtual

GIS - Geographic Information Systems

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	9
1.1 <i>Justificativa</i>	10
1.1.1 Contexto e Motivação.....	11
2 - OBJETIVOS	12
2.1 <i>Objetivos Gerais</i>	12
2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	12
3- REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1 - Metodologia BIM.....	14
3.1.1 História do BIM.....	15
3.2 <i>Bim Versus Cad.....</i>	16
3.3 <i>Análise De Implementação.....</i>	20
3.4 <i>Comunicação Do Processo Construtivo.....</i>	22
3.5 <i>Conceito Ifc</i>	23
3.5.1 O que são IFC?	23
3.6 <i>O IFC em uso.....</i>	27
3.7 <i>O Futuro Do Ifc.....</i>	28
3.8 <i>Nível De Desenvolvimento – Lod</i>	28
3.8.1 BIM no ciclo do Projeto	30
3.9 <i>Nível Maturidade Do Bim.....</i>	31
3.9.1 BIM nível 0 (baixa colaboração)	31
3.9.2 BIM Nível 1 (Colaboração Parcial)	31
3.9.3 BIM Nível 2 (Colaboração Completa).....	31
3.9.4 BIM Nível 3 (Integração Completa)	32
4 - <i>Conceito de compatibilidade</i>	33

4.1	<i>Compatibilização De Projetos E Suas Vantagens E Desvantagens</i>	35
4.2	<i>Compatibilização De Projetos Com Bim</i>	35
4.3	<i>Fmea (Análise De Modos De Falhas E Efeitos)</i>	37
4.4	<i>Software De Compatibilidade</i>	38
4.5	<i>Bim 360 Team</i>	40
5	<i>Realidade Virtual</i>	41
5.1	<i>Situação Atual</i>	42
5.2	<i>Evolução</i>	44
5.3	<i>Compatibilização Com Realidade Virtual</i>	46
6	ESTUDO DE CASO	48
6.1	<i>Interoperabilidade Dos Projetos</i>	52
6.2	<i>Compatibilidade Dos Projetos</i>	54
6.3	<i>Soluções Apresentadas</i>	56
6.3.1	<i>Clash 82 e 155</i>	56
6.3.2	<i>Clash 46</i>	57
6.3.3	<i>Clash 01</i>	60
7	CONCLUSÕES	63
7.1	<i>Trabalhos Futuros</i>	64
	Referências bibliográficas	65

1 - INTRODUÇÃO

Atualmente, a construção civil está manifestando, embora ainda timidamente, que muitas empresas estão buscando novas concepções para realização de projetos até então individuais, através de novas tecnologias que o mercado tem oferecido para o setor. Este novo caminho tem sido trilhado para garantir agilidade e precisão por meio de encaminhamentos e dimensionamentos concisos e mais próximos do que será de fato construído. Com a pouca informação nos projetos e a compatibilidade entre eles se torna um grande problema diante da execução conforme o progresso das inovações verifica-se a imediata migração para um realidade onde os projetos de engenharia civil estão sendo melhor desenvolvidos. Para isso, o conceito BIM é um grande desafio para os engenheiros, com o BIM, observa a interação entre diversos profissionais no campo de trabalho, facilitando o desenvolvimento de informações mais precisas e construtivas, assim avaliando e antecedendo os possíveis erros de projeto, corrigindo antes que cheguem na execução. Com o auxílio do BIM a compatibilização dos projetos acabam sendo cada vez mais útil, pode ter uma grande ajuda agregando a RV, simultaneamente com o BIM, visualizando futuras execuções e identificar não apenas os conflitos entre projetos, como também o aspecto final da obra.

Esse trabalho observa a elaboração dos conceitos de compatibilidade de projeto com auxílio da tecnologia BIM e emprega, de forma clara, a modelagem tridimensional visualizada através da RV, podendo analisar e propor encaminhamentos com base na execução dos projetos complementares.

1.1 JUSTIFICATIVA

A realização do presente trabalho tem como objetivo expor atual realidade da construção civil. Ainda que existindo grande avanço tecnológico, o país está a passos lentos na utilização de inovações no setor. Este fato é analisado já no início de uma obra, quando da execução dos projetos complementares, no qual os profissionais envolvidos não se atentam a compatibilização destes, tornando um desafio para a obra que deverá contornar as possíveis interferências ocasionadas por esta falta de análise quando se está projetando.

Diante disso, foi realizada uma pesquisa em redes sociais, fóruns de debates a nível nacional buscando especificamente as resposta de profissionais que hoje trabalham na AEC, como Engenheiros, Arquitetos, Construtores e Empreendedores, para encontrar os diversos problemas da falta de compatibilidade de projetos no país utilizando as ferramenta BIM e Realidade Virtual, pois um grande crescimento no setor de projetos é a RV a pesquisa foi realizada no, período 01/02/2018 a 02/06/2018. O gráfico 1 mostra os dados levantados.

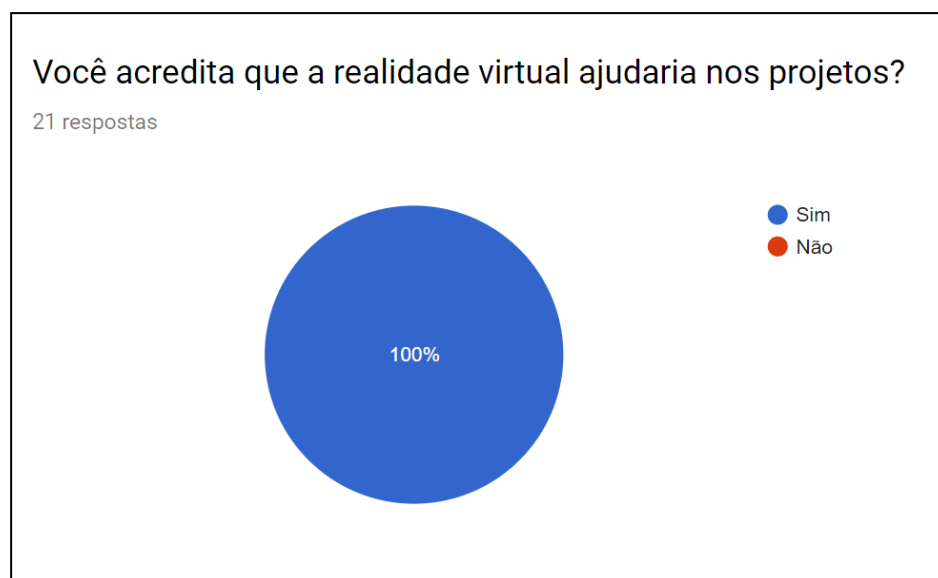


Gráfico Pesquisa 1 - Realidade Virtual ajudaria nos projetos
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Embora a pesquisa não tenha um grande número de respostas (21), mostra-se unanimidade no âmbito da necessidade de evolução da Realidade virtual e tecnológica para o setor.

1.1.1 Contexto e Motivação

Motivação foi buscar ferramentas claras e objetivas para melhorar o desempenho dos profissionais junto com a execução de uma obra, realizando a interação dos profissionais e a compatibilidade dos projetos, através da ferramenta que vem sendo amplamente utilizada em diversos países do mundo, especificamente como o BIM e a realidade virtual.

No Gráfico pesquisa 2 realizada em redes sociais, fóruns, voltado a profissionais da AEC a nível nacional, no período 01/02/2018 a 02/06/2018, demonstra que o BIM já tem tido bastante aceitação no Brasil, representando quase o dobro dos que não utilizam e não pensam em utilizar.

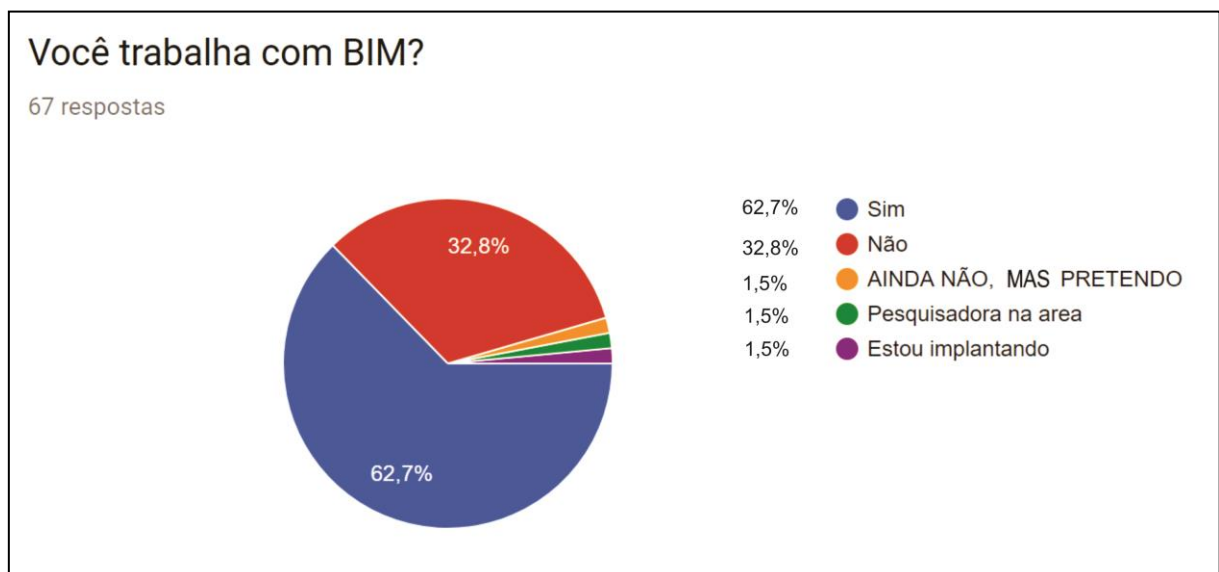


Gráfico Pesquisa 2 - Trabalho com BIM
Fonte: Elaborado Pelo autor (2018).

2 OBJETIVOS

Por se tratar de um projeto que visa a compatibilidade entre diversas disciplinas empregando o BIM e a realidade virtual, esse trabalho desenvolve da seguinte forma:

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O trabalho tem como objetivo geral apresentar a importância de utilizar a tecnologia BIM com o auxílio da realidade virtual na construção civil, auxiliando o desenvolvimento das etapas do trabalho diante dos diversos profissionais envolvidos na elaboração dos projetos de uma obra e, com isso, realizar a compatibilidade dos projetos para encontrar possíveis erros e solucioná-los antes que cheguem a obra, isso tudo com o auxílio da realidade virtual. Com base nesses fatores, o trabalho visa aliar os conceitos e fazer a aplicação ao projeto de um Centro Cultural de Cambuí – MG que passa a ser objeto deste estudo e proposta para a Prefeitura do município.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Com a criação do centro cultural utilizando auxílio da ferramenta BIM, e a metodologia de gerenciamento de projetos. Com as seguintes etapas do objetivo específico:

- Projetos realizado em Software BIM;
 1. Projeto estrutural utilizando o software Eberick 2010, da AltoQi;
 2. Projeto Arquitetônico utilizando o software Revit, da Autodesk;
 3. Projeto elétrico utilizando o software QI Elétrico, da AltoQi;
 4. Projeto Hidráulico utilizando o software Revit, da Autodesk.
- Compatibilidade em programa de gestão de projeto com a metodologia BIM, Navisworks, da Autodesk;
- Realidade Virtual empregando BIM, lumion e tour 360º;

- Análise dos projetos no modelamento das disciplinas;
- Revisão de Projeto e Relatório de Compatibilização;
- Incompatibilidades que ocasionaram erros;
- Análise geral e possíveis soluções para as incompatibilidades encontradas.

2.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em 7 capítulos:

- 1º e 2º capítulos: introdução, justificativa e objetivos da realização desse trabalho;
- 3º capítulo: o sistema BIM, abrangendo todos os conceitos necessários para entendimento e para o desenvolvimento do trabalho;
- 4º capítulo: o conceito da compatibilidade entre os projetos incorporado ao sistema BIM;
- 5º capítulo: a representação da realidade virtual anexada à compatibilidade dos projetos;
- 6º capítulo: o estudo de caso onde é realizada a compatibilização de um projeto social na cidade de Cambuí – MG, empregando os conceitos tratados nos capítulos anteriores;
- 7º capítulo: conclusão, considerações finais e trabalhos futuros.

3- REVISÃO DA LITERATURA

3.1 METODOLOGIA BIM

O BIM (*Building Information Modeling*), ou Modelagem da informação da construção, baseado em Eastman (2014), é uma conceituada ferramenta de inovação sobre modelagem, com a integração de informações no projeto, incorporando a interação da equipe de projetos antes do início da construção, através da compatibilidade e de demais fatores apurar as informações e a visualização do projeto, criando assim uma melhor concepção da execução no campo.

É necessário ter prudência ao definir o BIM, de acordo com Eastman (2014) ele não é simplesmente um projeto em 3D ou um software auxiliar da engenharia, mas uma ferramenta adotada em diversos programas para o desenvolvimento de um projeto, cujas informações (área, volume, mercadoria, fornecedor) são introduzidas pelo responsável pelo uso. Diferente de alguns softwares que se baseiam apenas em criar um projeto com finalidade de “desenhar”, o BIM não apenas cria a modelagem do projeto, mas para cada modelo geométrico tridimensional criado, possui informações precisas sobre o que este elemento representa ao projeto.

Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling*– BIM) é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando o modelo de projeto gerado computacionalmente contém geometria exata e os dados releva necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. (EASTMAN, TELCHOLZ, *et al.*, 2014, p.01)

O Modelo Virtual, segundo Eastman (2014) é um projeto tridimensional criado em um Software, onde nele se encontrara as dimensões corretas para realizar um empreendimento, o profissional responsável é que elabora as dimensões e as informações corretas para gerar assim o modelo virtual.

Existem muitas confusões ao associar um Software dizendo que ele é BIM, existe alguns critérios para a classificações dele que, segundo Eastman (2014), estão listadas a seguir.

- A. Modelos que só contêm dados 3D, sem atributos de Objetos.
- B. Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D que devem ser combinados para definir a construção.
- C. Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas.

3.1.1 História do BIM

Como conceito, a fundação do BIM foi documentada pela primeira vez no artigo Aumentando o Intelecto Humano (1962), escrito por Douglas C. Englebart, sugerindo um design baseado em objetos, manipulação paramétrica e banco de dados de acordo com YEOH (2018) segue o historico da criação do BIM.

De acordo Charles M. Eastman do Instituto de Tecnologia da Georgia, juntamente com uma equipe de estudiosos, cria o conceito BDS (Building Description System – Sistema de Descrição da Construção).

O sistema BDS foi iniciado para mostrar que uma descrição baseada em computador de um edifício poderia replicar ou melhorar todos os pontos fortes de desenhos como um meio para a elaboração de projeto, construção e operação, bem como eliminar a maioria de suas fraquezas. (EASTMAN, 1974)

Avançando para 1989, foi desenvolvido um novo programa chamado Building Product Model (BPM) que cobria os processos de projeto, estimativa e construção - incluindo informações dos projetos desde o planejamento até a conclusão. Ele atuou como um arquivo e estrutura de conceitos, tecnologias e padrões. No entanto, o BPM se concentrava apenas na informação do produto, em vez de integrar informações úteis para o gerenciamento de projeto e construção no setor de AEC exigindo um maior desenvolvimento.

Em 1995 um modelo genérico de construção (GBM) foi introduzido para expandir e integrar informações do projeto que poderia ser usado ao longo do ciclo de

vida do projeto, permitindo vários pontos de colaboração entre as partes interessadas do projeto. A indústria de AEC, não diferente, correu para adotar e expandir seu uso de tecnologia para gerenciamento e entrega aprimorados de projetos.

Por fim, em 2000 foi introduzido o BIM (building information modeling). Eastman é um pai da tecnologia BIM, o desenvolvedor de grande parte do progresso do sistema. Muitos desenvolvedores trabalharam para a efetivação da plataforma BIM e ainda continuam progresso. Na Figura 1 mostra o fluxo histórico do conceito BIM até o momento atual.

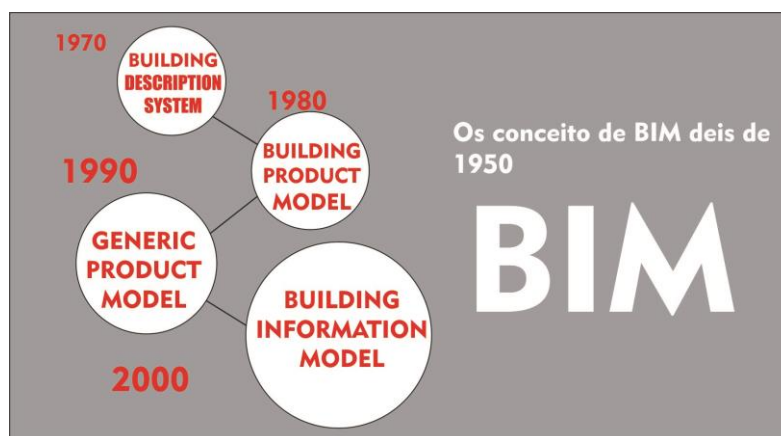


Figura 1 – História do Conceito BIM
Fonte: YEOH (2018).

3.2 BIM VERSUS CAD

O BIM vem revolucionando a construção civil e ampliando o conceito de compatibilização de projeto. Diversos países como Estados Unidos e alguns países da Europa, adotam o BIM como projeto obrigatório para grandes construções conforme figura 02.

O projeto em CAD (Computer Aided Desig) vem sendo empregado no mercado brasileiro durante mais de 30 anos, porém a metodologia desse fluxo de trabalho já está ficando atrasada em relação ao desenvolvimento de projetos completos.

Mapa de implementação do BIM

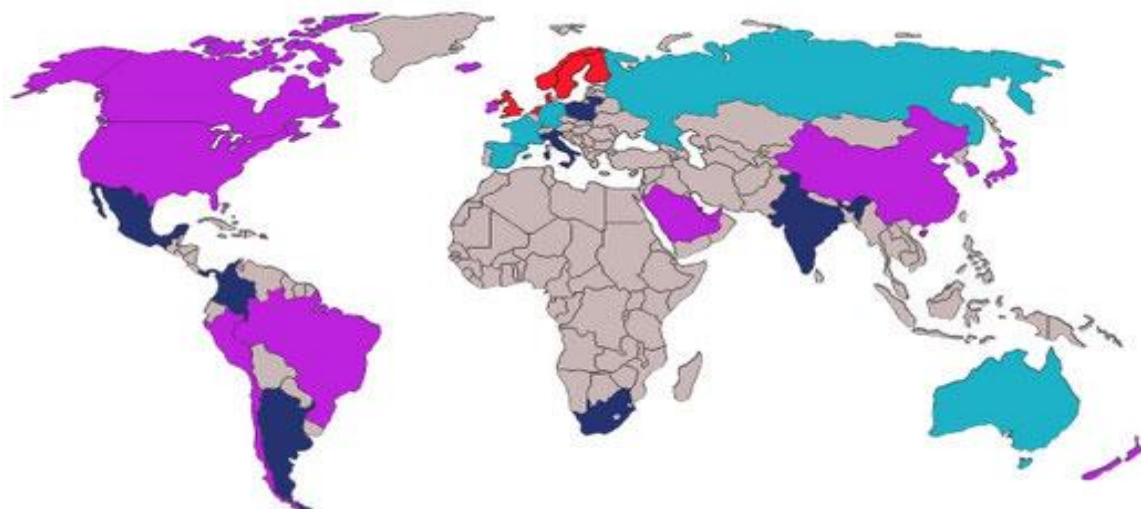


Figura 2 - Mapa de implementação do BIM 2016
Fonte: BUILDING SMART (2016).

- **Uso do BIM necessário em projetos públicos**
- **Uso obrigatório previsto em projetos públicos**
- **Uso regular do BIM**
- **Uso incipiente de BIM**
- **Sem dados BIM**

No Brasil dia 05 de Junho de 2017, por meio de decreto presidencial, foi criado o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information *Modelling* (CE-BIM) e em 17 e maio de 2018 foi realizado o decreto nº 9.377 que institui Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no Brasil - Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em *Building Information Modelling* - BIM e sua difusão no País. Até 2021 será obrigatória implementação do BIM em obras públicas. Com o objetivo de disponibilizar informações o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) lançaram em 30 novembro de 2017, em Brasília, a Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC, levando o Brasil a utilizar Guias até a elaboração de normas técnicas que estão sendo discutidas pela CE-

BIM, ficando assim o atual mapa de implementação do BIM conforme a figura 3. (BRASIL, 2018)

Mapa de implementação do BIM Atual

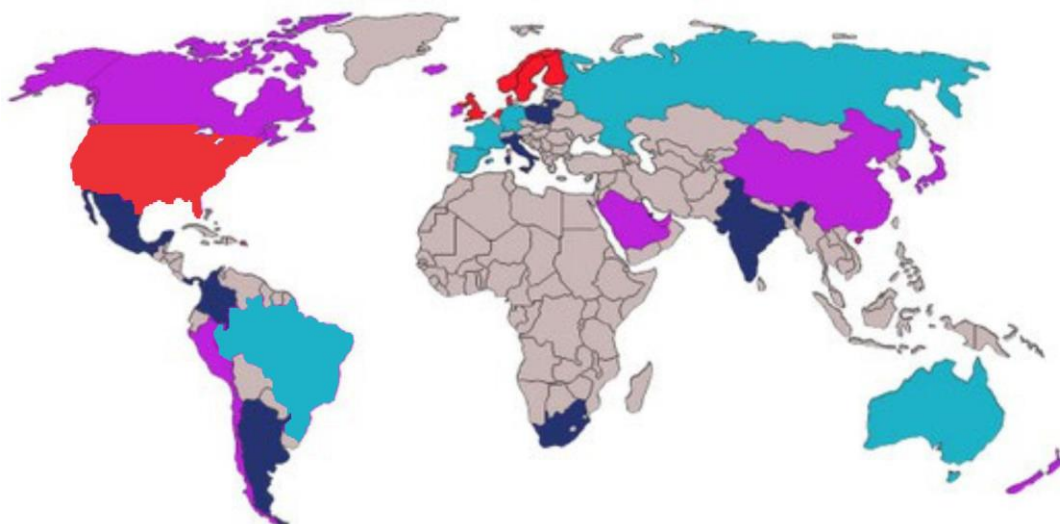
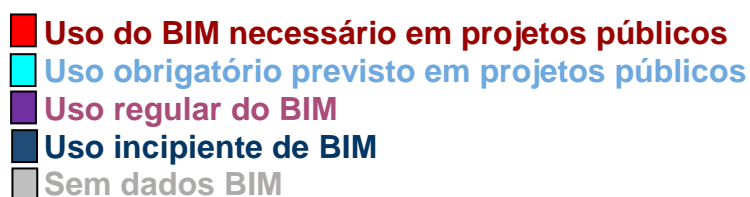


Figura 3 - Mapa de implementação do BIM 2018

Fonte: BUILDING SMART (2016, modificado).



Entretanto, o emprego do sistema CAD ainda não ficou totalmente obsoleto. Muitos projetos ainda são realizados através dele e apresentam suas vantagens e desvantagens. A condição ideal seria a utilização dos sistemas BIM e CAD de acordo com o projeto necessário, cabendo ao projetista fazer tal avaliação e definir. No sistema CAD o processo de desenho técnico é transmitido para o computador, tornando-o apenas um programa de desenho; enquanto o BIM é uma ferramenta capaz de transformar o desenho 3D e 2D associados em um conjunto de informações necessárias para auxiliar a construção de um projeto final.

Na figura 4 destaca o fluxo de tempo e produção do sistema CAD vs BIM.

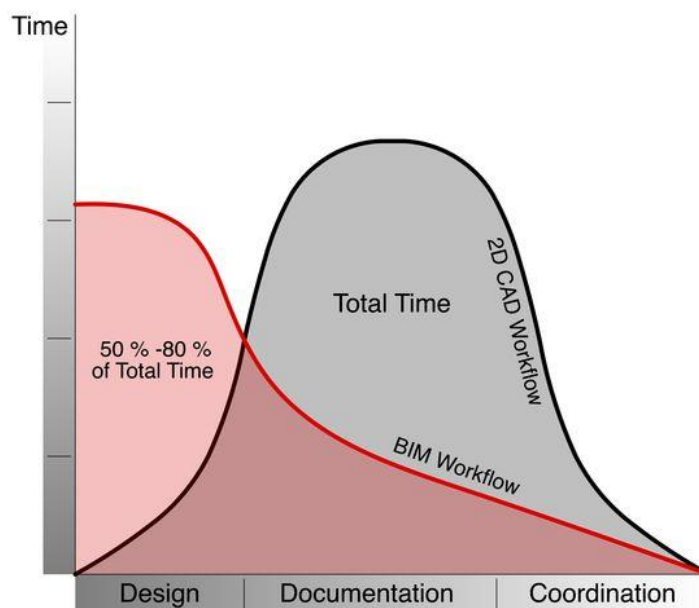


Figura 4 - CAD x BIM
Fonte: BANKS (2012).

Analisando o gráfico do processo BIM, percebe-se que se leva mais tempo aplicando a modelagem a informações no projeto, porém destaca-se um resultado gigantesco de tempo no final. No processo do CAD, ao contrário, Obtém ganho de velocidade de modelagem, pois não possuem informações, resultando em maior tempo para reuni-las posteriormente no final.

Outra pesquisa realizada em redes sociais, fóruns, voltado a profissionais da AEC a nível nacional no, período 01/02/2018 a 02/06/2018, é sobre a necessidade que os profissionais estão vendo na migração do sistema convencional para o sistema BIM.

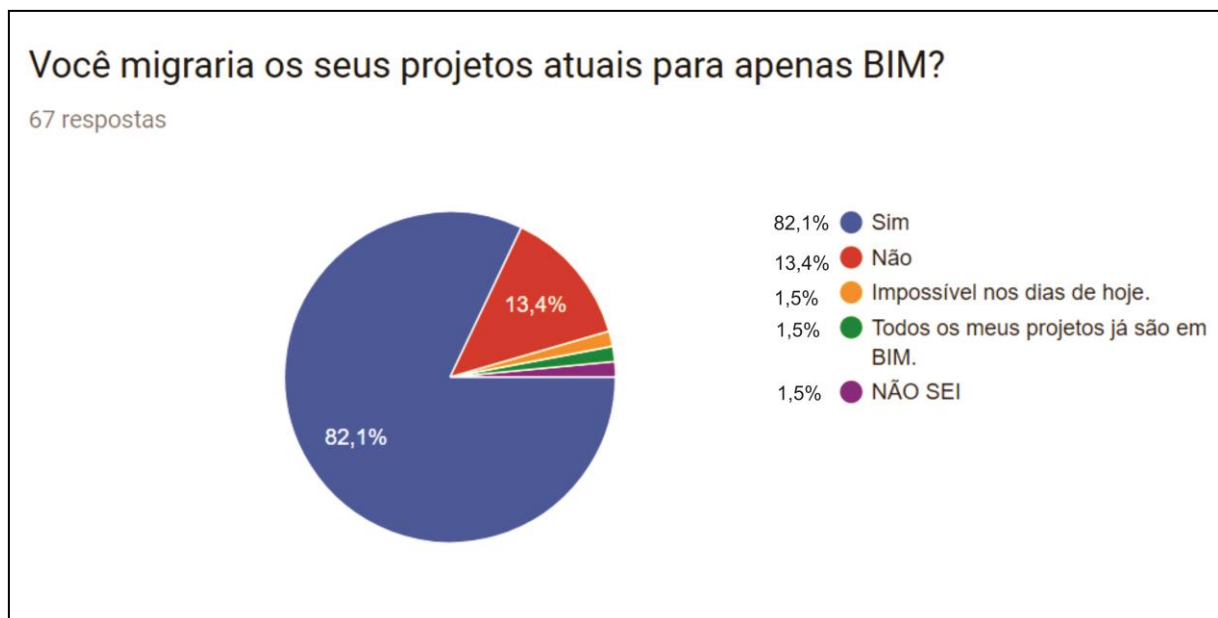


Gráfico Pesquisa 3 - Migração BIM

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Os resultados de implementações do sistema BIM no Brasil está favorável. Apesar de estar há mais de 30 anos no mercado o sistema, o Brasil está entrando nessa migração agora, o que pode ser comprovado pelo Gráfico da Pesquisa 3, que destaca que o mercado está implantando o sistema. De acordo com Américo Côrrea Junior, Arquiteto e Gerente de Vendas de Subscription na Autodesk para a América Latina, “O BIM é um caminho sem volta. Ganha no mercado quem atentar antes para isso.”

3.3 ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO

Para implementação do sistema BIM, não basta apenas ter o conhecimento de projeto e saber lidar com “Software”, mas também ter o conhecimento de diversos internos à empresa como gestão de pessoas, conjuntos de técnicas para reduzir desperdícios em um projeto é um círculo integrado que auxilia o BIM, conforme a figura 5.

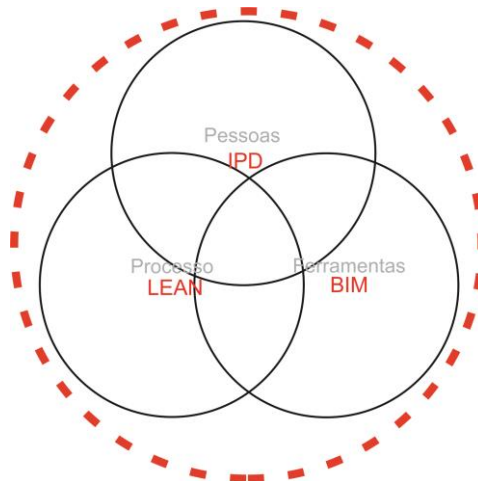


Figura 5 – Integralidade
Fonte: CAMPBELL (2015).

De acordo com o Campbell, o IPD (*denominado Integrated Project Delivery*) é um modelo de gestão, que visa criar um ambiente cooperativo e participativo entre as pessoas através da utilização de um acordo de vários participantes entre, projetista, arquitetos, engenheiros, contratante e os principais fabricantes.

O IPD foi desenvolvido como resultado da maior pressão sobre proprietários e desenvolvedores para:

- (a) Reduzir o risco de elevação de custos durante a construção do Projeto;
- (b) Prever os custos de toda a vida do ativo como uma construção.

Junto com tal argumento deve manter uma gestão de técnicas para reduzir desperdícios em uma edificação, levando em conta o transporte, custo, tempo e tudo o que possa prejudicar a construção com os processos “*Lean*” para obter essa gestão de processos de redução junto com o IPD e BIM.

3.4 COMUNICAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

A ferramenta BIM possibilita realizar a comunicação mais efetiva com diversos profissionais do AEC, fazendo com que o projeto não torne diversas partes únicas, sendo compartilhada e compatível entre si, conforme mostra a figura 6. Em um projeto desenvolvido em BIM, os profissionais envolvidos conseguem ter acesso a diversas informações que em um sistema CAD não seria possível, pois no CAD, a falta de informação é que leva a incompatibilidade dos projetos e o grande custo de tempo em uma construção. Com o BIM, situações de conflito são analisadas antes mesmo do projeto se tornar obra. Tudo isso graças a metodologia da linguagem do BIM, onde diversos profissionais conseguem exportar e importar projetos com determinadas informações através do IFC (Industry Foundation Classes).

“A interoperabilidade é crítica para o sucesso do BIM. O desenvolvimento de padrões de dados abertos e o acesso “não-proprietário” para os dados do BIM é uma prioridade urgente para a indústria se quisermos evitar as ineficiências e os problemas recorrentes de reentrada de dados. A interoperabilidade permitirá o reuso de dados de projeto já desenvolvidos e assim garantindo consistência entre cada um dos modelos para as diferentes representações do mesmo edifício. Dados consistentes, acurados e acessíveis por toda a equipe de projeto irão contribuir significativamente para mitigar os atrasos e os custos adicionais”. (HOWLL E BATCHELES, 2004)



Figura 6 - Equipe BIM
Fonte: KILDERE WHIKICHAN (2018).

3.5 CONCEITO IFC

De acordo com a Autodesk (2017) a organização da buildingSMART, antes conhecida como IAI (industry Alliance for Interoperability) foi a responsável pelo desenvolvimento do IFC. No final de 1994 a Autodesk iniciou um consórcio de indústria para assessorar a companhia de desenvolvimento do IFC, de um conjunto de C ++ que poderia suportar um desenvolvimento integrado de aplicações. Doze companhias dos Estados Unidos se juntaram nesse consórcio. Iniciando a IAI, a nova Aliança foi reconstituída com uma organização internacional sem fins lucrativos, com o objetivo de publicar o IFC como modelo de dados para a AEC.

3.5.1 O que são IFC?

O *Industry Foundation Classes* (IFC) foi desenvolvido para criar grandes conjuntos de dados que conversam entre si. Uma linguagem universal onde diversos softwares podem gerar esse arquivo para exportar para outros softwares, em outras palavras uma linguagem padrão da AEC.

O BuildingSMART (2017), afirma o IFC como um esquema de dados que torna possível conter dados e trocar informações entre diferentes aplicativos para BIM. O esquema IFC é extensível e compreende informações cobrindo as muitas disciplinas que contribuem para um edifício durante seu ciclo de vida: desde a concepção, o projeto, a construção até a reforma ou demolição

O quadro 1 demonstra o histórico dos IFC e suas evoluções de acordo com o site da buildingSMART.

Lançamentos anteriores da IFC
As versões mais antigas IFC2.0, IFC1.5.1, IFC1.5 e IFC1.0 estão desatualizadas e não estão mais listadas
IFC2x - IFC2x - primeira versão da Plataforma IFC2x, publicada em outubro de 2000, focada em fornecer uma plataforma estável
IFC2x-Add1 - IFC2x Addendum 1 - pequeno adendo do IFC2x para corrigir problemas que surgiram durante a implementação, publicado em outubro de 2001, esta versão foi usada para implementação e certificação do IFC2x
IFC2x2 - IFC2x Edition 2 - segunda versão da Plataforma IFC2x, publicada em maio de 2003, várias extensões da IFC em áreas de domínio
IFC2x2-Add1 - IFC2x Edition 2 Adendo 1 - pequeno adendo do IFC2x para corrigir problemas que surgiram durante a implementação, publicado em julho de 2004, esta versão foi usada para implementação e certificação do IFC2x2.
IFC2x3 - IFC2x Edition 3 - terceira versão da Plataforma IFC2x, publicada em fevereiro de 2006, principalmente melhoria da qualidade do IFC2x2, As versões anteriores do IFC2x3, 2x2 e 2x ainda estão listadas, mas não são mais mantidas.
Último lançamento da IFC
IFC2x3-TC1 - IFC2x Edition 3 Technical Corrigendum 1 - documentação e restrição apenas corrigendum para atualização do IFC2x3, publicado em julho de 2007 O lançamento do IFC2x3 e a atualização do IFC2x3-TC1 são iguais em termos do arquivo de troca do IFC e ambos são usados para implementação e certificação do IFC2x3 O release do IFC2x3 e o IFC2x3-TC1 são agora altamente recomendados para implementação
Liberação atual do IFC
O IFC4 - (anteriormente IFC2x4) - foi lançado como a nova plataforma IFC para os próximos anos em 2013. Ele incorpora várias extensões do IFC na construção, construção de áreas estruturais e de serviços, aprimoramentos de geometria e ou-

<p>tros componentes de recursos e inúmeras melhorias de qualidade. Especificação ifcXML simples totalmente integrada e um novo formato de documentação. Versão final IFC4 lançada em março de 2013. Veja IFC4 Add1 para pequenas atualizações a serem incorporadas para as definições oficiais do Modelo IFC4</p>
<p>IFC4 Add1 - o primeiro adendo do IFC4 incorporando as melhorias necessárias que foram identificadas durante as implementações piloto e as atividades de desenvolvimento para as primeiras definições do Modelo de Visão. Versão final IFC4 Add1 lançado em julho de 2015 como buildingSMART Final Standard.</p>
<p>IFC4 Add2 - o segundo adendo do IFC4 que incorpora melhorias necessárias que foram solicitadas antes de iniciar o processo de certificação do IFC4 para o IFC4 <i>Reference View</i> e o IFC4 Design Transfer View, em particular para melhorar as definições de geometria. Versão final IFC4 Add2 lançado em julho de 2016 como buildingSMART Final Standard.</p>
<p>Próximos lançamentos da IFC (na fase de planejamento)</p>
<p>IFC5 - está atualmente na fase inicial de planejamento, espera-se que inclua suporte completo para vários domínios de infraestrutura e mais recursos paramétricos. O primeiro projeto ativo sob buildingSMART Internacional para expandir a definição da IFC para o domínio de infraestrutura é o Projeto de Alinhamento da IFC</p>

Quadro 1 – Históricos dos Arquivos IFC

Fonte: BUILDING SMART (2016).

O IFC foi projetado com uma estrutura extensível, ou seja, seu desenvolvedor inicial pretendia fornecer definições gerais amplas dos objetos e dados a partir dos modelos mais detalhados para realizar o intercâmbio de fluxo de dados.

O IFC é baseado na linguagem detalhada de *ISSO_ STEP Express*, com pequenas restrições na linguagem. Na figura 7 destaca que todos os objetos em *EXPRESS* são chamados de *entidades*, a organização conceitual das *entidades* do IFC está no diagrama da figura 7 de acordo com EASTMAN 2014.

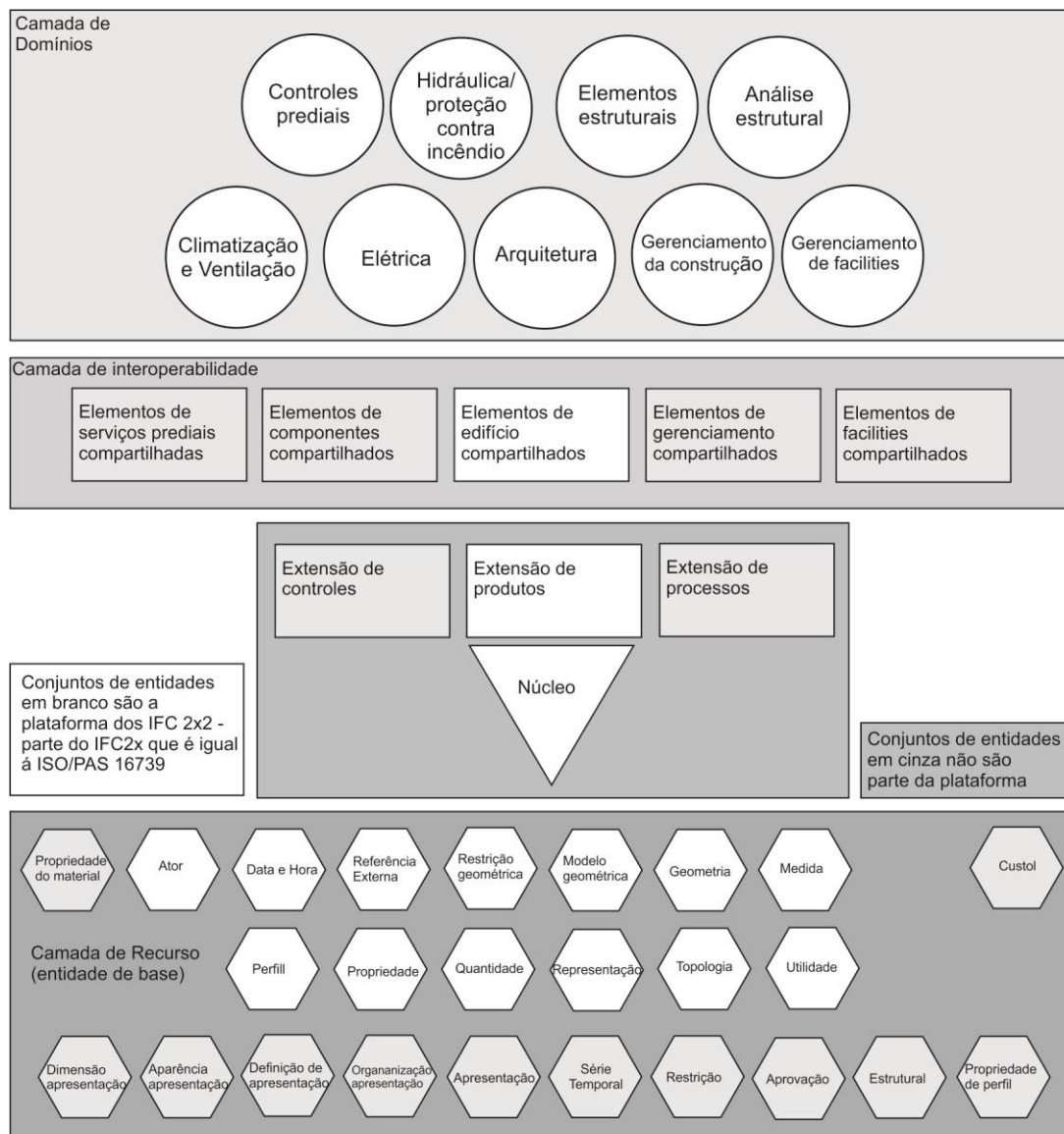


Figura 7 - Quadro BIM
 Fonte: EASTMAN, TELCHOLZ, *et al.*, (2014, p.75).

De acordo com Eastman 2014 “As entidades base são compostas para definir objetos comumente usados em AEC, chamadas de *Shared Objects* (objetos compartilhados) no modelo IFC”.

3.6 O IFC em uso

De acordo com Eastman, (2014) num intercâmbio de dados, conforme mostra abaixo na figura 8, uma estrutura de dados exportada mudou as informações para serem usados por um receptor que importou e traduziu os dados e informação do arquivo. Isto é, algumas linguagens de dados foram traduzidas depois de uma exportação para ficar acessível para a importação em outro programa.

Isso é o objetivo do IFC, transformar a linguagem específica de um software em uma linguagem universal. Por exemplo, exportar o arquivo do Eberick em que contem a estrutura de dados da empresa AltoQi, para um arquivo IFC para que seja importado e lido por um software da empresa Autodesk.

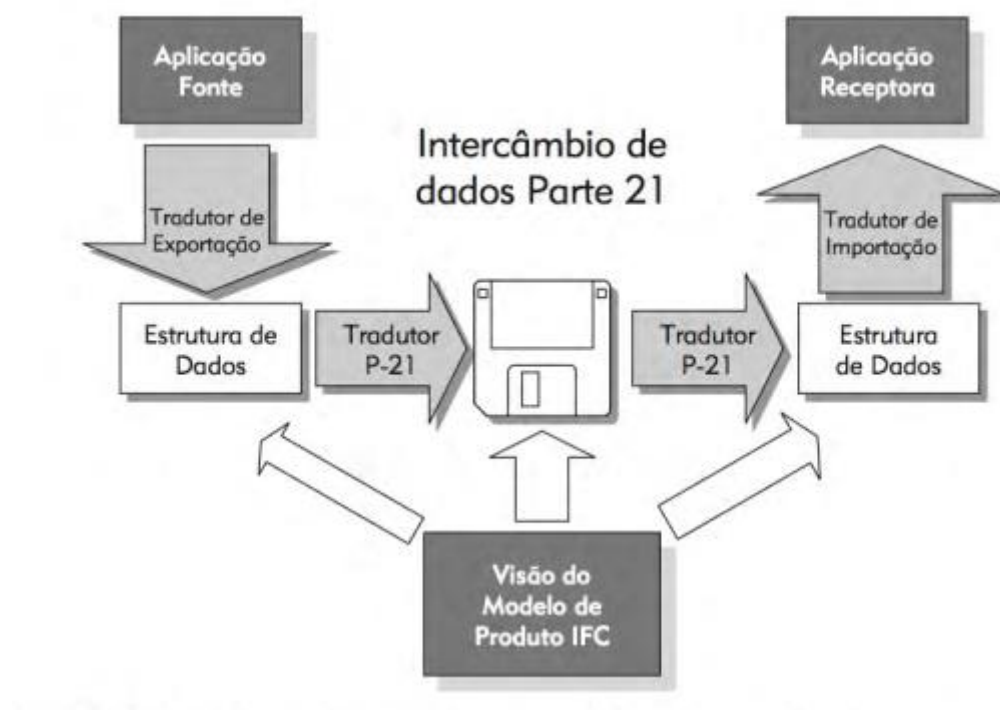


Figura 8 - Intercâmbio de dados IFC

Fonte: EASTMAN, TELCHOLZ, *et al.*, (2014, p.79.)

3.7 O FUTURO DO IFC

Um caminho sem volta, o IFC é a revolução da integração da ferramenta BIM, onde podem estar em plena comunicação de dados e compartilhar as informações de modo correto. E isso não fica apenas em programas restrito hoje podem carregar nossos arquivos em nuvens e ter um grande banco de dados de diversos profissionais para gerir um empreendimento, conforme a figura 9 destaca, o projeto com sua geometria 3D e seu banco de dados sendo exportado em IFC e Importado em diversos “Software” e em nuvem.

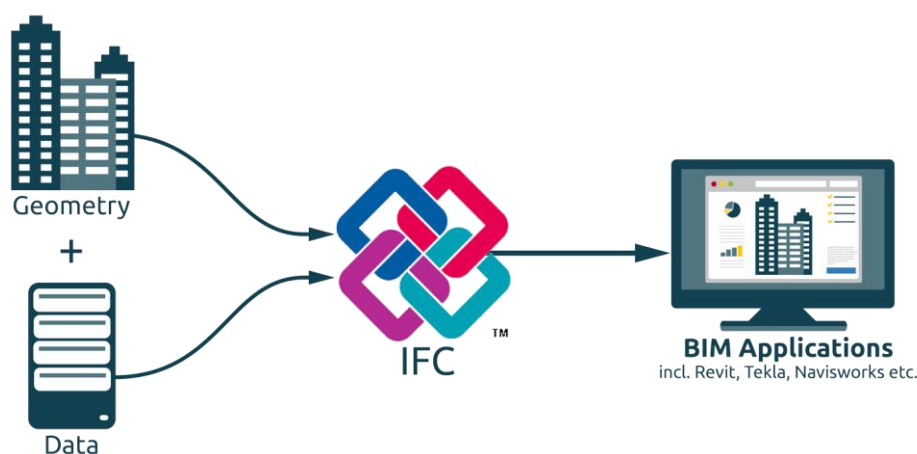


Figura 9 - Comunicação de Dados
Fonte: OMNIRIE (2018).

3.8 NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO – LOD

Com base do autor Oliveira (2015) destaca, o LOD (level of Development) ou Nível de desenvolvimento, fornece uma base de informações. Que determina cada nível de detalhamento de um projeto de determinado elemento quando se trabalha com BIM. O desenvolvimento da qualidade e quantidade de informação de um modelo geométrico é baseado nesses elementos.

LOD 100 – O modelo pode ser representado através da geometria de volume, linhas, cores.

Não necessário conter suas dimensões igual o LOD 200.

LOD 200 – O modelo pode ser representado com um sistema geral, objeto ou montagem, contento suas formas, localizações, dimensões e orientações.

LOD 300 – O modelo pode ser representado com um sistema específico, objeto ou montagem, todavia deve ser bem específico com suas dimensões, formas, localizações que mostram as reais condições do empreendimento.

LOD 400 – O modelo pode ser representado com um sistema específico, objeto ou montagem, porem deve ser preciso em termos de quantidade dimensões, formas, localizações e orientações de informações e detalhamento e fabricantes para geração de documentos

LOD 500 – O modelo é uma representação verificada em campo que refletem conforme construída precisa em termos de tamanho, fabricante, quantidades dimensões, formas, localizações que mostram as reais condições do empreendimento.– *as-built* (como construído).

Na figura 10 são destacados com melhor rigor os elementos citados acima de acordo com a empresa Srinsoft.


LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
O elemento do modelo pode ser representado com graficamente por volume, linhas, cores. Não necessário conter suas dimensões como LOD 200.	O elemento do modelo pode ser representado com um sistema genérico, objeto ou montagem, contento suas dimensões, formas, localizações e orientações.	O elemento do modelo pode ser representado com um sistema específico, objeto ou montagem, porem deve ser preciso em termos de quantidade dimensões, formas, localizações que mostram as reais condições do empreendimento.	O elemento do modelo pode ser representado com um sistema específico, objeto ou montagem, porem deve ser preciso em termos de quantidade dimensões, formas, localizações e orientações de informações e detalhamento e fabricantes para geração de documentos	O elemento do modelo é uma representação verificada em campo que refletem conforme construída precisa em termos de tamanho, fabricante, quantidades dimensões, formas, localizações que mostram as reais condições do empreendimento.
Conceito	Geometria Aproximada	Geometria Precisa	Fabricação	Como construído

Figura 10 – LOD

Fonte: SRINSOFTTECH, (2017, modificado pelo autor).

3.8.1 BIM no ciclo do Projeto

De acordo com Perez (2017) o desenvolvimento do BIM, foi possível criar ferramentas que conseguem modelar e simular o comportamento de uma edificação adiante de diversas situações, como desempenho térmico energético e consumo de material e estrutura.

Com essa utilidade da ferramenta foi possível criar e produzir etapas, como o 2D para o 3D, 4D, 5D, 6D, 7D com essas etapas são criados um controle de tempo, custo, sustentabilidade. A figura 11 abrange tais temas.

Embora alguns autores como Imriyas Kamardeen (2010) já destacam que fazem parte do BIM sistema como 8D ainda está em desenvolvimento, porem em seu nível atual 3, ainda não foi destacado no mercado.

1D CROQUI 	2D VETOR 	3D FORMA 	4D TEMPO 	5D CUSTO 	6D SUSTENTABILIDADE 	7D Gestão 
PESQUISA <ul style="list-style-type: none"> Condições Existentes Simulações Meteorológicas Regulamentos Orientação Solar Programa Funcional IMPLEMENTAÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Consultoria Plano de Execução BIM Repositório do Servidor Programas CONCEITO DE DESIGN <ul style="list-style-type: none"> Estratégias Estimativa de Área Estimativa de custo Volumetria Genética Acessibilidade Viabilidade 	PRODUÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Desenhos 2D Documentação Visualizações e Planos IMPLEMENTAÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Programação Gerenciamento de arquivos Comunicações DESENVOLVIMENTO <ul style="list-style-type: none"> Folhas de dados da sala Listar os Entregáveis Definição de escopo Materiais Cargas Estruturais Cargas energéticas 	REPRESENTAÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Renderização Passo a passo Digitalização a laser IMPLEMENTAÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Criação de Objeto BIM Programação Visual Deteção de Clash Verificador modelo DOCS FINAL <ul style="list-style-type: none"> Design Detalhado Projeto estrutural Projeto MEP Especificações 	PRODUÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Federação de Modelos Construção Virtual Agendamento Faseamento de Projetos Ferro do tempo Planejamento de Construção Entregas de Equipamentos Validação Visual SISTEMAS <ul style="list-style-type: none"> Pré-fabricação Estrutural Construção MEP SIMULAÇÕES <ul style="list-style-type: none"> Simulação de Ciclo de Vida Simulações do sol Simulações de vento Simulações de energia Verificação de certificação 	PRODUÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Extrações de Quantidade Conta detalhada de quantidades Modelos de Fabricação CONTRATOS <ul style="list-style-type: none"> Comparação de taxas Seleção Comercial Logística SUSTENTABILIDADE <ul style="list-style-type: none"> Avaliação de Certificação Custo do ciclo de vida Estudo comparativo 	RESULTADOS <ul style="list-style-type: none"> Alternativas conhecidas Certificação Modelo BIM Auditado Relatório de desempenho ENGENHARIA DE VALOR <ul style="list-style-type: none"> Simulações Desempenho Energético Performance Arquitetural Desempenho de Construção SALVAR ESTIMAÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Custo Comparativo Benefícios de construção Retorno sobre o investimento Risco de Tempo Itens selecionados para serem otimizados REDESENHAR <ul style="list-style-type: none"> Modelo BIM certificado 	APLICAÇÕES DE GESTÃO DE INSTALAÇÕES <ul style="list-style-type: none"> Estratégias BIM do Ciclo de Vida Bim As-Built População e extração de dados COBie Planos de manutenção BIM Hospedagem de arquivos BIM

Figura 11 - Implantação BIM
Fonte: PÉREZ (2017, modificado pelo autor)

3.9 NÍVEL MATURIDADE DO BIM

3.9.1 BIM nível 0 (baixa colaboração)

De acordo com Joaquim Maria (2016), o passo mais simples do processo de geração de informações não envolve praticamente nenhum nível de cooperação. Nesta fase, a informação está a ser realizada com a ajuda de documentos eletrônicos e papéis. Desenhos CAD são usados durante o Nível 0, mas não há compartilhamento dos modelos de informação gerados. A indústria já superou essa etapa e está caminhando para uma maneira mais colaborativa de produzir e distribuir as informações necessárias.

3.9.2 BIM Nível 1 (Colaboração Parcial)

Um grande número de empresas está atualmente realizando seu trabalho neste nível. Um ambiente de dados comum CDE (*Common Data Environment*) é usado nesse caso. Um Common Data Environment (Ambiente comum de dados) ou CDE é um repositório compartilhado on-line no qual todos os dados do projeto necessários são coletados e gerenciados.

Softwares de gerenciamento de informações e processadores de projetos como o Aconex ou o Viewpoint podem ser usados como o CDE. O contratante é normalmente aquele que gerencia um CDE. Em poucas palavras, o BIM Nível 1 está se concentrando na transição do CAD para as informações em 2D e 3D.

Apesar da presença de um ambiente de dados comum, os modelos gerados não são distribuídos entre os diferentes agentes.

3.9.3 BIM Nível 2 (Colaboração Completa)

O principal foco de interesse neste nível é a maneira pela qual a informação é compartilhada entre os vários membros do projeto. Duas novas dimensões, relacionadas ao gerenciamento de projetos, são introduzidas nesse nível. É o 4D (*Genie-Belt*) que está relacionado ao gerenciamento de tempo e o 5D (*Aconex*), que está ligado ao cálculo do orçamento.

O trabalho colaborativo está no centro do BIM Nível 2. No entanto, não é necessário que todos os lados envolvidos no projeto operem nos mesmos D. Pelo contrário, todos são livres para usar um modelo CAD distinto. O que é realmente importante é a existência de um tipo de arquivo comum (um arquivo IFC, por exemplo) que contém todas as informações de design.

Em outras palavras, um modelo de colaboração total entre os inúmeros lados do projeto. Dessa forma, as partes conectadas ao projeto podem ter uma visão geral de todas as informações disponíveis e modificá-las de acordo. Graças a isso, eles são capazes de montar um modelo BIM unificado. Por último, mas um detalhe verdadeiramente importante, é que o software CAD, que cada parte usa, deve ter a capacidade de exportar em tipos de arquivo comuns (por exemplo, Arquivos IFC, arquivos COBie etc.).

3.9.4 BIM Nível 3 (Integração Completa)

BIM Nível 3 é o objetivo final para o setor de construção. Seu ponto principal é a obtenção da integração total (BIM) das informações em um ambiente baseado em nuvem. Isso é alcançado pelo uso de um modelo compartilhado comum. O modelo se fica acessível a qualquer um que tenha participação com o projeto. Além disso, os vários agentes que trabalham no projeto poderão editá-lo e / ou adicionar sua própria informação, exemplo disso é o BIM 360 TEAM da empresa Autodesk. Uma nova dimensão (6D), que está auxiliando na gestão do ciclo de vida do edifício, deverá ser adicionada neste ponto. Dimensões relacionadas ao tempo (4D) e custo (5D) também estão disponíveis.

4 - Conceito de compatibilidade

O conceito de compatibilidade, baseado com Graziano (2003), é quando há coexistência ou concordância entre dois grupos distintos. Projeto de compatibilidade é quando dois ou mais projetos seguem as normas e entram com conjunto unidos para tornar algo construtivo. Um dos grandes fatores de erro nos projetos era a compatibilidade entre os próprios autores, arquitetos com engenheiros e projetistas, que tentavam coexistir em um projeto, mas o caminho dessa relação era tortuoso, difíceis e demorado, mesmo com um gerente de projeto.

A compatibilização do projeto é algo antigo, que vem se tornando cada vez mais importante e indispensável. Antigamente utilizava a impressão dos projetos em pranchas e, tanto os projetos quanto a compatibilização, eram realizados manualmente, com isso levava muito tempo para atender o objetivo e existiam grandes falhas humanas. Esse processo era empregado normalmente em grandes empreendimentos.

Em seguida surgiu o sistema CAD (Desenhos assistido por computador), a linguagem 2D que ainda hoje é bem usada, aumentando um pouco a velocidade de compatibilidade, porém, a falha humana ainda era presente, principalmente quando muitos estavam acostumados a visualizar o projeto em pranchas.

Por fim, chegou ao ponto de utilizar o 3D para melhor entender a modelagem da estrutura, contudo ainda necessitava de agilidade, faltava informação para poder realizar com precisão a compatibilidade. Com recursos BIM, a análise de todo o projeto com elementos paramétricos, usando todos os recursos da estatística, unindo os projetos e garantindo melhor satisfação e ganho na compatibilidade, aumentou a velocidade da análise do projeto, e diminuiu o custo de um empreendimento de pequeno a grande porte.

A compatibilidade é definida como atributo do projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, que possui dados compartilhados com consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra (GRAZIANO, 2003).

Com a informação de projeto no sistema BIM, podem minimizar os futuros problemas que ocorrer em uma construção. Diante disso, percebe que a compatibilidade é uma parte importante de projetos, não basta ter o conhecimento de diversos níveis técnicos se na execução as peças não se encaixam. Todos os projetos devem ser avaliados e observados por uma equipe para melhor atender as expectativas de um projeto compatível. Assim evitam erros na execução de uma obra.

A compatibilização de projetos compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões, entre os diversos projetistas e a coordenação, com o objetivo de resolver interferências que tenham sido detectadas (PICCHI, 1993, p.463).

Outra pesquisa realizada em redes sociais, fóruns, voltado a profissionais da AEC a nível nacional, no período 01/02/2018 a 02/06/2018, resposta de diversos profissionais do AEC sobre compatibilidade e reunião.



Gráfico Pesquisa 4 - Reunião de Compatibilidade
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

4.1 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS E SUAS VANTAGENS E DESVANTAGENS

A tabela 1 mostra as vantagens e desvantagens de realizar a compatibilização de um projeto antes de começar a realização da execução, evitando diversos fatores que poderiam ocasionar erros na obra.

Vantagens	Desvantagens
Menor custo de materiais	Mão de Obra especializada para gerenciar empreendimento.
Verificação de erros evitando retrabalho e custo	-
Prazo e Orçamento mais realista	-
Redução de desperdício de matérias	-
Compatibilização de mão de obra	-

Tabela 1 – Vantagens e Desvantagens
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

4.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM BIM

Existem diversos métodos para a compatibilização de projeto, pode ser realizado por *chekelist*, FMEA (Análise de Modos de Falhas e Efeitos), softwares e metodologias de gestões.

A Tabela 2, segundo o autor Fontelle, apresenta um check list de um projeto completo, apontando que deve ser bem mais detalhado e profundo, com diversas possibilidades e opções.

Pesquisa realizada em redes sociais, fóruns de debates a nível nacional no período, 01/02/2018 a 02/06/2018, nesse Gráfico 5 abrange os principais conflitos entre as disciplinas no momento da obra. Ele foi elaborado, para evidenciar a importância da compatibilização no momento da elaboração dos projetos.

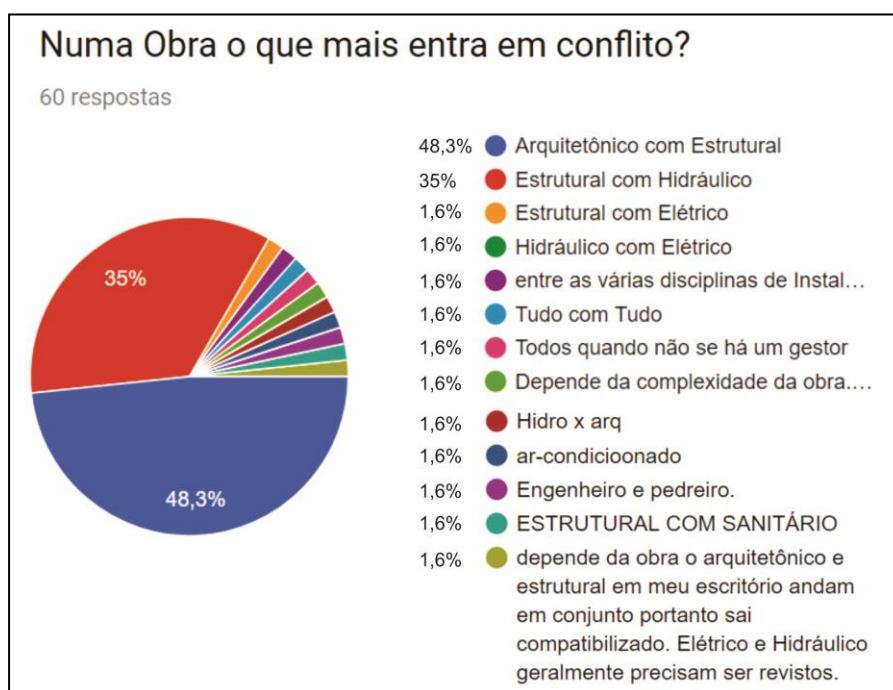


Gráfico Pesquisa 5 - Conflitos na Obra
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

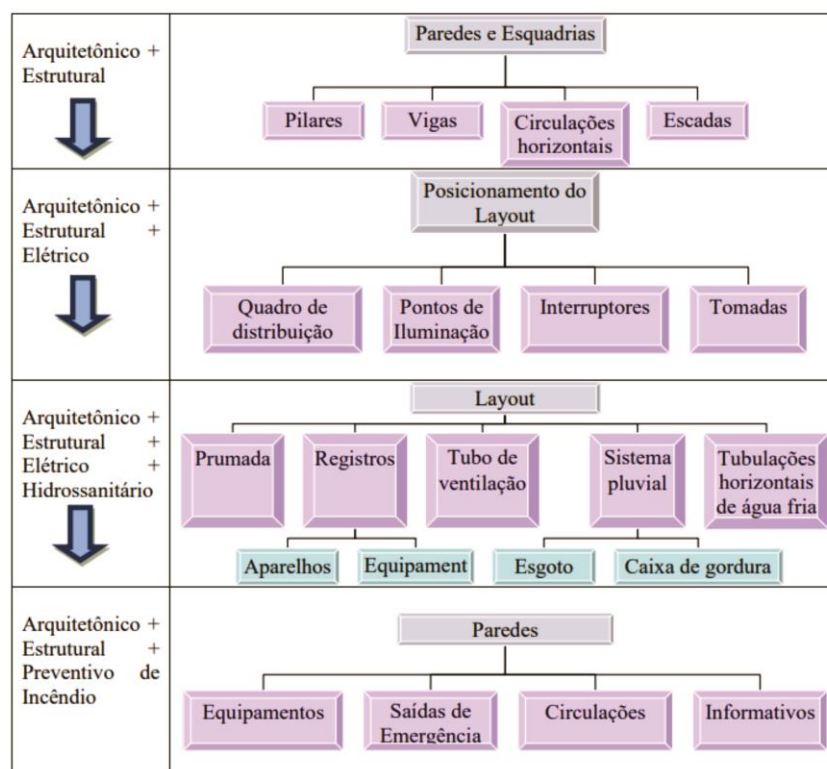


Tabela 2 – Chekelist de compatibilidade
Fonte: FONTENELLE, (2002).

4.3 FMEA (ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E EFEITOS)

Segundo o autor Fontelle, FMEA é um método de análise indutivo, que avalia a partir de um determinado modo de falha, os respectivos efeitos e causas, assim como os meios de detecção e prevenção dos seus efeitos.

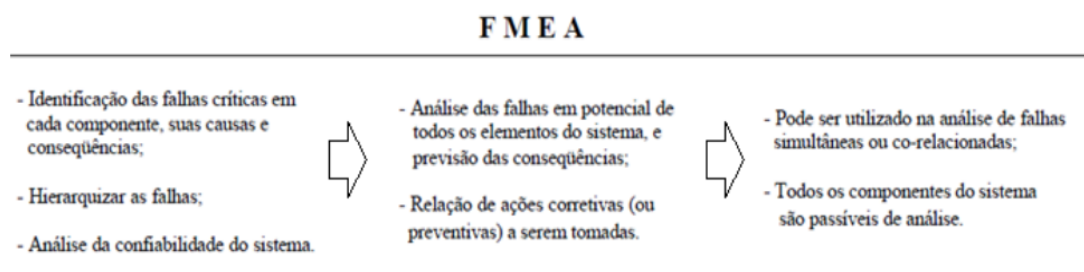


Figura 12 - Analise de falhas: (aplicação dos métodos de FMEA e FTA)
Fonte: (HELMAN e ROBERTO, 1995)

Outra pesquisa realizada em redes sociais, fóruns de debates a nível nacional no período, 01/02/2018 a 02/06/2018, resposta de diversos profissionais do AEC sobre utilização do sistema BIM na compatibilização de projeto.

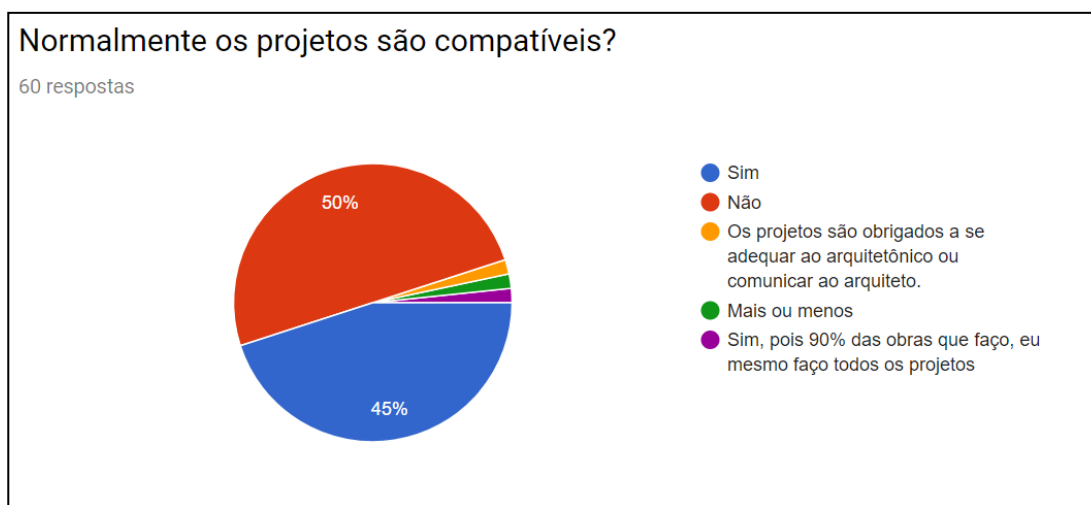


Gráfico Pesquisa 6 - Projetos Compatíveis
Fonte: Elaborado Pelo Auto (2018).

4.4 SOFTWARE DE COMPATIBILIDADE

Diversos Softwares ajudam a realizar a conexão dos projetos. Com a utilização da tecnologia BIM, fornece as análises mais minuciosas e interage rapidamente com o projeto.

Com o arquivo IFC (Industry Foundation Classes) é possível reavaliar os projetos em diversos Softwares com tecnologia BIM e exportar para determinado programa para realizar o gerenciamento e compatibilidade dos projetos. Podem realizar projeto arquitetônicos com programas de uma empresa X e projetos complementares com Programas Y de outras empresas.

Antes muito usado o DXF (Drawing Exchange Format) para realizar a compatibilidade, sua linguagem era compatível com diversos programas, porém a perda de informação na hora de exportar era crítica e essa linguagem foi ficando obsoleta.

Diversas linguagens foram sendo deixadas para trás na parte de compatibilização e sendo adotado o IFC como linguagem universal.

O IFC é o único modelo existente de dados público, não propriedade e bem desenvolvido para construção e arquitetura. Ele é um padrão “de fato” em todo o mundo e está sendo formalmente adotado por vários governos e agências em diversas partes do mundo (EASTMAN, TELCHOLZ, *et al.*, 2014, p.84)

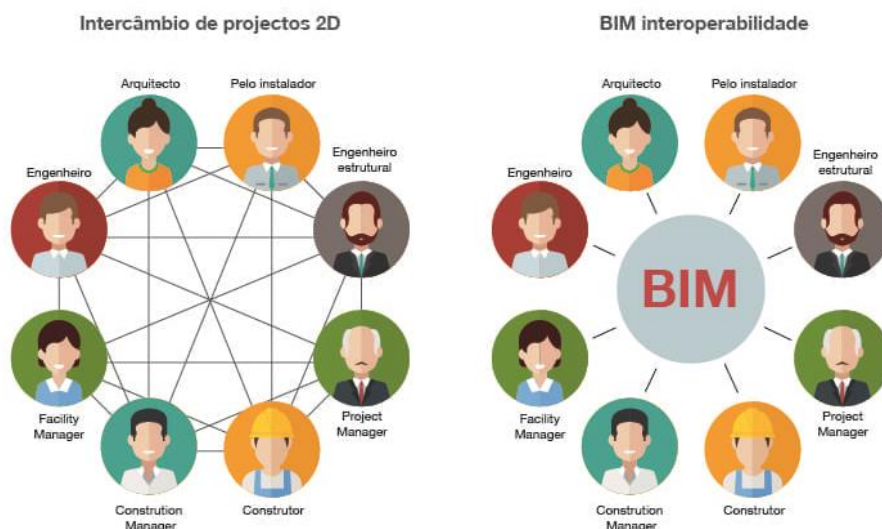


Figura 13 - Interoperabilidade BIM
Fonte: PRISMA, (2015).

Ferramentas de compatibilidades BIM como Navisworks, Solibri, Qibuilder está cada vez sendo aprimoradas para atender o novo mercado de BIM, pois além de compatibilização profissionais buscam atender o 4D,5D,6D através apenas de um programa.

No Navisworks, podem realizar a importação do IFC de diversos projetos de Software com interação BIM para ele, realizar a compatibilidade do projeto e realizar o tempo de execução da obra na *time line* do programa, gerar relatórios de erros de compatibilidade facilmente.

A Figura 14 demonstra o relatório gerado pelo Navisworks, onde é apresentado o conflito entre Projeto Estrutural e Projeto Hidráulico.

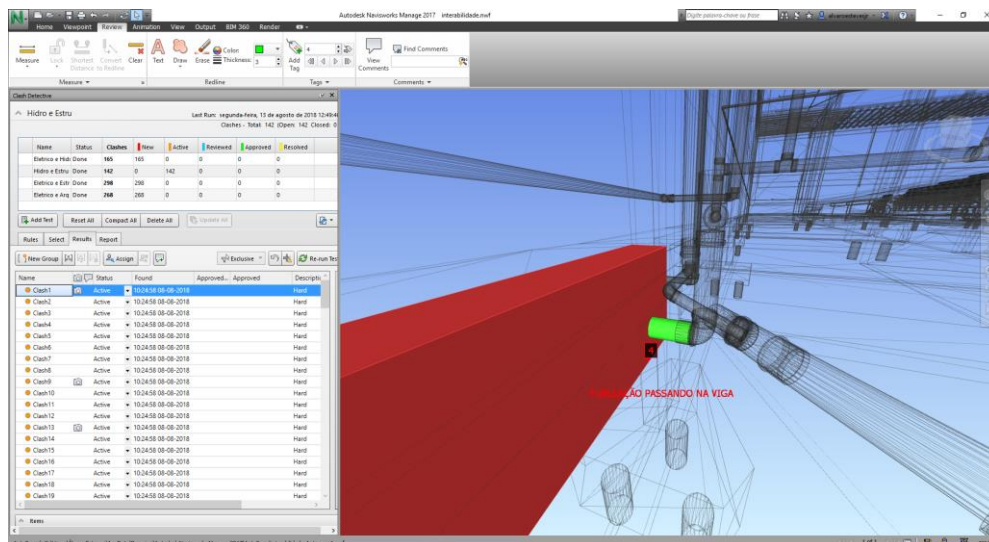


Figura 14 - Análise de Clash Navisworks 2017
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.5 BIM 360 TEAM

Além de ferramentas como Navisworks, utilizar o BIM 360 TEAM, programa que foi desenvolvido pela Autodesk para facilitar a comunicação dos diversos profissionais, pois com ele possibilita enviar seus arquivos em nuvens e esperar feedback de todos os outros profissionais, facilitando a comunicação e promovendo agilidade do projeto. Na figura 15 destaca-se tal procedimento de comunicação dos profissionais.

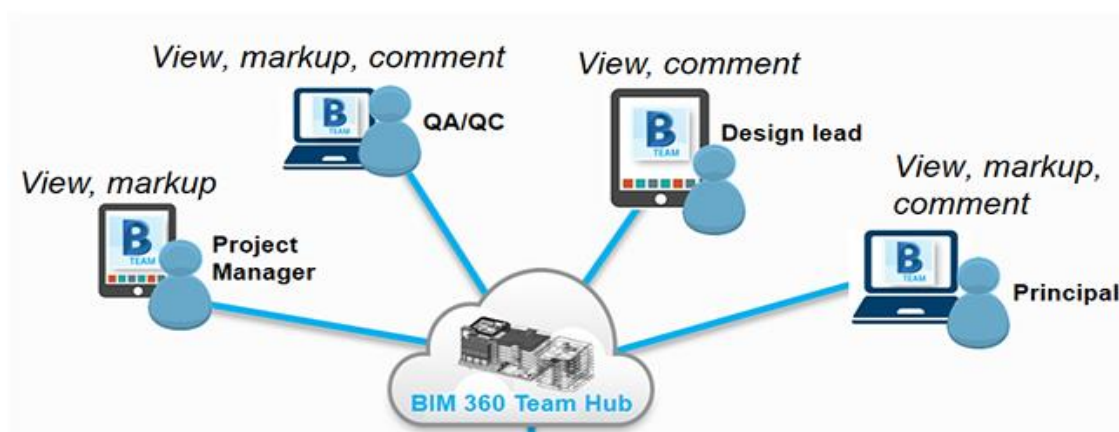


Figura 15 - BIM 360 Team
Fonte: AUTODESK, (2018).

Além do procedimento de todos enviarem seu projeto para análise, em possível usar tal recurso em aparelhos moveis, como tablet e celular para ter acesso ao projeto 3D e a plantas técnicas em 2D. A Figura 16 apresenta tal procedimento, demonstrando uma pequena anotação de erro, podendo ser analisada em computador ou tablet.



Figura 16 - Analise Team 360
Fonte: AUTODESK, (2018).

5 – REALIDADE VIRTUAL

A Realidade virtual é uma tecnologia capaz de enganar o sentido do usuário, criando um ambiente virtual que promove a sensação de realidade, podendo o mesmo ter interação a este ambiente, através da visão e da audição.

Nos últimos anos, a realidade virtual teve grande avanço no setor de jogos, e vem entrando com tudo no setor de arquitetura para visualização de projeto em 360º a tecnologia até então onerosa para escritórios, tem se tornado uma opção acessível e atraente para a venda e entendimento de projetos.

5.1 SITUAÇÃO ATUAL

Existem vários meios de atingir o objetivo de implantação da realidade virtual em um escritório. Descobrimos qual será o motivo de aplicação do RV, fica fácil a implantação, ela pode ser mais barata (versão mais simples) ou mais com custo mais elevado (versão profissional).

Hoje, trabalhando de forma acoplada a diversos programas da AEC, podem destacar nesse meio a tecnologia de renderização em 360°, muito utilizada para pequenas empresas poderem mostrar seus trabalhos de como o ambiente será realizado. Porém, a RV não fica apenas para mostrar sua tecnologia, hoje existe a possibilidade de andar dentro de uma edificação antes mesmo de ser construída, podem realizar a compatibilidade em diversos projetos de BIM com o poder da RV, marcar e fazer anotações em uma edificação utilizando o sistema BIM com o RV.

O IrisVR é um programa capaz de interagir totalmente com o sistema BIM e fazer anotações de compatibilidade de projeto. Existem sites que conseguem enviar seu arquivo para a nuvem e ter acesso rapidamente para uma análise em RV, como é o caso da plataforma online sketchfab, onde será apresentado nessa monografia a parte de compatibilidade de projeto.

O Gráfico Pesquisa 7, compreende a uma pesquisa realizada em redes sociais e fóruns voltados a profissionais da AEC a nível nacional, no período de 01/02/2018 a 02/06/2018, e trata de um comparativo no mercado atual sobre a realidade virtual.

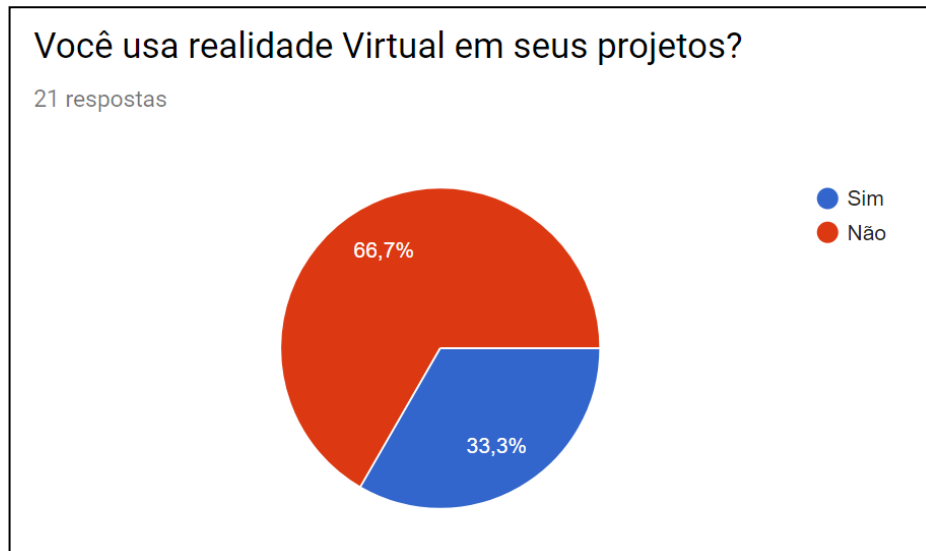


Gráfico Pesquisa 7 - Uso de Realidade Virtual no Projeto
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Analisar que o uso da realidade virtual ainda é baixo e destacado no gráfico de pesquisa 7, mas a grande procura para usar de tal sistema é gigantesco. Com isso a RV vem ganhando mercado, conquistando a atenção de profissionais e de empreendedores que buscam ampliar suas vendas e marketing.

5.2 EVOLUÇÃO

Para a implantação do sistema RV, hoje abrange de duas forma o sistema de realidade virtual.

A implantação de forma barata e usual, para atender em diversos ambientes. Esse é o caso do Óculos Cardboard -uma ferramenta de fácil manuseio e de custo acessível, porém sua desvantagem seria a qualidade da imagem que fica prejudicada pois é necessária a utilização de um celular com giroscópio para qualidade de imagem superior.

Na figura 17 destaca um dos Cardboard mais famosos, que seria do Google.



Figura 17 - Cardboard Google
Fonte: GOOGLE Cardboard , (2018).

A segunda opção seria a implantação de um óculos Rift desenvolvido há alguns anos pelos sócios Maicon Klug, Lucas Skroch e Leandro da Silva. Em questão de qualidade, podem destaca-se que estes óculos levariam a nota 10 e o Cardboard mais evoluído seria nota 8.

Porem existem outras grandes vantagens, na utilização dos óculos Rift, tais como ter a liberdade de andar no ambiente com diversas funções, pois existe um cabo em USB e HDMI que é conectado entre óculos e no computador e em um determinado Software as informações são trocadas. Fora que imagem pelo óculos seria de

FullHD com 1080p, e não necessitando de um celular. Ou seja ele é auto suficiente, na figura 18 destaca o modelo de óculos Rift.



Figura 18 - Óculos Rift
OCULOS VR, (2018).

Existem outros modelos disponíveis no mercado, cabendo ao profissional a análise de viabilidade para aquele que mais se adapta. Na tabela 3 destacasse as vantagens e desvantagens de utilizar tal sistema.

Vantagens e desvantagens da Realidade Virtual

Vantagens	Desvantagens
Análise do Ambiente para aprovação Verificação de compatibilidade Realidade do projeto ganha desempenho Facilidade de entender o projeto Baixo Custo no Óculos Cardboard	Custo elevado se for implantar o Óculos Rift Software específico Projeto em BIM (projeto avançado) - -

Tabela 3 - Vantagens e Desvantagens da realidade virtual
Fonte: Elaborada Pelo Autor (2018).

5.3 COMPATIBILIZAÇÃO COM REALIDADE VIRTUAL

A realidade virtual veio para ampliar o conceito de compatibilidade, ao analisar nossos projetos e verificar o que seria útil em uma obra e até mesmo fazer alterações simples em uma estrutura ou parte elétrica ou hidráulica.

Depois de realizar uma preliminar em programas de compatibilização como Navisworks, Solibri ou Qibuilder. Podem gerar a realidade virtual através de alguns programas como citado anteriormente. E realizado a última análise “visual” do local, até mesmo para o engenheiro que iram executar essa obra facilitaria poder dispor de tal tecnologia para visualizar a ideia. Para tudo isso funcionar deve ser um fluxo constante, que será aplicado nesse estudo de caso.

Outra pesquisa realizada em redes sociais, fóruns, voltado a profissionais da AEC a nível nacional, no período 01/02/2018 a 02/06/2018, nesse gráfico 8 destaca o interesse em usar realidade virtual para o projeto.

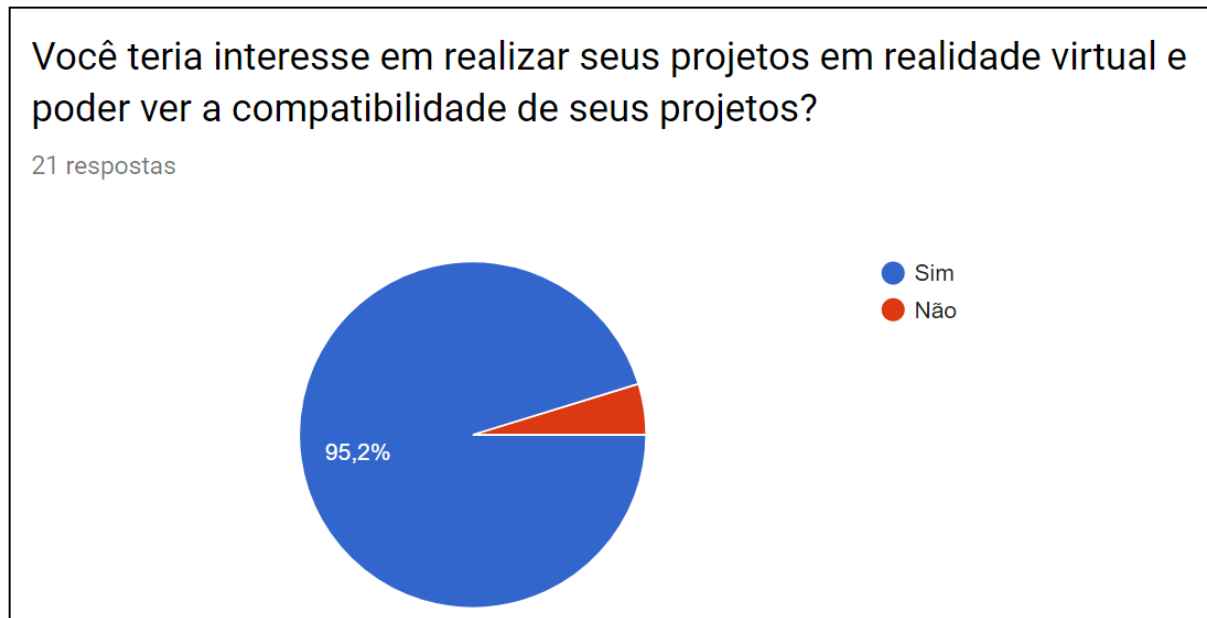


Gráfico Pesquisa 8 - Interesse em Realidade de Projeto
Fonte: Elaborado Pelo autor (2018).

Concluindo que o levantamento desses dados do gráfico da pesquisa 8 foi de forma positiva: isto mostra o quanto o mercado está interessado em aumentar seu conhecimento em determinados assuntos e tecnologias de RV.

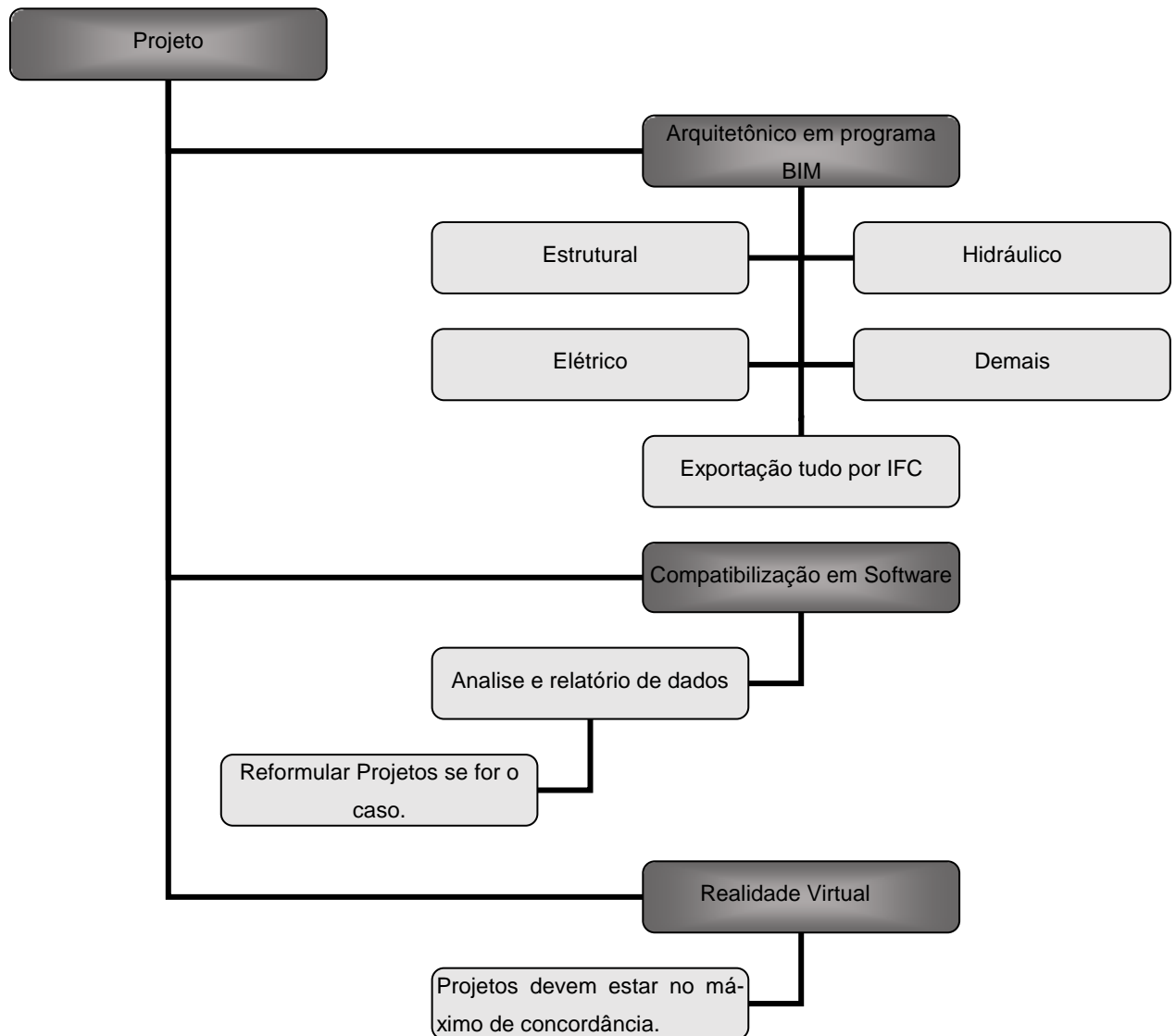


Figura 19 - Fluxograma das etapas de projeto de compatibilidade

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Com base nesse fluxograma da figura 19, identifica as etapas e processos a serem realizados para a compatibilização em BIM, lembrando que podem os Softwares que serão usados, lembrando que podem ser realizado em diversas formas, desde que possuam a o sistema BIM e exportação da dados em IFC ou outra linguagem de exportação.

6– ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi baseado em um projeto modelo para a Cidade de Cambuí – Minas Gerais, onde tem como objetivo a criação de um centro cultural, realizado para atender 30 mil habitantes. A localização é Rua Brinquinho de Princesa paralelo a Av. Airton Senna.

O Centro Cultural possui um sub solo com o Teatro com área de 659,88m² e com Capacidade de receber 200 pessoas portadoras de necessidades especiais, seguindo as recomendações da ABNT 9050-2015, com banheiros, camarotes e cabines para apresentação de teatro. Consta também no pavimento térreo com área de 778,77m² com varandas, cozinha, banheiros e um salão para exposição e recepções.

A metodologia aplicada para a realização do estudo de caso foi a compatibilidade de projeto com a utilização de BIM e realidade virtual. Logo, na figura 20, destacam-se fluxograma dos softwares BIM utilizados e o auxílio da realidade virtual para identificar pequenos fatores de erros não previstos em projetos. Foram realizados os projetos de estrutura, hidráulica, elétrico, arquitetônico, seguindo suas respectivas normas.

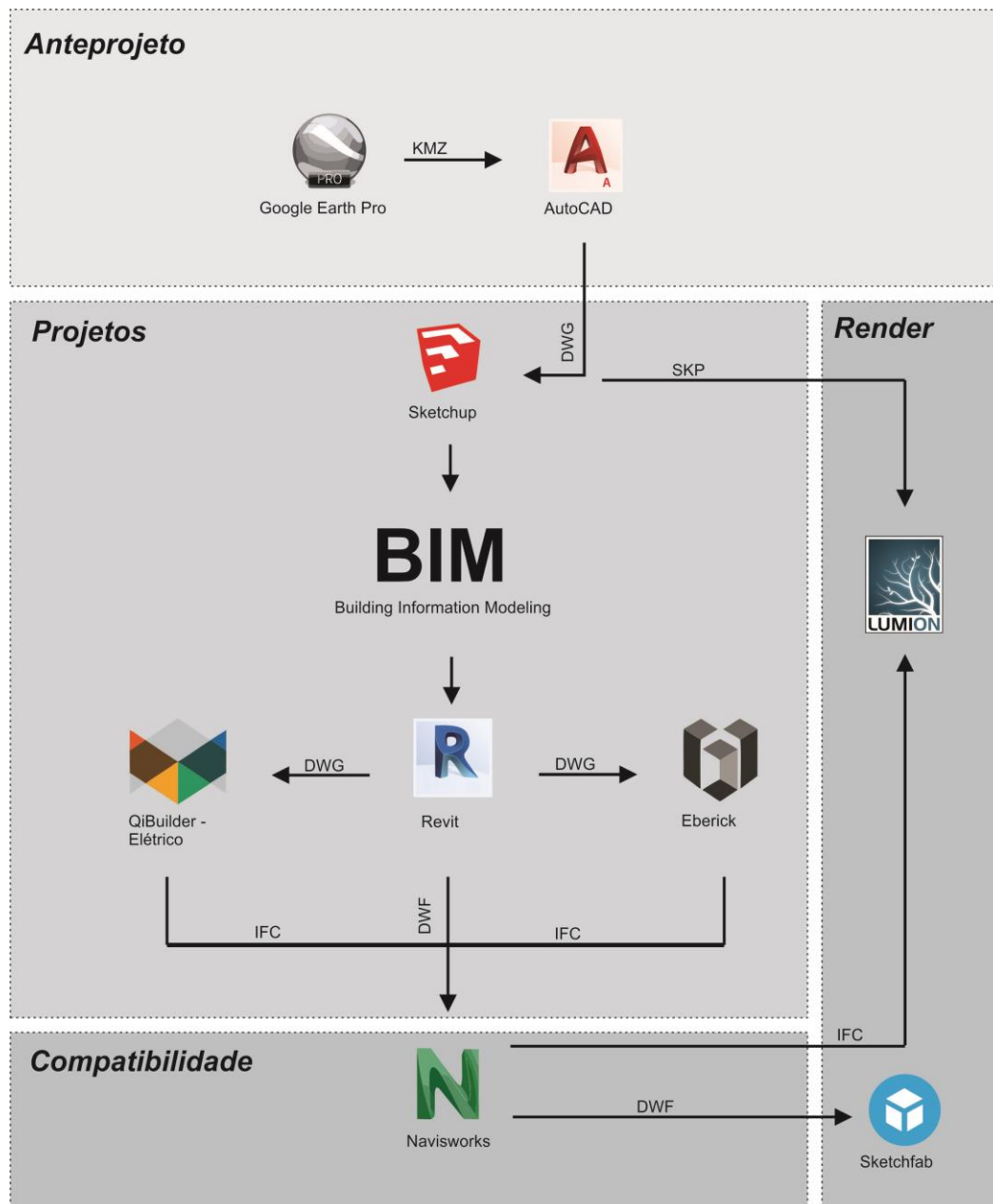


Figura 20 - Fluxograma de software utilizados

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

A avaliação da estrutura do projeto arquitetônico é avaliada na Figura 21 que pode ser acessada utilizando o QR CODE para visualização do projeto em tour 360° pelos ambientes e em 3D pelo Sketchfab.



Figura 21 - Renderização do Projeto Arquitetônico Centro Cultural

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O projeto estrutural foi realizado com o auxílio do Software Eberick V10 da empresa AltoQi e feita a exportação IFC para o Navisworks e realizada a compatibilidade. Através da Figura 22, verifica-se o projeto estrutural em 2D, podendo também acessar em 3D com o QR CODE.

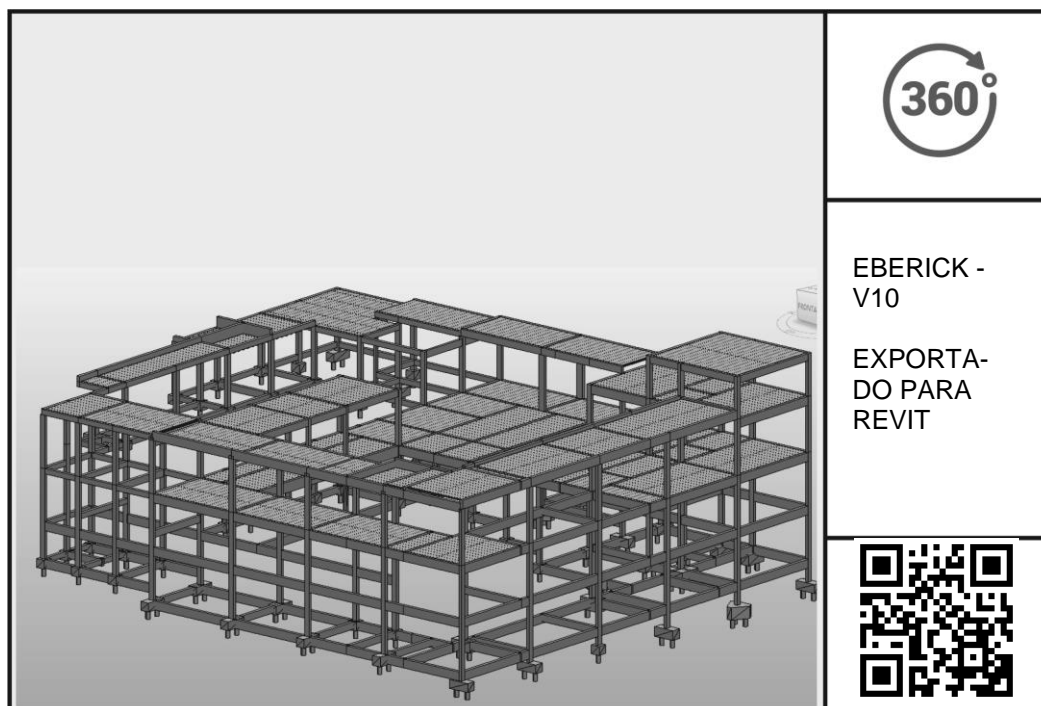


Figura 22 - Estrutura de Concreto Armado do Centro Cultural
Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

Os demais projetos, Elétrico realizado no QiBuilder/AltoQi e Hidráulico realizado no Revit/Autodesk, podem ser visualizados nas figuras 22 e 23 respectivamente.

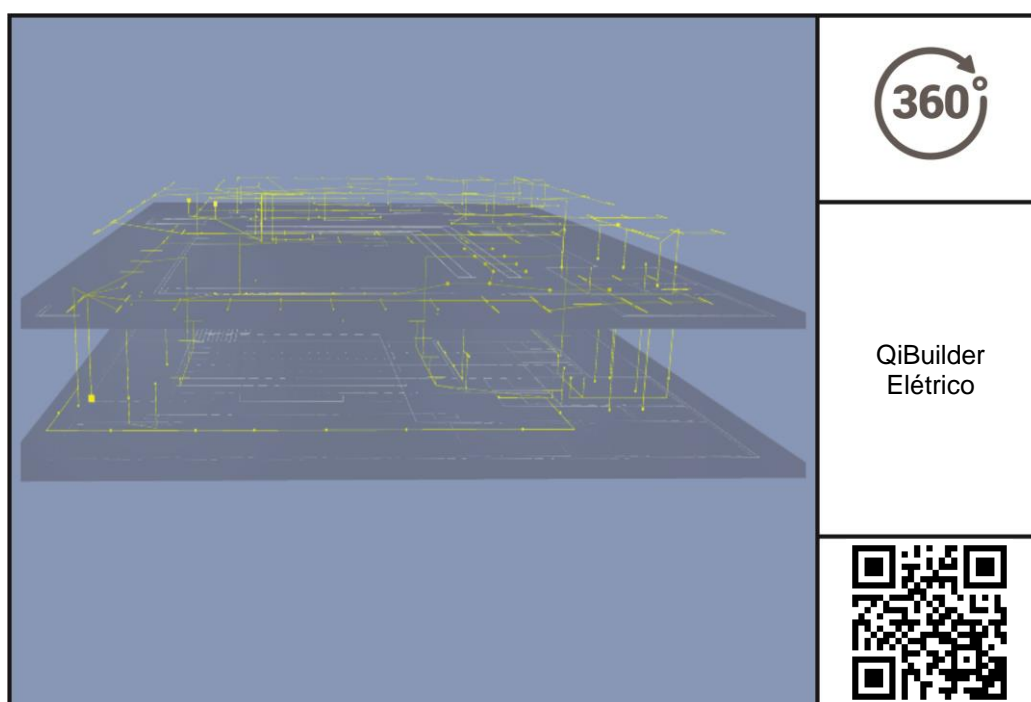


Figura 23 - Elétrico do Centro Cultural
Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

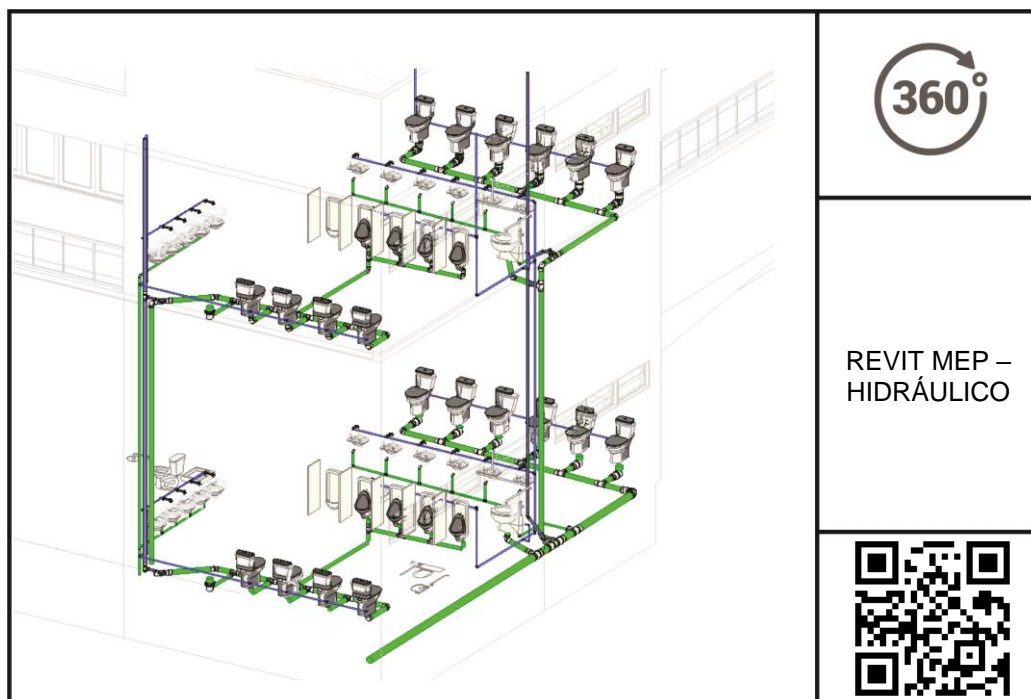


Figura 24 - Hidráulico Centro Cultural
 Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

6.1 INTEROPERABILIDADE DOS PROJETOS

Os projetos do Estudo de caso do centro cultural, foram exportados em diferentes versões de linguagem para compatibilizar no software Navisworks da empresa Autodesk.

Destaca-se, na figura 20, o fluxograma dos arquivos exportados realizando a junção dos projetos nos programas, duas imagens para a visualização. A figura 25 mostra a visualização da estrutura de concreto armado, hidráulico e elétrico juntos. A figura 26, além dos projetos citados anteriormente, com o projeto arquitetônico

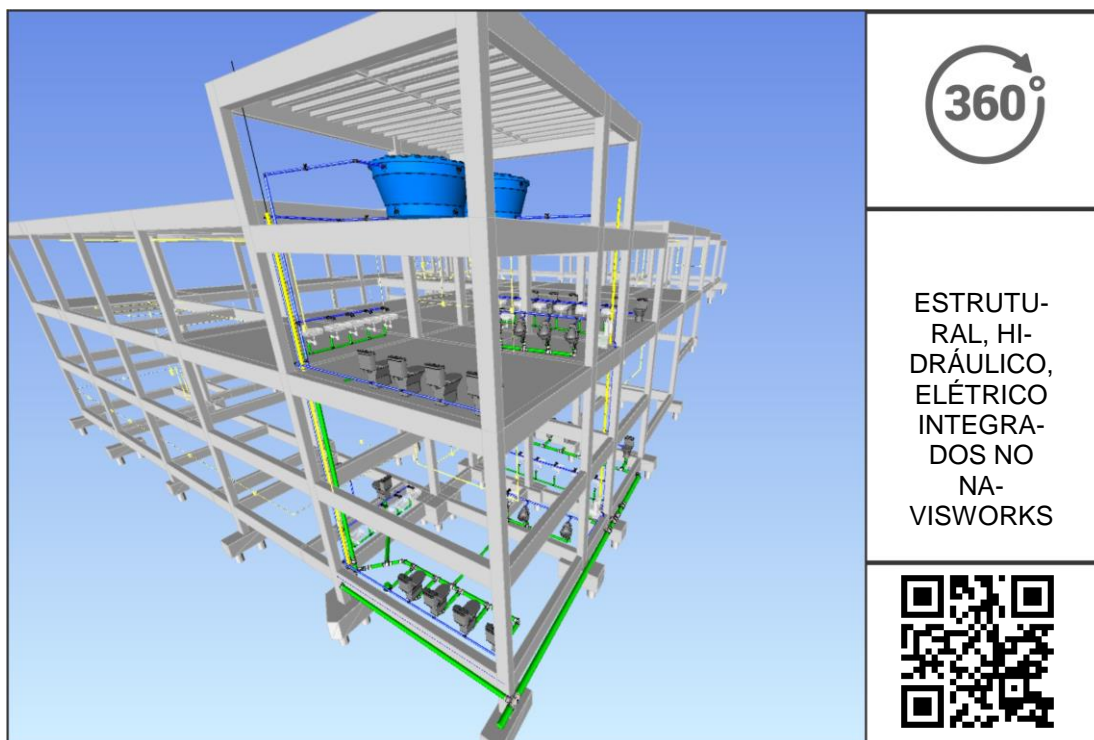


Figura 25 - Compatibilidade do Elétrico, Hidráulico e Estrutural
 Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

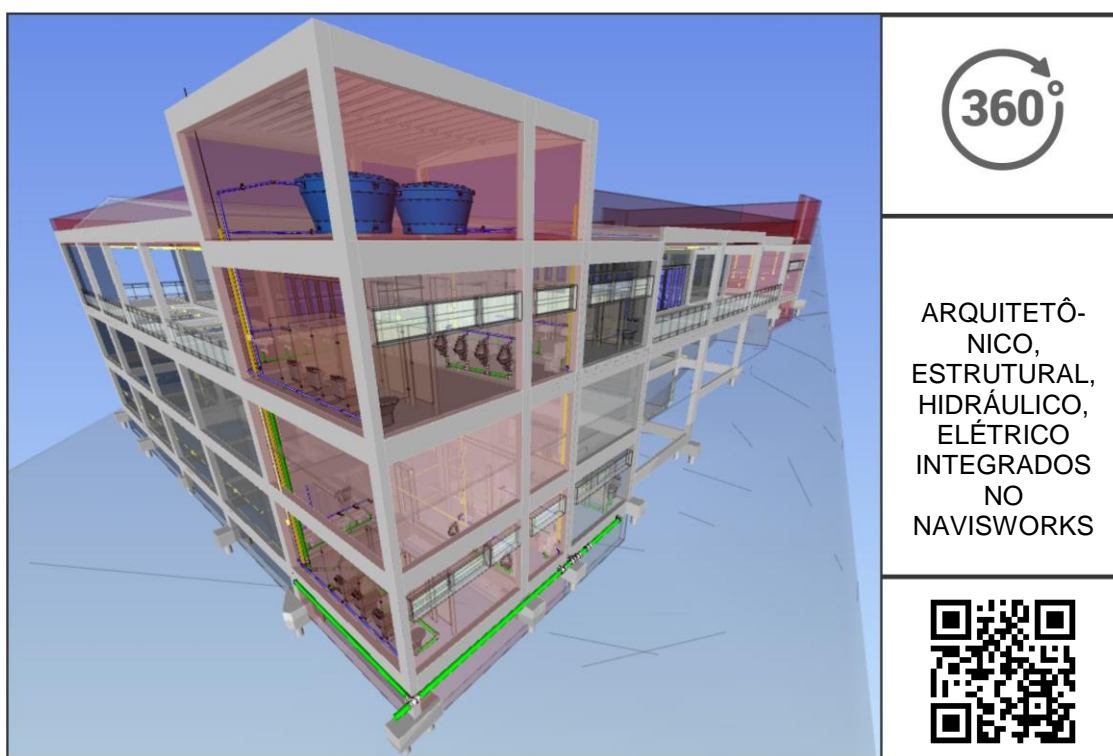


Figura 26 - Compatibilidade Elétrico, Hidráulico, Estrutural e Arquitetônico
 Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

6.2 COMPATIBILIDADE DOS PROJETOS

Após realizadas as junções dos projetos, foi realizada a análise de compatibilidade na plataforma Navisworks. Através do comando “Clash Detective” é possível rastrear possíveis erros no projeto. Porém, as análises computacionais não ignoram a necessidade de análise minuciosa e cautelosa do responsável técnico, pois o programa detecta erros críticos. No estudo de caso foram detectados 4 erros de projeto, que estão listados nas tabelas 4 e 5.



Clash Report

Elétrico e Arquitetônico	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.001m	268	266	2	0	0	0	Hard	Old

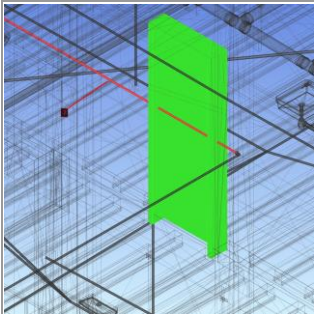
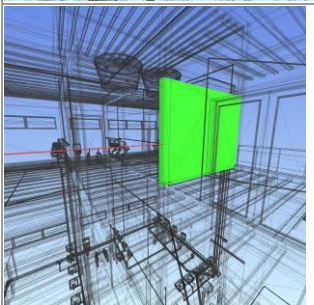
Item					
Imagem	Clash Name	Status	Date Found	Clash Point	Comments
	Clash82	Active	2018/8/8 14:36.32	x:5.704, y:-4.160, z:7.388	Álvaro Esteves 2018/8/8 16:14.59 Conduite Passando Na Porta, Sem Passagem.
	Clash155	Active	2018/8/8 14:36.32	x:6.019, y:-4.231, z:7.383	Álvaro Esteves 2018/8/13 17:53.53 Conduite Impedindo A Passagem

Tabela 4 - Clash Report Navisworks - Elétrico e Arquitetônico

Fonte: Gerado pelo Navisworks (2018).

Hidráulico e Estrutural	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.001m	142	140	2	0	0	0	Hard	Old

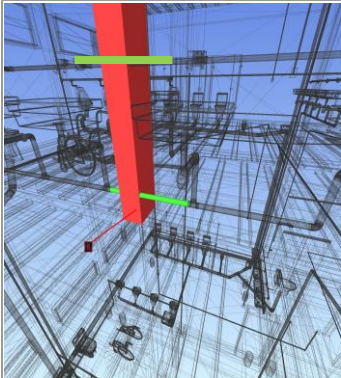
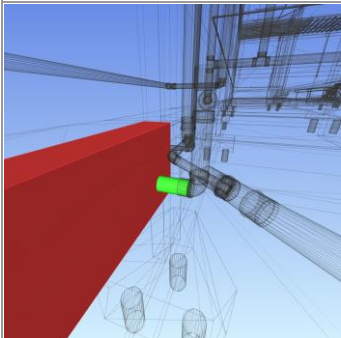
Item						
Imagem	Clash Name	Status	Date Found	Clash Point	Comments	
	Clash46	Active	2018/8/8 13:24.58	x:3.237, y:-6.423, z:6.511	<i>Álvaro Esteves</i> 2018/8/13 17:56.14 Tubulação Passando Na Horizontal No Pilar	
	Clash1	Active	2018/8/8 13:24.58	x:5.530, y:-0.208, z:-0.067	<i>Álvaro Esteves</i> 2018/8/13 17:56.55 Tubulação Passando Na Viga	

Tabela 5 - Clash Report Navisworks - Hidráulica e Estrutural

Fonte: Gerado pelo Navisworks (2018).

6.3 SOLUÇÕES APRESENTADAS

As soluções apresentadas para as incompatibilidades expostas na Figura 27, são relacionadas à ajustes para atendimento das Normas Técnicas vigentes e viabilizar o custo x benefício junto à uma execução facilitada.

6.3.1 Clash 82 e 155

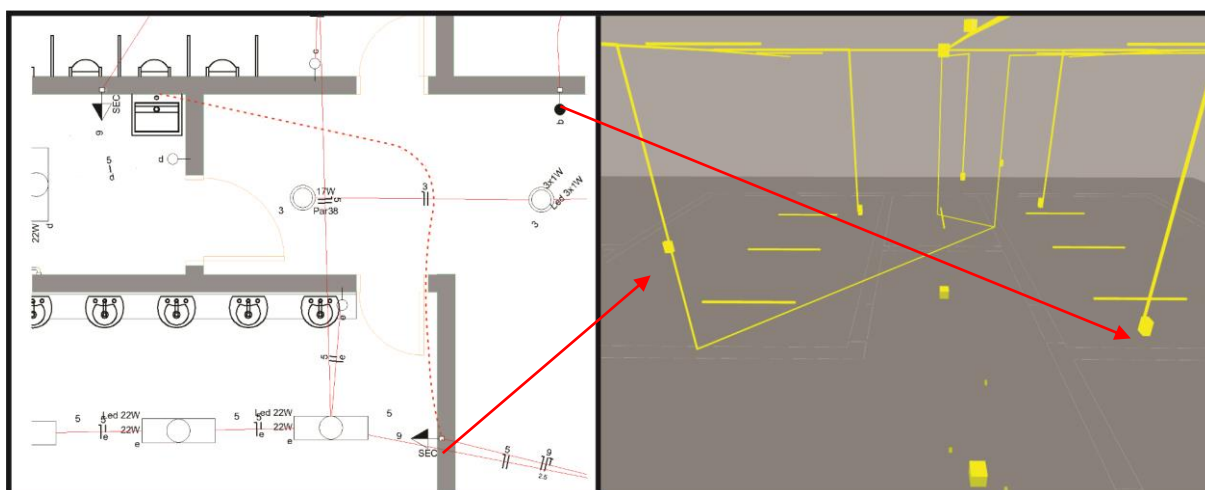


Figura 27 - Solução da incompatibilidade do Clash 82 e 155
Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

Destaca-se a solução de incompatibilidade do Clash 82, conduíte desviado para o teto para chegar no interruptor “b”. Clash 155, conduíte passando no piso para chegar na tomada TUE - Secador.

6.3.2 Clash 46

A tubulação do ramal de esgoto da pia, estava entrando em conflito com o estrutural, representada no Clash 46, para solução desse problema foi realizado outro dimensionamento nessa região, fazendo com que a tubulação desça vertical na viga 4, respeitando a norma da NBR 6118:2014 - item 21.3.3. E a tubulação de agua fria também foi redimensionada, descendo verticalmente na viga superior 7.

Analisando na figura a seguir, o detalhamento da Viga 4 e 7 com a abertura correta de acordo com a norma para passar o ramal de esgoto e de agua fria.

Conforme a norma NBR 6118:2014 - item 21.3.3:

- Não possuir diâmetro superior a 1/3 da largura da viga;
- Ter distância mínima de 5cm ou 2 x cobrimento até a face da viga;
- No caso de mais de um furo vertical, eles devem estar afastados pelo menos 5 cm um do outro.

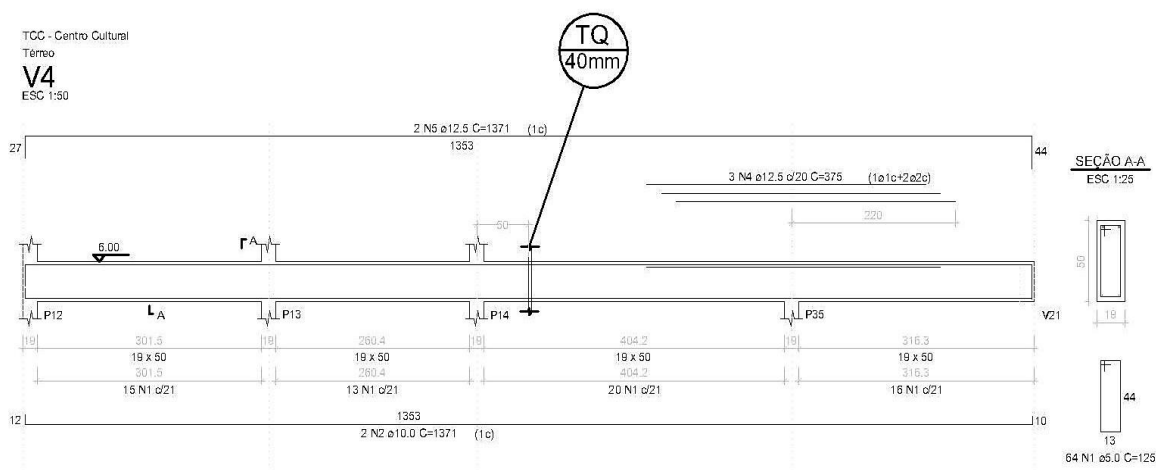


Figura 28 - Solução da incompatibilidade do Clash 46 - Tubo do Ramal
Fonte: Elaborada Pelo Autor (2018).

A V4 está com a seção 19x50cm dimensionada corretamente, então não houve alteração em projeto, apenas uma anotação que nessa viga passará em tubo de esgoto para depois prosseguir para o ramal de descarga conforme mostra a figura 28.

A viga V7 com seção de 19x50cm, para receber água fria passando verticalmente, está dimensionada corretamente, porém deverá ser alterada a armadura negativa, pois uma barra de 8.0mm se encontra passando no eixo central superior e inferior, entrando em conflito com o tubo hidráulico. Conforme demonstra nas figuras 29 e 30.

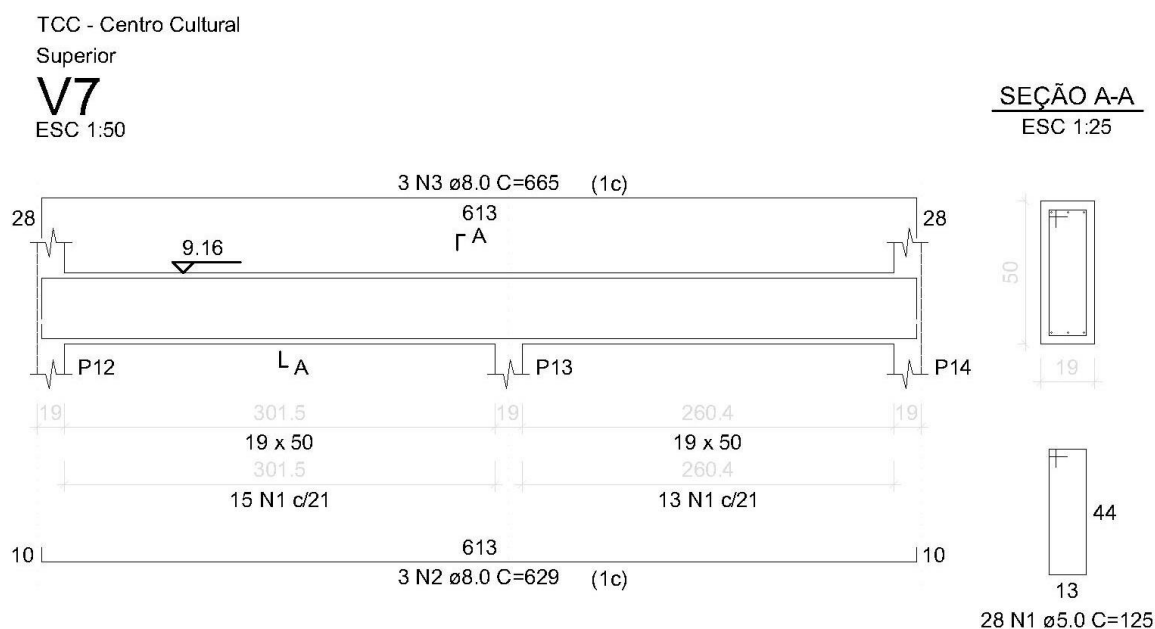


Figura 29 - Incompatibilidade da Viga V7 - Água Fria

Fonte: Elaborada Pelo Autor (2018).

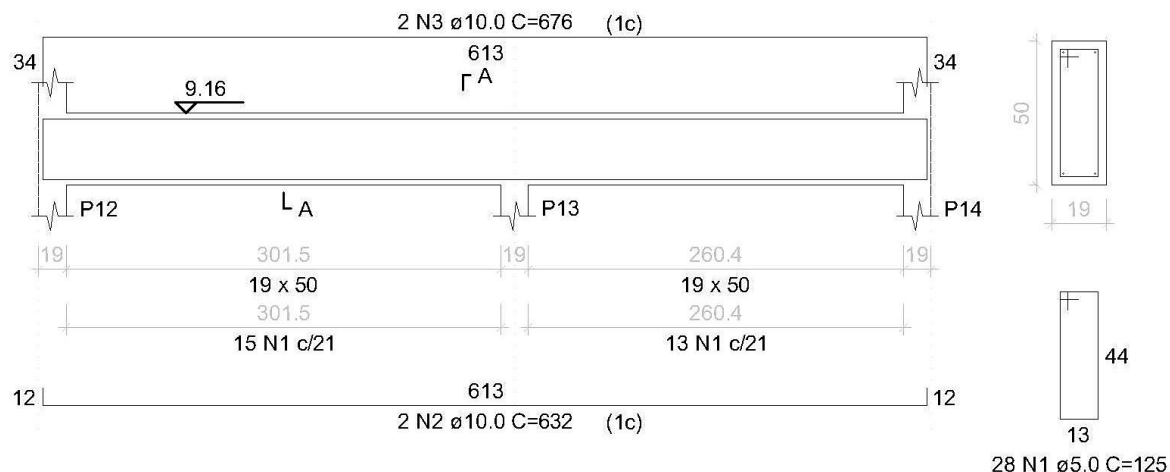


Figura 30 - Solução da incompatibilidade da Viga V7 - Água Fria
Fonte: Elaborada Pelo Autor (2018).

Na visualização 3D destaca-se a Figura 31, demonstrando a interferência na passagem das tubulações citadas acima.

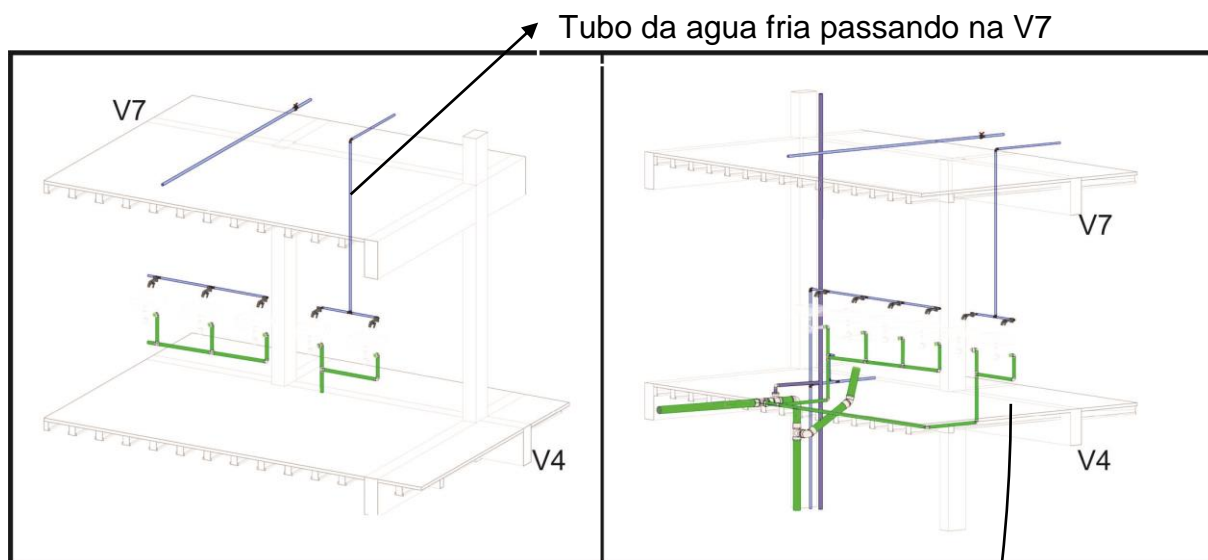


Figura 31 - Soluções Propostas para o Clash 46
Fonte: Elaborada Pelo Autor (2018).

Tudo de Esgoto passando na V4 e caminhando até o
Tudo de queda.

6.3.3 Clash 01

Analisando, destaca-se que o tubo de queda de esgoto está passando dentro da viga V1 da fundação. Porém, analisando os diagramas de esforço cortante e momento foi declarado inválida passagem da tubulação por aquele lugar, pois o esforço solicitante do cortante próximo ao Pilar P2 é muito grande e ficaria inviável a execução naquele ponto. As figuras 32, 33 e 34 apresentam o diagrama da viga V1 para análise.

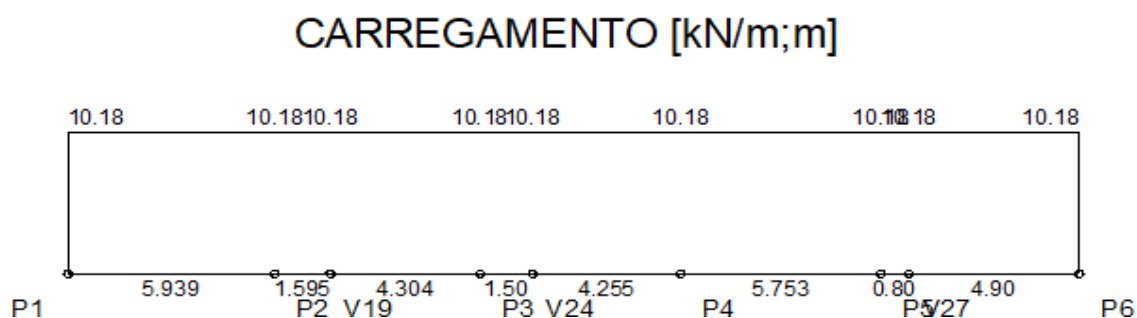


Figura 32 - Carregamento Viga Baldrame V1

Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

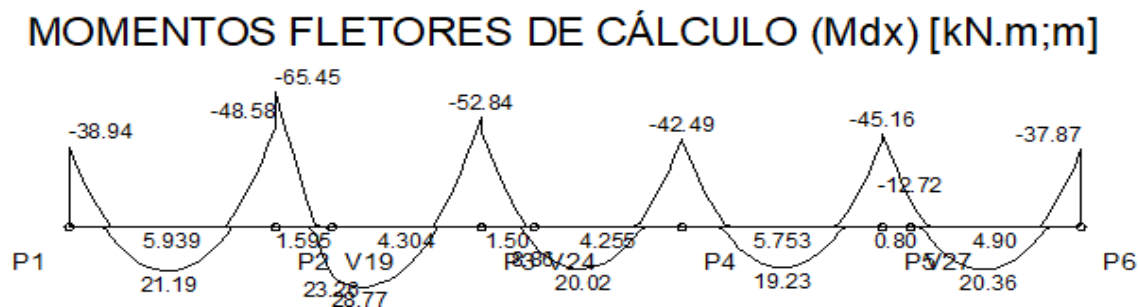


Figura 33 - Momento Fleto na Viga Baldrame V1

Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

ESFORÇOS CORTANTES DE CÁLCULO (V_{dx}) [kN;m]

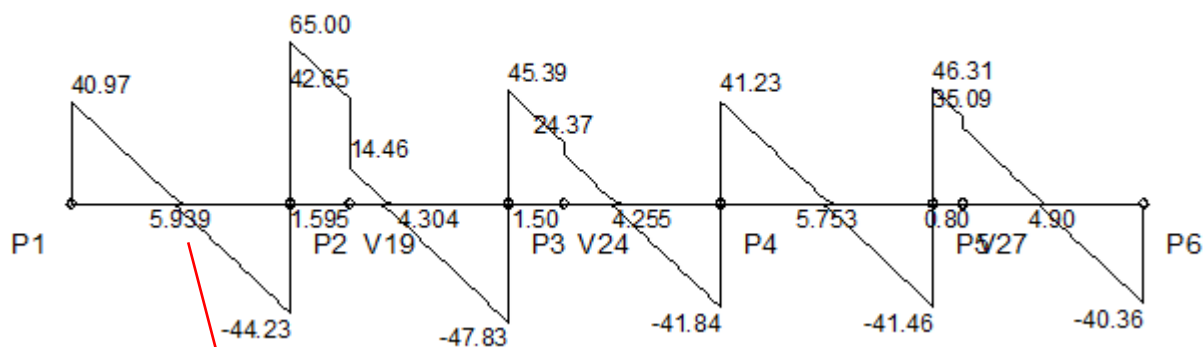


Figura 34 - Esforço Cortante na Viga Baldrame V1
Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

Local destinado

O local destinado para a passagem da tubulação na viga, é onde o esforço cortante seja nulo, lembrando que a seção comprimida deverá ser localizada acima ou abaixo do furo.

Foi redimensionada a tubulação para melhor adaptação entre a estrutura e a hidráulica, conforme demonstrado nas Figuras 35 e 36.

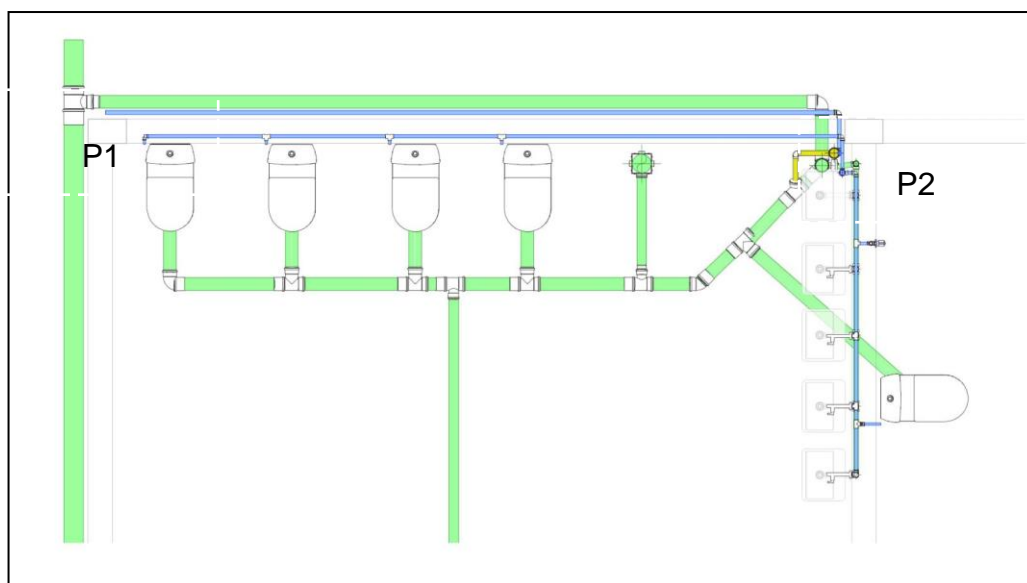


Figura 35 - Incompatibilidade do Clash 01
Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

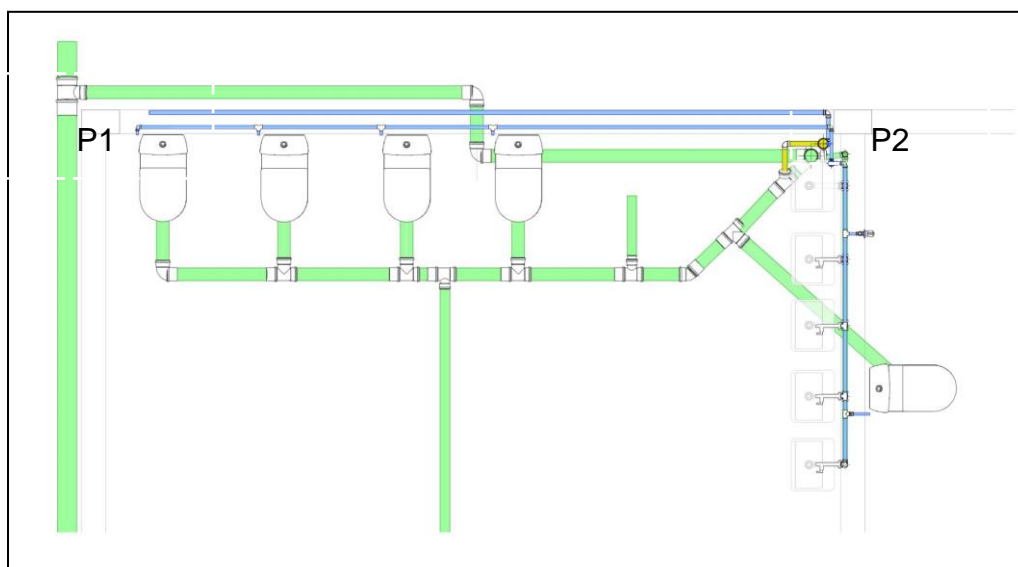


Figura 36 - Soluções Propostas para o Clash 01
Fonte: Elaborado Pelo Autor (2018).

Realizadas as análises de compatibilidade entre os projetos, são então desenvolvidas as pranchas técnicas para ir para a execução.

Com o tempo gasto nessa parte de compatibilidade, houve grandes ganhos de tempo na execução e diminuição de custos, lembrando que tudo deve ser realizado em equipe, para melhor desempenho do empreendimento.

7 – CONCLUSÃO

Os avanços tecnológicos no âmbito da construção civil têm proporcionado facilidades e funcionalidades para o desenvolvimento desse setor. Entretanto, ainda há certa dificuldade de agregar as novidades à sociedade brasileira; uma vez que a cultura de construção civil em nosso meio é um tanto quanto arcaica. No cenário nacional, ao contrário do que ocorre em outros países, a construção civil é um dos setores que menos acompanha as evoluções tecnológicas. De certa forma, isso ocorre porque os profissionais do mercado brasileiro auferem essas evoluções como um risco às suas práticas usuais, as quais, eles já consideram corretas.

Entretanto, pesquisas realizadas com profissionais da área de construção civil atuantes no mercado nacional, demonstram que há um anseio por mudanças e por implantação/utilização de sistemas mais eficazes, que reduzam perdas e prejuízos na execução das obras.

Atualmente, com a gama de informações disponíveis no mercado, é possível realizar a compatibilização de projetos mesmo em pequenos escritórios; não estando mais restrito às grandes empresas o acesso e utilização de tais ferramentas.

Com o BIM, é exequível desenvolver projetos mais precisos e realistas, evitando situações em que a execução é impossível ou inviável. Essa tecnologia viabiliza identificar possíveis erros de execução, ao detectar as incompatibilidades entre partes distintas de um mesmo projeto. Permite ainda acoplar a essa ferramenta, outras tecnologias tais como a Realidade Virtual, ampliando ainda mais as vantagens e benefícios. Visualizar um projeto em Realidade Virtual faculta uma melhor compreensão do empreendimento em questão, uma vez que tanto o cliente como a equipe responsável pelos projetos podem “circular” dentro dessa obra, muito antes da sua execução. Isso ameniza os riscos de insatisfações ao término do cumprimento do projeto.

É importante ressaltar que a prática de comunicação por sistemas integrados de BIM, tende a diminuir a utilização do sistema CAD. Isso desperta uma necessidade de aprimorar os conhecimentos, não só por parte de quem cria e desenvolve o pro-

jeto, mas também por parte de quem executa o mesmo. Ou seja, faz-se necessário uma capacitação para qualificar todos os profissionais envolvidos no projeto.

Por fim, as inúmeras vantagens da utilização de um sistema BIM na realização de projetos da construção civil, já são conhecidas e amplamente divulgadas. Cabe aos profissionais desse setor, atuantes no mercado, aprimorarem-se e englobarem essas ferramentas às suas práticas usuais. O BIM não é apenas uma nova abordagem da construção civil, mais que isso, ele é uma ferramenta de uma qualidade e garantia de satisfação por parte de todos os envolvidos no projeto.

7.1 TRABALHOS FUTUROS

- Dynamo BIM;
- Gestão empregando BIM;
- BIM vs CAD;
- Compatibilidade de projeto em CAD;
- Conspecção de projeto com realidade Virtual;
- Realidade Virtual e Aumentada em projeto de engenharia civil.
- GIS integrado ao BIM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTODESK. <https://bim360.autodesk.com/>. **BIM 360**, 2018. Disponível em: <<https://bim360.autodesk.com/>>. Acesso em: julho 2018.

BANKS, J. Shoeg nome. **http:** //www.shoegnome.com, 2012. Disponível em: <<http://www.shoegnome.com/2012/10/15/how-bim-can-bankrupt-your-firm/>>. Acesso em: 10 Julho 2018.

BRASIL. decreto nº 9.377, de 17 maio 2018. **Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**, Brasília, DF, Maio 2018.

BUILDING SMART. <http://www.buildingsmart-tech.org>. **Building Smart**, 2016. Disponível em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/summary>>. Acesso em: 11 Março 2018. Traduzido por Alvaro Esteves.

BUILDING SMART. <https://www.buildingsmart.es>. **Building Smart**, 2016. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.es/bim/>>. Acesso em: 10 Julho 2018. il. color.

CAMPBELL, D. <http://beyonddesign.typepad.com>. **Beyond design typepad**, 2015. Disponível em: <<http://beyonddesign.typepad.com/posts/2015/09/complementary-components-of-collaboration-bim-lean-and-ipd.html>>. Acesso em: 11 Julho 2018.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM**. Tradução de Cervantes Gonçalves; Kléos Magalhães, *et al.* Porto Alegre: Bookman, 2014.

FONTENELLE, E. C. **Estudos de caso sobre a gestão do projeto em**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.

FORGIARINI, J. **Vantagens da compatibilização de projetos na engenharia civil aliada ao uso da metodologia BIM.** Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria, p. 76. 2015.

GOOGLE. **Vr Google. Vr Google**, 2018. Disponível em: <<https://vr.google.com/cardboard/>>. Acesso em: 18 Agosto 2018.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos.** Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT. São Paulo. 2003.

HELMAN, H.; ROBERTO, P. P. A. **Análise de falhas:** (aplicação dos métodos de FMEA e FTA). Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, 1995. 156 p.

JÚNIOR, E. **BIM NO PROJETO EXECUTIVO: PROTÓTIPO VIRTUAL UTILIZANDO A DOCUMENTAÇÃO E COMPREENSÃO DE.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 109. 2017.

KAMARDEEN, I. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design.** University of New South Wales. [S.I.], p. 10. 2010.

KILDERE WHIKICHAN. <https://kildere.com.br>. **kildere**, 2018. Disponível em: <[https://kildere.com.br/site/compatibilizacao/#lightbox\[auto_group1\]/0/](https://kildere.com.br/site/compatibilizacao/#lightbox[auto_group1]/0/)>. Acesso em: 11 Julho 2018.

MARIA, J. **Modelo de Maturidade BIM para a Indústria Nacional.** Técnico Lisboa. [S.I.]. 2016.

NAKAMURA, J. Pré-fabricados de concreto. **Téchne**, n. 221, Agosto 2015.

OCULOS VR. Oculus. **Oculus**, 2018. Disponível em: <<https://www.oculus.com/>>. Acesso em: 18 Agosto 2018.

OLIVEIRA , A. BIM e os níveis de desenvolvimento. **bim expert**, Outubro 2015. Disponível em: <<https://bimexperts.com.br/bim-e-os-niveis-de-desenvolvimento/>>. Acesso em: 11 Novembro 2018.

OMNIRIE. Omnirie. **http: //omnirie.com**. Disponível em: <<http://omnirie.com/BIM-Building-Information-Modeling.html>>.

PÉREZ, I. <https://www.bimcommunity.com>. **bim community**, 2017. Disponível em: <<https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>>. Acesso em: 11 Julho 2018. Traduzido e modificado Alvaro Esteves.

PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1993.

PRISMA. <http://www.prismaprogetti.com>. **Prisma progetti**, 2015. Disponível em: <<http://www.prismaprogetti.com/bim>>. Acesso em: 26 Maio 2018.

SRINSOFTTECH. SRINSOFT TECH. **SITE DA SRINSOFT TECH**, 2017. Disponível em: <<https://www.srinsofttech.com/bim-level-of-development-lod-300-400-500.html>>. Acesso em: 17 Setembro 2018.

TÉCHNE. A consolidação do BIM como ferramenta de projeto no Brasil. **Téchne**, n. 237, dezembro 2016.

TÉCHNE. O BIM está aí para quem souber usar. **Téchne**, n. 234, setembro 2016.

YEOH, J. <http://www.wikispaces.com>. **Wiki spaces**, 2018. Disponível em:
<<https://bim-nus.wikispaces.com/History+of+BIM>>. Acesso em: 15 Março
2018..il.color.