



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

GUSTAVO NEPOMUCENO ARAÚJO

**ANÁLISE DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE UM EDIFÍCIO
INSTITUCIONAL EM AMBIENTE BIM**

PALMAS

2019

GUSTAVO NEPOMUCENO ARAÚJO

**ANÁLISE DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE UM EDIFÍCIO
INSTITUCIONAL EM AMBIENTE BIM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

APROVADO POR:

Prof. Gilson Marafiga Pedroso, DSc. (IFTO)
(Orientador)

Profª Elen Oliveira Vianna, DSc. (IFTO)
(Coorientadora)

Prof. Flávio Roldão de Carvalho Lelis, DSc. (IFTO)
(Examinador interno)

Prof. Dr. Virley Lemos de Souza, DSc. (IFTO)
(Examinador interno)

Palmas-TO, 05 de março de 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAÚJO, GUSTAVO NEPOMUCENO

Análise da compatibilização de projetos de um edifício institucional em ambiente BIM. / Gustavo Nepomuceno Araújo – Palmas, TO, 2019, 127f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas, 2019.

Orientador: Gilson Marafiga Pedroso

Coorientadora: Elen Oliveira Vianna

1. Interferências 2. Coordenação 3. Modelagem

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, G.N. (2019). **Análise da compatibilização de projetos de um edifício institucional em ambiente BIM**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, TO, 127f.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Gustavo Nepomuceno Araújo

TÍTULO: Análise da compatibilização de projetos de um edifício institucional em ambiente BIM.

GRAU: Bacharel

ANO: 2019

É concedido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins a permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma cópia para esta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Gustavo Nepomuceno Araújo
Palmas, TO – Brasil
gustavon.eng@gmail.com

“[...] Esquecendo-me das coisas que para
trás ficam, e avançando para as que diante
de mim estão, prossigo para o alvo [...]”
(Filipenses 3, 4-5 – Bíblia Sagrada-ARA)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela dádiva da vida, e pela graça que derramou sobre mim para que eu tivesse forças para iniciar e permanecer durante toda a graduação no Instituto Federal do Tocantins.

À minha família, em especial meus pais, Ivacy e Nilsan, minhas irmãs, Paloma e Rebeca, e meus primos, Alisson, Álen, Alice, Rangel, Sindy e Leonardo que me acompanharam e me supriram nos momentos mais difíceis, além de serem meus maiores incentivadores não somente durante a realização desse trabalho, mas ao longo de todo o curso.

Ao professor Dr. Gilson Marafiga Pedroso por aceitar o convite para a realização desse trabalho, pelo tempo dedicado nas proveitosas orientações, pela disponibilidade, e por ser uma inspiração como profissional e como pessoa para mim.

À professora Dra. Elen Oliveira Vianna, por aceitar o convite para me coorientar mesmo ao término do seu doutorado, pelo encargo e pelas valiosas contribuições no desenvolvimento desse trabalho, estando sempre disposta a colaborar.

Aos meus colegas e amigos de academia e de ministério, em especial às minhas amigas Adriana, Kariny e Patrícia, que me auxiliaram e incentivaram durante a realização desse trabalho.

RESUMO

O uso de tecnologias que utilizam o conceito de Modelagem das Informações da Construção (*BIM*), desponta como uma das mais promissoras ferramentas para fomentar o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos no setor da construção civil brasileira. A etapa inicial do presente trabalho está composta pela revisão bibliográfica acerca dos conceitos, benefícios e aplicações do *BIM* e da coordenação de projetos na construção civil. O edifício objeto de estudo escolhido foi de cunho institucional, do qual, os projetos, obtidos em *CAD*, foram remodelados em um software *BIM*. Em fase posterior, foram elencadas na literatura as interferências mais recorrentes entre as disciplinas de arquitetura, estruturas e instalações hidrossanitárias, e, com base nos dados levantados, foi elaborado um roteiro para realização da detecção automática de interferências (*clash detection*), com a utilização do software de revisão de projetos *Navisworks*. As interferências detectadas foram agrupadas e caracterizadas por disciplinas onde foram feitas as análises pertinentes. O estudo permitiu a identificação de 1843 interferências entre as concepções, das quais, algumas foram detectadas ainda durante a modelagem e a maior parte (92,4%), por meio da detecção automática de interferências. Foi possível elencar, por meio dos resultados obtidos, alguns desafios na utilização de plataformas *BIM* na compatibilização de projetos, sendo os principais as inconsistências encontradas no modelo e limitações dos softwares utilizados para o tipo de edifício objeto de estudo. De modo análogo foram listados diversos benefícios nessa utilização, com destaque para a capacidade de automação do sistema e o grande grau de confiabilidade no processo de detecção de interferências. Logo, a utilização do *BIM* na compatibilização de projetos desponta como potencial para promover uma mudança de paradigma no desenvolvimento de projetos institucionais, alterando a atuação do coordenador de projetos e automatizando a detecção de interferências.

Palavras-chave: Interferências, Coordenação, Modelagem.

ABSTRACT

The use of technologies that use the concept of Building Information Modeling (BIM), emerges as one of the most promising tools to foster productivity and product quality increase in the Brazilian construction industry. The initial stage of the present work is composed by the bibliographic review about the concepts, benefits and applications of BIM and the coordination of projects in civil construction. The chosen study building was of institutional character, from which the projects, obtained in CAD, were remodeled in BIM software. At a later stage, the most recurrent interferences between the disciplines of architecture, structures and hydrosanitary installations were listed in the literature, and, based on the data collected, a script was developed to perform the automatic clash detection, using a project review software, the Navisworks. The detected interferences were grouped and characterized by disciplines where the pertinent analysis were made. The study allowed the identification of 1843 interferences between the conceptions, some of which were still detected during the modeling and most (92.4%), through the automatic clash detection. It was possible to list, through the obtained results, some challenges in the use of BIM platforms in the compatibilization of projects, being the main inconsistencies found in the model and limitations of the software used for the type of building that was object of study. In the same way, a number of benefits have been listed in this use, with emphasis on the system's automation capability and the high degree of reliability in the interference detection process. Therefore, the use of BIM in the compatibilization of projects emerges as a potential to promote a paradigm shift in the development of institutional projects, altering the work of the project coordinator and automating the clash detection.

Keywords: Interferences, Coordination, Modeling.

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÔNIMOS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGESC – Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de projeto

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer Aided Design

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da construção

CEO – Chief Executive Officer

CTE – Centro de Tecnologia de Edificações

DECONCIC – Departamento da Indústria da Construção

ESD – Engineering Software Design

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

GSA – General Services Administration

IFC – Industry Foundation Classes

MEP – Mechanical Electrical e Plumbing

NBR – Norma Brasileira

NBIMS – National BIM Standard

OPUS – Sistema Unificado do Processo de Obras

PMBOK – Project Management Body of Knowledge

PMI – Project Management Institute

RUCAPS – Really Universal Computer Aided Productions System

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tecnologias consideradas como diferencial competitivo em dez anos.....	20
Figura 2 – Ciclo de vida de um edifício	26
Figura 3 – Etapas de atividades técnicas de projeto de edifícios.....	28
Figura 4 – Aspectos da coordenação de projetos	38
Figura 5 – Aspectos da coordenação técnica de projetos	40
Figura 6 – Aspectos das reuniões de coordenação	40
Figura 7 – Aspectos referentes a compatibilização de projetos.....	42
Figura 8 – Aspectos da análise crítica de projetos	46
Figura 9 – Evolução dos projetos	48
Figura 10 – Níveis de maturidade do <i>BIM</i> no Reino Unido.....	55
Figura 11 – Comparação dos estados dos componentes <i>BIM</i> entre os seis países	56
Figura 12 – Vista de coordenação entre modelos de arquitetura e estruturas	60
Figura 13 – Câmbio de informações utilizando modelo convencional e compartilhado	62
Figura 14 – <i>Hard clash</i> : Conflito entre viga e tubulação hidráulica	63
Figura 15 – <i>Soft clash</i> : Conflito entre poço de inspeção e escada de serviço	64
Figura 16 – <i>Near Miss Clash</i> : Detecção de tubulação visível no interior do quarto	64
Figura 17 – Modelo estrutural no <i>Navisworks</i>	67
Figura 18 – Importação de arquivos <i>CAD</i> no <i>Revit</i>	69
Figura 19 – Modelagem com base em modelo importado do <i>CAD</i>	70
Figura 20 – Modelagem do projeto de arquitetura	70
Figura 21 – Exportação de arquivos do <i>Revit</i> para o <i>Navisworks</i>	71
Figura 22 – Detecção de interferências no <i>Navisworks</i>	72
Figura 23 – Imagem representativa do edifício objeto de estudo.....	75
Figura 24 – Vista 3D do modelo arquitetônico no <i>Revit</i>	81
Figura 25 – Conflito entre a laje e a escada de acesso ao reservatório.....	82
Figura 26 – Vista 3D do modelo estrutural no <i>Revit</i>	83
Figura 27 – Intersecção entre vigas no modelo estrutural	83
Figura 28 – Detalhes 3D dos modelos hidráulico e sanitário no <i>Revit</i>	84
Figura 29 – Inconsistências no modelo hidrossanitário.....	85
Figura 30 – Modelo integrado de arquitetura e estruturas.....	86
Figura 31 – Conflito entre janela e contraverga	88
Figura 32 – Conflito entre porta e verga.....	88
Figura 33 – Conflito entre pilar e painel de janelas no bloco da rampa	89
Figura 34 – Conflito entre viga e painel de janelas no bloco das escadarias	89
Figura 35 – Conflito entre viga intermediária e rampa prevista com corrimão	90
Figura 36 – Desalinhamento entre pilares e paredes dentro da sala de aula	91
Figura 37 – Modelo integrado de arquitetura e instalações hidrossanitárias.....	93
Figura 38 – Conflito entre tubulação embutida no forro e parede do pavimento térreo	94
Figura 39 – Conflito entre tubulação sanitária e parede no nível inferior	95
Figura 40 – Modelo integrado entre estruturas e instalações hidrossanitárias	96

Figura 41 – Tubulação de esgoto transpassando viga	97
Figura 42 – Conflito entre tubulação sanitária e viga do pavimento superior.....	98
Figura 43 – Conflito entre viga e coluna de água fria	98
Figura 44 – Registro de gaveta em conflito com pilar	99
Figura 45 – Conflito entre tubulação de ventilação e pilar.....	100
Figura 46 – Tubulação originalmente prevista e tubulação relocada	100
Figura 47 – Conflito entre viga da rampa e viga baldrame	102
Figura 48 – Modelo integrado dos projetos hidráulico e sanitário	104
Figura 49 – Conflito entre tubos hidrossanitários nos pontos de entrada e saída.....	105
Figura 50 – Conflito entre tubulação horizontal de esgoto e coluna de água fria	105
Figura 51 – Conflito entre tubulação hidráulica e coluna de ventilação	106
Figura 52 – Inconsistência no modelo entre viga e janela.....	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Frequência de usos do <i>BIM</i> e de benefícios percebidos	24
Gráfico 2 – Ciclo de vida Representativo de um Projeto de Construção	32
Gráfico 3 – Profissional que desempenha a compatibilização de projetos.....	36
Gráfico 4 – Teses, dissertações e artigos sobre a temática <i>BIM</i>	52
Gráfico 5 – Interferências entre arquitetura e estruturas	87
Gráfico 6 – Arquitetura x Estrutura (percentual).....	92
Gráfico 7 – Interferências entre arquitetura e instalações hidrossanitárias	93
Gráfico 8 – Interferências entre estrutura e instalações hidrossanitárias.....	96
Gráfico 9 – Instalações hidrossanitárias x estrutura (percentual).....	101
Gráfico 10 – Interferências no modelo estrutural	103
Gráfico 11 – Interferências entre componentes hidrossanitários	104
Gráfico 12 – Instalações hidrossanitárias x Instalações hidrossanitárias (percentual).....	107
Gráfico 13 – Interferências entre as disciplinas do modelo integrado	109
Gráfico 14 – Percentual de interferências entre pares de disciplinas	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas de projeto segundo a NBR 13.531/1995	29
Quadro 2 – Etapas do projeto de edifícios segundo AGESC (2012) (Continua)	30
Quadro 3 – Etapas de projeto segundo o <i>PMBOK</i> (2000).....	32
Quadro 4 – Etapas ou fases de projeto	34
Quadro 5 – Atribuições e responsabilidades da coordenação de projetos (Continua)	36
Quadro 6 – Possibilidades para realização do serviço de coordenação de projetos	38
Quadro 7 – Atividades da coordenação técnica em cada fase de projeto	39
Quadro 8 – A compatibilização no processo de projeto de edifícios	43
Quadro 9 – Compatibilização nas etapas de projeto.....	44
Quadro 10 – A atuação da análise crítica em cada etapa de projeto	47
Quadro 11 – Estágios de maturidade <i>BIM</i>	61
Quadro 12 – Ferramentas de detecção de conflitos e formatos de importação	65
Quadro 13 – Componentes do <i>Navisworks</i>	66
Quadro 14 – Matriz de interferências entre arquitetura e estruturas	77
Quadro 15 – Matriz de interferências entre arquitetura e instalações hidrossanitárias	78
Quadro 16 – Matriz de interferências entre estruturas e instalações hidrossanitárias	78
Quadro 17 – Matriz de interferências entre elementos de arquitetura.....	79
Quadro 18 – Matriz de interferências entre elementos hidrossanitários	80
Quadro 19 – Roteiro de detecção de interferências	80
Quadro 20 – Resultado dos testes de confronto entre disciplinas	108
Quadro 21 – Desafios e benefícios do <i>BIM</i> na compatibilização de projetos	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Usos do <i>BIM</i> mais frequentemente percebidos	22
Tabela 2 – Usos do <i>BIM</i> percebidos com mais benefícios para o projeto.....	23

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Planta baixa de arquitetura do pavimento térreo	122
ANEXO B – Planta baixa de arquitetura do primeiro pavimento	124
ANEXO C – Corte DD do projeto de arquitetura	126

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	PROBLEMA DA PESQUISA	18
1.2	JUSTIFICATIVA	19
1.3	OBJETIVOS	25
1.3.1	Objetivo geral.....	25
1.3.2	Objetivo específico	25
2	REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1	O projeto de edifícios.....	26
2.1.1	As etapas do projeto de edifícios	27
2.1.1.1	As etapas de projeto de acordo com a NBR 13.531/1995.....	28
2.1.1.2	As etapas de projeto de acordo com a AGESC (2012).....	30
2.1.1.3	As etapas de projeto de acordo com o <i>PMBOK</i>	31
2.1.2	A coordenação de projetos de edifícios	34
2.1.2.1	A coordenação técnica.....	38
2.2	O uso da modelagem de informações da construção	48
2.2.1	O estado da arte da utilização do <i>BIM</i>	49
2.2.1.1	O <i>BIM</i> no Brasil.....	50
2.2.1.2	O <i>BIM</i> pelo mundo	54
2.2.2	O <i>BIM</i> como ferramenta para compatibilização de projetos	57
2.2.2.1	A modelagem tridimensional paramétrica.....	58
2.2.2.2	Colaboração <i>BIM</i>	60
2.2.2.3	A detecção automática de interferências no <i>BIM</i>	62
2.2.3	Os desafios na implementação do <i>BIM</i> na compatibilização.....	67
3	METODOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO	68
3.1	Procedimentos metodológicos	68
3.1.1	Fundamentação	68
3.1.2	Caracterização das interferências mais recorrentes em projetos de edifícios ...	68
3.1.3	Modelagem das informações	69
3.1.4	Detecção de interferências nos projetos do edifício objeto de estudo	71
3.1.5	Análise dos resultados.....	73
3.2	Caracterização do estudo	73
3.2.1	Caracterização da pesquisa	73

3.2.2	Caracterização do edifício objeto de estudo	74
4	RESULTADOS E ANÁLISES.....	77
4.1	Interferências mais recorrentes nos projetos de edifícios	77
4.1.1	Arquitetura x Estrutura	77
4.1.2	Arquitetura x Instalações Hidrossanitárias	78
4.1.3	Estrutura x Instalações Hidrossanitárias	78
4.1.4	Arquitetura x Arquitetura.....	78
4.1.5	Estrutura x Estrutura	79
4.1.6	Instalações Hidrossanitárias x Instalações Hidrossanitárias	79
4.2	Modelagem das informações	81
4.2.1	Modelo arquitetônico	81
4.2.2	Modelo estrutural	82
4.2.3	Modelo hidrossanitário	84
4.3	Deteção das interferências a partir do modelo mestre	86
4.3.1	Arquitetura x Estrutura	86
4.3.2	Arquitetura x Instalações Hidrossanitárias	92
4.3.3	Estrutura x Instalações Hidrossanitárias	95
4.3.4	Arquitetura x Arquitetura.....	101
4.3.5	Estrutura x Estrutura	102
4.3.6	Instalações hidrossanitárias x Instalações hidrossanitárias.....	103
5	CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES	111
5.1	Síntese dos resultados e conclusões.....	111
5.2	Limitações da pesquisa	113
5.3	Sugestões para trabalhos futuros.....	115
	REFERÊNCIAS	116
	ANEXO A – Planta baixa de arquitetura do pavimento térreo	122
	ANEXO B – Planta baixa de arquitetura do primeiro pavimento	124
	ANEXO C – Corte DD do projeto de arquitetura	126

1 INTRODUÇÃO

O setor da indústria da construção civil é um dos mais importantes para o desenvolvimento econômico do Brasil, fato que se deve pela capacidade desse de gerar efeitos na produção, na renda, no emprego e, também, pelo seu alto nível de conexão com outros setores (CUNHA, 2012).

O crescimento dessa esfera está relacionado, diretamente, ao estabelecimento de condutas que favoreçam a competitividade e a produtividade no país. Para que essas medidas sejam efetivas, faz-se necessário prezar pelo aperfeiçoamento no desenvolvimento dos produtos, fazendo com que estes, de fato, sejam resultado de um processo sistematizado.

O desenvolvimento convencional de produtos imobiliários é, geralmente, fragmentado, onde a falta de colaboração entre os profissionais aliada aos erros de integração e às omissões advindos de modelos bidimensionais geram atrasos no cronograma e custos adicionais aos empreendimentos (PAIVA, 2016).

Nesse contexto, a compatibilização de projetos surge como uma das principais e mais desafiadoras etapas a serem cumpridas no processo de edifícios, uma vez que integra todos as concepções de diversas especialidades e exige intercomunicação entre as diferentes equipes, a fim de encontrar soluções compatíveis para as interferências detectadas, e gerar, com isso, produtos mais confiáveis e qualificados.

Visando vencer esse desafio, o mercado brasileiro encontrou na inovação uma vertente para aumentar a qualidade dos produtos, reduzir custos e melhorar a transparência dos projetos ligados ao setor público (CBIC, 2018).

Nesse cenário, o *BIM*, sigla em inglês para *Building Information Modeling* (Modelagem de informações da construção), desponta como uma das principais apostas para fomentação da competitividade no mercado da construção. Apesar de não ser uma novidade, esse conceito surge como uma tendência em crescimento, sendo considerado como a mudança tecnológica mais suscetível de produzir o maior impacto no setor da construção (EUBIM, 2016).

Esta tecnologia permite a criação de modelos virtuais tridimensionais e organiza as informações referentes à construção de maneira automatizada e integrada, viabilizando um controle e gestão mais eficientes quando comparados às plataformas utilizadas anteriormente (CBIC, 2018).

A utilização de *softwares* que se enquadram no conceito *BIM* constitui ferramenta promissora na compatibilização de projetos uma vez que “o conjunto de processos que podem ser integrados, e até acompanhados online, dá suporte ao projeto ao longo de todas as suas fases,

mesmo depois de seu fim, e a inteligência gerada leva a melhores análise e controle” (CBIC, 2018, pg.1).

Apesar das barreiras que se opõem à democratização do uso do *BIM* no Brasil, tais como custos incorporados à aquisição dos programas, e treinamento de equipes, a sua adoção está em fase de amadurecimento no país, graças ao esforço de empresas, universidades e do próprio governo, que tem percebido a importância do avanço dessa implementação, que vai muito além da modernização de *softwares*, mas que contempla uma mudança conceitual na forma de se pensar o projeto.

O uso de tecnologias que utilizam esse conceito exige mudanças na estrutura organizacional tradicional que rege a concepção do projeto, uma vez que esta fase exige um maior grau de detalhamento, permitindo construir a edificação virtualmente antes da construção real em campo (CHOUGULE e KONNUR, 2015).

Dessa forma, é iminente a expansão do *BIM* no Brasil, porém, muitos ainda são os desafios para que esse conceito seja implementado de forma eficaz.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Na utilização de ferramentas convencionais para criação de representações gráficas, baseadas em modelos 2D, os elementos do projeto são representados em apenas um plano, e as suas informações incorporadas limitam-se basicamente a nomes e cores, constituindo instrumentos de desenho.

Segundo a *General Services Administration*, (GSA, 2007), a prática de projetos de construção atual é comunicada através de uma grande quantidade de documentos separados e inconsistentes, onde especificamente os projetos em *CAD*¹, acabam excluindo informações necessárias para uma avaliação eficaz do projeto. Nesse tipo de modelo, as informações referentes a esses objetos são adicionadas de forma fragmentada, onde a geração de tabelas, vistas, cortes, entre outros complementos, é feita de forma independente, aumentando a chance de surgirem incoerências no projeto.

De modo análogo, os diversos tipos de projetos são produzidos, geralmente, por diferentes profissionais, e a compatibilização entre essas disciplinas é feita através da

¹ *Computer Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador (DAC). É um conjunto de tecnologias focadas no desenho técnico de produtos.

sobreposição dessas representações, onde o coordenador atua, identificando as interferências de forma visual e mecânica, aumentando a susceptibilidade de erros e omissões.

A interação entre esses especialistas de diversas disciplinas é feita em boa parte dos casos de forma direta, dificultando o processo de colaboração e aumentando as chances de alguns conflitos entre as concepções serem omitidos. Essas incoerências são comumente percebidas apenas na fase de execução da obra, sendo exigidas alterações no projeto, reconstrução de elementos, implicando em atrasos nos prazos e custos adicionais.

Segundo Magiag et al. (2015, pg. 1), a chave para o sucesso de um empreendimento está ligada ao “entendimento preciso e claro entre arquitetos, engenheiros, profissionais de construção, administradores das instalações e proprietários”, reforçando a ideia de que um escopo de informações coerentes e a fluida comunicação entre os profissionais envolvidos no processo é a base para que esse êxito seja completo.

Nesse contexto, a problemática envolvida no atual processo de desenvolvimento de projetos de construção se baseia no seguinte questionamento, como ter informações compatíveis e confiáveis durante todo o fluxo do processo de projeto viabilizando a concepção e visualização de um modelo fiel ao edifício que será construído?

1.2 JUSTIFICATIVA

Em 2014 o Sistema da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN), juntamente com a Fundação Getúlio Vargas (FGV) e outras lideranças empresariais e acadêmicas do setor da Indústria da Construção, realizaram um estudo a fim de compreender os desafios em termos de inovação, tecnologias, mão de obra e organização do trabalho no Brasil, documentado através do relatório intitulado como “Construção Civil: desafios 2020”.

Em uma das etapas desse trabalho foi levantado um painel com 22 especialistas do setor, com o intuito de indicar novas tecnologias e definir as 15 tecnologias prioritárias para o aumento da competitividade na construção civil, com um total de 261 tecnologias elencadas (FIRJAN, 2014).

Nos resultados da pesquisa foram apresentadas as tecnologias consideradas como prioritárias por pelo menos 6 especialistas (Figura 1).

Figura 1 – Tecnologias consideradas como diferencial competitivo em dez anos

14	• <i>Building Information Modeling</i>
10	• Software de simulação em eficiência energética
8	• Uso de energias renováveis em canteiro de obras
7	• Mapeamento acústico de cidades
6	• Informação georreferenciada
6	• Simulador para desempenho térmico
6	• Elementos de sombreamento de fachada
6	• Sistema de automação predial
6	• Concepção voltada para desempenho

Fonte: Adaptado de FIRJAN (2014)

Nesse estudo o *BIM* obteve uma posição de destaque, sendo indicado pela maioria dos especialistas como a tecnologia mais promissora para o aumento da competitividade no país com perspectiva de difusão a médio prazo.

A premissa básica do *BIM* é a colaboração de diferentes atores, em diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação, para inserir, extrair, atualizar ou modificar as informações com o intuito de apoiar e refletir os papéis das partes interessadas no processo (FIRJAN, 2014, pg.17)

Em 2016, foi apresentado o Projeto de Lei nº 6.619, que tem como objetivo estabelecer a obrigatoriedade do sistema de modelagem da informação da construção, na confecção de projetos executivos de obras e serviços de engenharia contratados pelos órgãos e entidades da administração pública. Em consonância com essa perspectiva, em 2018, o Governo Federal percebendo o caráter emergente do *BIM*, instituiu, através do Decreto nº 9.377, a “Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*”, com o a finalidade de difundir o *BIM* no país e criar um cenário adequado a investimentos nesse conceito. O decreto destacou os seguintes objetivos específicos.

- I. Difundir o *BIM* e seus benefícios;
- II. Coordenar a estruturação do setor público para adoção do *BIM*;

- III. Criar condições favoráveis para investimento, público e privado, em *BIM*;
- IV. Estimular a capacitação em *BIM*;
- V. Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do *BIM*;
- VI. Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do *BIM*;
- VII. Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional *BIM*;
- VIII. Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao *BIM*;
- IX. Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade *BIM*.

No projeto de lei, assim como no decreto, percebe-se uma estruturação para que seja disseminada a utilização do *BIM* no setor público, uma vez que esse conceito tem como primícia o aumento da qualidade e da transparência em obras ligadas a esse setor. Logo, torna-se importante o estudo da implementação do *BIM* em edificações de cunho institucional.

A adoção do *BIM* no Brasil já se mostra de forma bastante emergente, uma vez que as empresas, entidades e o próprio governo têm percebido a necessidade de uma mudança de paradigma na maneira de se pensar projetos no país.

Com o aumento das especialidades de projeto, de acordo com a evolução da tecnologia e com as mudanças conceituais, o desenvolvimento de projetos ficou cada vez mais fracionado, afastando os projetistas e prejudicando a comunicação entre as equipes (GONÇALVES JR., 2016).

Dessa forma, torna-se imprescindível aplicar a compatibilização no processo de projetos, aproximando esses profissionais a fim de integrar as diferentes soluções. O aperfeiçoamento da compatibilização de projetos passa pela utilização das tecnologias disponíveis, que, aliadas aos conhecimentos do coordenador, permitirão uma integração das concepções de maneira mais precisa e eficaz. Logo, inserir o *BIM* na compatibilização de projetos é uma maneira de otimizar esse processo.

Kreider et al. (2010) realizaram, em 2009, uma pesquisa que tinha como objetivo coletar informações a respeito dos usos do *BIM* elencados no guia *BIM Project Execution Planning*

*Guide*² da *Pennsylvania State University*³ (2012). A pesquisa abrangeu, 175 participantes, usuários que baixaram o guia, e consistia em dois questionamentos, a respeito da frequência e dos benefícios dos usos do *BIM*.

O primeiro questionamento consistia em saber qual uso do *BIM* era mais frequente na empresa, com opções de resposta de 0, 5, 25, 50, 75, 95 e 100%, os resultados foram resumidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Usos do *BIM* mais frequentemente percebidos

USOS DO <i>BIM</i>	PARTICIPANTES	FREQUÊNCIA MÉDIA
Coordenação Espacial 3D	158	60.4%
Revisão de Projetos	161	53.5%
Design Autoral	152	42.2%
Projeto do Sistema Construtivo	152	37.0%
Modelagem das Condições Existentes	154	35.2%
Planejamento e Controle 3D	150	34.4%
Programação	153	30.7%
Planejamento de Fases 4D	149	29.6%
Modelagem de Registros	150	28.2%
Planejamento de Utilização	150	28.2%
Análise Local	149	27.7%
Análise Estrutural	149	26.8%
Análise Energética	155	25.4%
Estimativa de Custos	154	24.7%
Avaliação LEED Sustentabilidade	152	23.0%
Análise do Sistema Construtivo	153	22.3%
Gerenciamento de Espaços	154	21.4%
Análise Mecânica	148	20.9%
Validação de Regras	148	18.9%
Análise Luminotécnica	150	16.9%
Outras Análises de Engenharia	146	14.7%
Fabricação Digital	149	14.4%
Gestão de Ativos	149	9.6%
Planejamento de Manutenção predial	158	4.6%
Planejamento contra Desastres	148	3.6%

Fonte – Traduzido pelo autor. Adaptado de KREIDER et al. (2010).

² Guia que de execução de projetos *BIM* que explicita as responsabilidades e oportunidades da incorporação do *BIM* em um fluxo de trabalho de projeto.

³ A *PennState University* publicou, uma lista mapeando os 25 casos de usos distintos do *BIM* elencados nas Tabelas 1 e 2.

A mediana observada para a maioria dos usos foi de 0% ou 5%, e a frequência média figurou, majoritariamente, entre 20 e 30% (KREIDER et al., 2010). Os usos de Coordenação 3D e Revisão de projetos obtiveram destaque com relação aos demais usos, com frequências acima de 50%.

O segundo questionamento consistia em saber quais os usos do *BIM* as empresas percebiam como aqueles que traziam melhores benefícios. Foram elencadas cinco opções de resposta com notas atreladas a cada uma, sendo elas, “Muito Negativo” (-2), “Negativo” (1), “Neutro” (0), “Positivo” (1) e “Muito Positivo” (2). O resumo dos resultados está representado na Tabela 2.

Tabela 2 – Usos do *BIM* percebidos com mais benefícios para o projeto

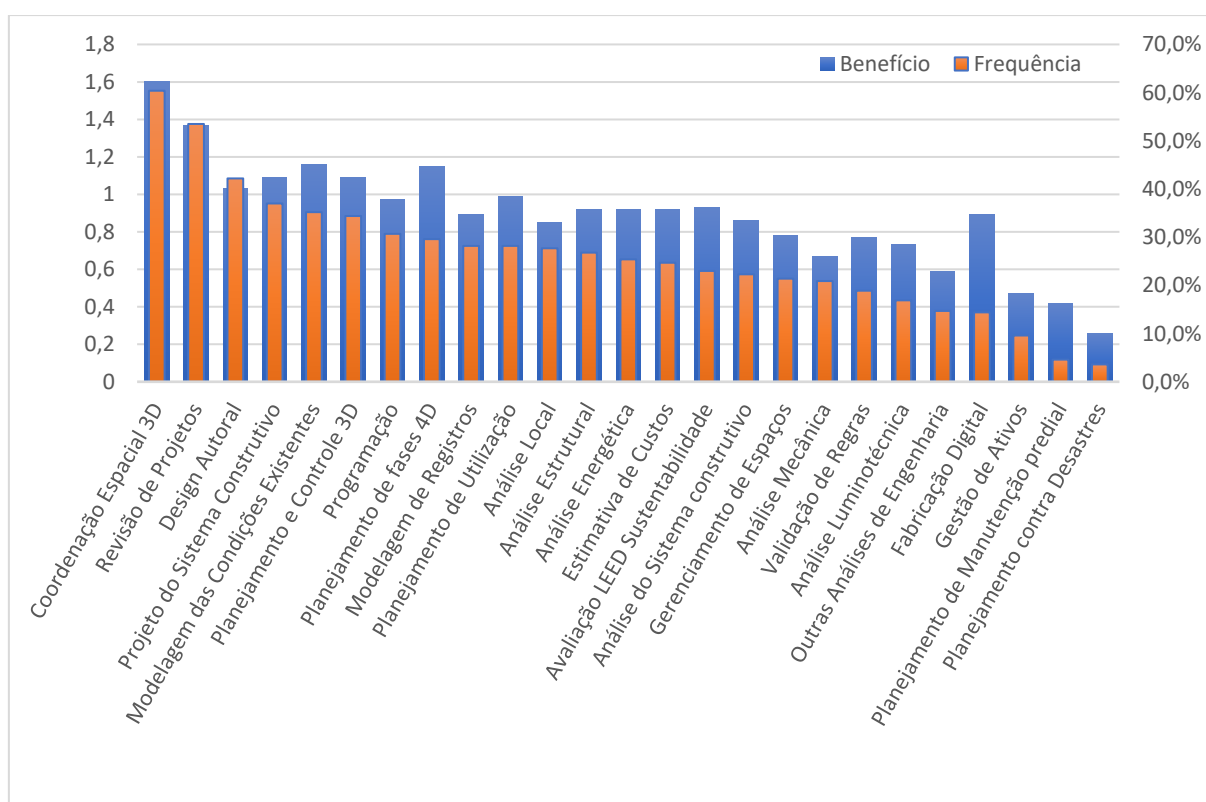
USOS DO <i>BIM</i>	PARTICIPANTES	PONTUAÇÃO (-2/+2)
Coordenação Espacial 3D	139	1.60
Revisão de Projetos	137	1.37
Design Autoral	118	1.03
Projeto do Sistema Construtivo	122	1.09
Modelagem das Condições Existentes	130	1.16
Planejamento e Controle 3D	116	1.09
Programação	117	0.97
Planejamento de fases 4D	119	1.15
Modelagem de Registros	114	0.89
Planejamento de Utilização	114	0.99
Análise Local	117	0.85
Análise Estrutural	112	0.92
Análise Energética	119	0.92
Estimativa de Custos	125	0.92
Avaliação LEED Sustentabilidade	109	0.93
Análise do Sistema Construtivo	110	0.86
Gerenciamento de Espaços	109	0.78
Análise Mecânica	104	0.67
Validação de Regras	107	0.77
Análise Luminotécnica	108	0.73
Outras Análises de Engenharia	99	0.59
Fabricação Digital	105	0.89
Gestão de Ativos	100	0.47
Planejamento de Manutenção predial	104	0.42
Planejamento contra Desastres	96	0.26

Fonte – Traduzido pelo autor. Adaptado de KREIDER et al. (2010).

Mais uma vez a atividade de Coordenação 3D seguida da Revisão de Projetos aparecem no topo da lista, sendo agora destacadas como aquelas que são percebidas como usos mais benéficos para a empresa. A atividade de Coordenação apresenta-se como aquela que possui a média mais próxima da nota máxima, sendo classificada como “Muito Positiva”.

De modo análogo, quanto comparadas as duas vertentes da pesquisa, é possível identificar a Coordenação espacial 3D do *BIM* como atividade que tem maiores benefícios percebidos e maior uso dentro dos pressupostos apresentados na pesquisa (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Frequência de usos do *BIM* e de benefícios percebidos



Fonte – Traduzido pelo autor. Adaptado de KREIDER et al. (2010).

O *BIM Project Execution Planning Guide* (2010) descreve a coordenação espacial 3D como sendo um processo que se utiliza de um software de detecção de interferências para identificar os conflitos comparando os modelos tridimensionais das diferentes especialidades eliminando os principais conflitos antes da etapa de execução, tendo como benefícios:

- Coordenação do projeto através de um modelo;
- Redução e eliminação de conflitos no campo, reduzindo o pedido por informações de forma significativa quando comparado a outros métodos;

- Visualização da construção;
- Aumento da produtividade;
- Custo de construção reduzido (menos pedidos de alteração);
- Redução do tempo de construção;
- Aumento de produtividade no local;
- Desenhos “as built” mais precisos.

Para Coelho (2017, pg. 264), a utilização de tecnologias que utilizam conceito *BIM* reduz “erros de compatibilização de projetos, de representação dos elementos construtivos e de informações”, tornando o processo “mais eficaz e controlado”, evitando que os erros sejam revelados apenas no processo de construção.

Dessa forma, torna-se pertinente o estudo do *BIM* na compatibilização de projetos de uma edificação institucional, uma vez que esse conceito promete reorganizar o fluxo de atividades de compatibilização, tornando o processo mais preciso, eficaz, controlado e econômico.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar os benefícios e desafios da utilização de plataformas *BIM* na compatibilização dos projetos de um edifício de cunho institucional.

1.3.2 Objetivo específico

- Conhecer os conceitos, usos e vantagens do *BIM* e da compatibilização de projetos para a indústria da construção civil;
- Identificar na literatura as interferências mais recorrentes em projetos de edificações;
- Aplicar ferramentas *BIM* na compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário de um edifício objeto de estudo;
- Avaliar o uso de ferramentas *BIM* na compatibilização de projetos por meio dos resultados obtidos;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O projeto de edifícios

A NBR ISO 14040/2001, que trata dos princípios e estrutura para avaliação do ciclo de vida, define o ciclo de vida como um conjunto de “estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final”. O guia *PMBOK* (PMI, 2017) cita que o ciclo de vida fornece a estrutura básica para o gerenciamento de um projeto, abrangendo todas as etapas que este contempla, do seu início até a sua conclusão.

De modo análogo, na concepção de edificações esse conceito não é aplicado de maneira diferente, sendo observado desde a extração dos materiais até o descomissionamento⁴ do produto imobiliário (Figura 2).

Figura 2 – Ciclo de vida de um edifício



Fonte: Adaptado de CBIC (2016b)

O processo de projeto abrangerá todo ciclo de vida do edifício, possuindo fases sequenciais, interativas ou sobrepostas (PMI, 2017).

⁴ Etapa final da vida útil de um empreendimento, onde ocorre sua desativação ou desconstrução.

O ciclo de vida de um edifício abrange aspectos multidisciplinares, requerendo, portanto, a participação de profissionais de diferentes especialidades desde a sua concepção, até a sua utilização. Nesse contexto, devido à grande amplitude de todo esse processo, é extremamente importante o conhecimento das etapas desse ciclo, a fim de determinar os objetivos e definir a área da atuação de cada profissional, criando assim um processo mais planejado, integrado e sustentável.

2.1.1 As etapas do projeto de edifícios

A elaboração de um projeto de edifícios pode ser entendida como a aplicação de princípios e técnicas intrínsecas da engenharia e arquitetura a fim de determinar e criar uma representação prévia do objeto a ser construído, considerando, para isso, todos os aspectos técnicos, formais e funcionais dos elementos que o compõem (ABNT, 1995).

De acordo com o guia *PMBOK* (PMI, 2017, pg.542) o projeto pode ser definido como um “esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único”, onde a “natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um termino definidos”, sendo produzido de forma diferente de outros produtos semelhantes.

Seja no aspecto tecnológico ou gerencial do processo de projeto, é consenso que existe uma necessidade de prezar pelo seu aperfeiçoamento e qualidade, uma vez que o planejamento sistematizado e bem integrado nessa fase permitirá uma redução considerável de tempo e custos na fase de construção.

Em países que priorizam essa etapa, há uma demanda maior de tempo gasta em relação a etapa de execução, enquanto no Brasil observa-se o inverso, onde obras iniciam-se antes mesmo do término dos projetos, estendendo os prazos e gerando custos adicionais (COSTA, 2013).

Para que esse aperfeiçoamento e qualidade sejam efetivos, faz-se necessário pensar em projeto e execução de maneira interligada, logo, o conhecimento do fluxo de trabalho de todas as etapas de projeto e a correlação de cada elemento com a etapa executiva torna-se indispensável para que o processo seja menos fragmentado e mais coordenado.

A NBR ISO 9001, Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos (ABNT, 2008), no item 7.3.1, que trata do planejamento e desenvolvimento do projeto, cita que a organização deve determinar os estágios do projeto e o seu desenvolvimento. Segundo Costa (2013), essas etapas

devem ser padronizadas a fim de facilitar a comunicação entre os profissionais envolvidos no processo.

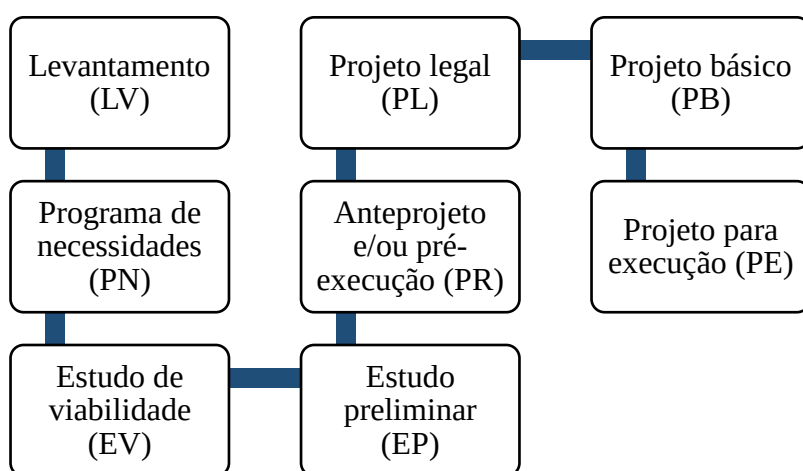
Não há um consenso na literatura sobre o escopo das etapas do projeto de edifícios, pois estas podem ser construídas de maneira que atenda melhor as necessidades de cada especialidade, entretanto, percebe-se que todos os modelos seguem um eixo bem definido, contemplando todo o ciclo de vida do edifício.

A seguir serão apresentados modelos contendo as etapas de projeto de edifícios de acordo com diferentes publicações, sendo elas, a NBR 13.531 (ABNT, 1995), o manual de escopo da AGESC (2012)⁵, e o guia *PMBOK* (2017)⁶.

2.1.1.1 As etapas de projeto de acordo com a NBR 13.531/1995

De acordo com a NBR 13.531 (ABNT, 1995), que trata das atividades técnicas para elaboração de projetos de edificações, o processo das atividades técnicas do projeto de edificação e seus elementos, instalações e componentes (incluindo siglas), é dividido em oito etapas, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Etapas de atividades técnicas de projeto de edifícios



Fonte: Adaptado de ABNT (1995).

Cada uma dessas etapas é caracterizada conforme as prescrições da NBR 13.531 (ABNT, 1995, p.4), como representado Quadro 1.

⁵ Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos

⁶ Guia de práticas para gestão de projetos desenvolvido pelo *Project Management Institute (PMI)*

Quadro 1 – Etapas de projeto segundo a NBR 13.531/1995

FASE	ATIVIDADES
LEVANTAMENTO (LV)	Etapa destinada a coleta das informações de referência que representem as condições preexistentes, de interesse para instruir a elaboração do projeto, podendo incluir os seguintes tipos de dados: físicos, técnicos, legais e jurídicos, sociais, econômicos, financeiros e outros.
PROGRAMA DE NECESSIDADES (PN)	Etapa destinada à determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidades e expectativas dos usuários) a serem satisfeitas pela edificação a ser concebida.
ESTUDO DE VIABILIDADE (EV)	Etapa destinada a elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para concepção da edificação e de seus elementos, instalações e componentes.
ESTUDO PRELIMINAR (EP)	Etapa destinada a concepção e à representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir soluções alternativas.
ANTEPROJETO (AP) E/OU PRÉ-EXECUÇÃO (PR)	Etapa destinada à concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, necessárias ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obra implicados. Quanto estas informações forem consideradas na sequência das atividades técnicas das duas etapas do projeto (de anteprojeto e de pré-execução), elas devem ser claramente definidas nos documentos contratuais e representadas no fluxograma e no cronograma físico-financeiro.
PROJETO LEGAL (PL)	Etapa destinada à representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, da concepção da edificação e de seus elementos e instalações, com base nas exigências legais (municipal, estadual e federal), e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção.
PROJETO BÁSICO (PB)	Etapa opcional destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações, e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra correspondentes.
PROJETO PARA EXECUÇÃO (PE)	Etapa destinada à concepção e à representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes.

Fonte – Adaptado de ABNT (1995)

A norma também cita as definições, condições gerais e específicas para o projeto, sendo que as condições específicas de cada atividade técnica são fixadas em normas de procedimento específicas.

É importante observar que o modelo proposto pela ABNT não contempla a etapa de execução e de pós obra, considerando o andamento do processo somente até o projeto executivo, o que, quando observado de maneira prática, torna-se uma lacuna, uma vez que o projeto tem influência em todo o ciclo de vida do edifício.

2.1.1.2 As etapas de projeto de acordo com a AGESC (2012)

A AGESC (Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto), lançou em 2012, uma edição do “Manual de Escopo de Serviços para Coordenação De Projetos”, com o intuito de servir, integrar e complementar as disciplinas de arquitetura, estruturas e sistemas prediais, detalhando, assim, o fluxo de atividades para essa finalidade (AGESC, 2012).

Nesse manual as etapas ou fases de projeto foram desenvolvidas baseadas na ABNT NBR 13.531 (1995), sendo adaptadas à sistemática de desenvolvimento de projetos da indústria imobiliária. O processo foi dividido em seis fases, ou etapas, que podem ser observadas e caracterizadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Etapas do projeto de edifícios segundo AGESC (2012) (Continua)

ETAPAS DE PROJETO DE EDIFÍCIOS		
CONCEPÇÃO DO PRODUTO	LEVANTAMENTO DE DADOS	Levantar um conjunto de informações jurídicas, legais, programáticas e técnicas; dados analíticos e gráficos objetivando determinar as restrições e possibilidades que regem e limitam o produto imobiliário pretendido. Estas informações permitem caracterizar o partido hidráulico, e as possíveis soluções das edificações e de implantação dentro das condicionantes levantadas.
	PROGRAMA DE NECESSIDADES	
	ESTUDO DE VIABILIDADE	
DEFINIÇÃO DO PRODUTO	ESTUDO PRELIMINAR	Desenvolver o partido arquitetônico e demais elementos do empreendimento, definindo e consolidando todas as informações necessárias a fim de verificar sua viabilidade física, legal e econômica bem como possibilitar a elaboração dos Projetos Legais
	ANTEPROJETO	
	PROJETO LEGAL	

Quadro 2 - Etapas do projeto de edifícios segundo AGESC (2012)

ETAPAS DE PROJETO DE EDIFÍCIOS		
IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE INTERFACES	PROJETO BÁSICO	Consolidar claramente todos ambientes, suas articulações e demais elementos do empreendimento, com as definições necessárias para o intercâmbio entre todos envolvidos no processo. A partir da negociação de soluções de interferências entre sistemas, o projeto resultante deve ter todas as suas interfaces resolvidas, possibilitando uma avaliação preliminar dos custos, métodos construtivos e prazos de execução. Quando esta fase estiver concluída ainda que o projeto não esteja completo e for necessário licitar a obra esta fase opcional, se caracteriza como projeto básico
EXECUÇÃO E DETALHAMENTO DAS ESPECIALIDADES	PROJETO EXECUTIVO	Executar o detalhamento de todos os elementos do empreendimento de modo a gerar um conjunto de referências suficientes para a perfeita caracterização das obras/serviços a serem executadas, bem como a avaliação dos custos, métodos construtivos, e prazos de execução. Executar o detalhamento de todos os elementos do empreendimento e incorporar os detalhes necessários de produção dependendo do sistema construtivo. O resultado deve ser um conjunto de informações técnicas claras e objetivas sobre todos os elementos, sistemas e componentes
PÓS-ENTREGA DO PROJETO	Garantir a plena compreensão e utilização das informações de projeto, bem como sua aplicação correta nos trabalhos de campo.	
PÓS-ENTREGA DA OBRA	Analisar e avaliar o comportamento da edificação em uso para verificar e reafirmar se os condicionantes e pressupostos de projeto foram adequados e se eventuais alterações, realizadas em obra, estão compatíveis com as expectativas do empreendedor e de ocupação dos usuários.	

Fonte: Adaptado de AGESC (2012)

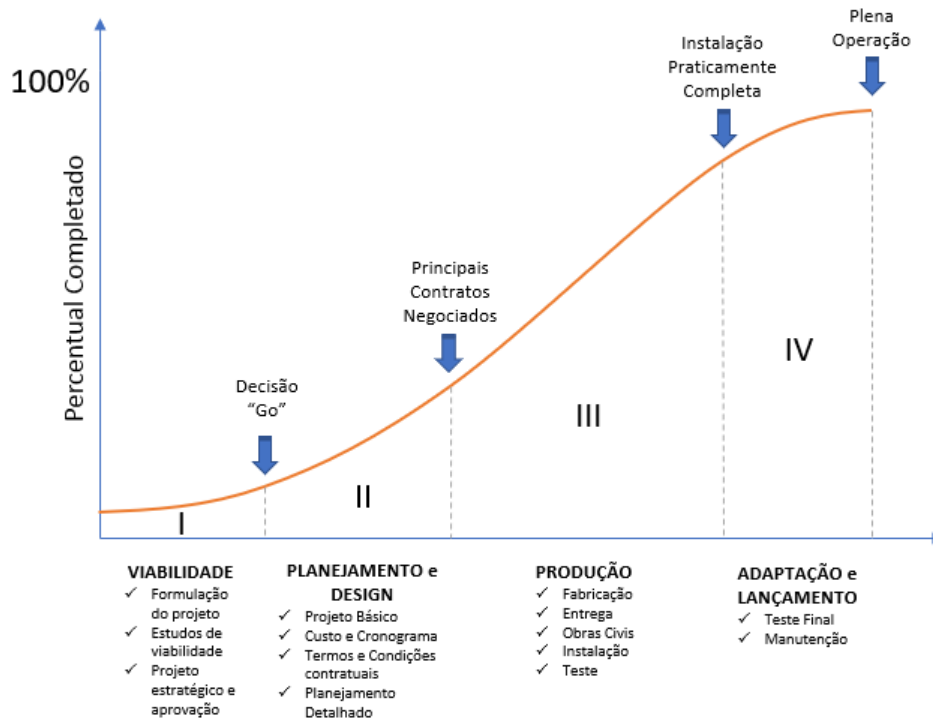
O ciclo de vida do projeto não termina quando a obra é entregue, por isso a etapa de pós entrega da obra também é contemplada, uma vez que as decisões tomadas em projeto impactarão diretamente no desempenho do edifício. Tendo em vista esse entendimento, algumas atividades são necessárias nessa etapa para garantir o pleno funcionamento e a qualidade da edificação.

2.1.1.3 As etapas de projeto de acordo com o *PMBOK*

Segundo a primeira versão do *PMBOK* (PMI, 2000), cada projeto possui suas peculiaridades, para isso cada especialidade divide-o em fases, a fim de obter uma melhor ligação entre o projeto e os seus processos intrínsecos.

No guia *PMBOK* (PMI, 2000), Morris⁷ descreve o ciclo de vida de um projeto de construção civil segundo a representação do Gráfico 2.

Gráfico 2 – Ciclo de vida Representativo de um Projeto de Construção



Fonte: Adaptado de *PMBOK* (PMI, 2000).

Segundo o guia *PMBOK* (PMI, 2000, p.14), Morris ainda caracteriza cada estágio de projeto, como apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Etapas de projeto segundo o *PMBOK* (2000)

FASE	ATIVIDADES
VIABILIDADE	Formulação do projeto, estudos de viabilidade e formulação e aprovação da estratégia. Uma decisão de continuidade (<i>go/no-go</i>) do projeto faz parte da finalização desta fase.
PLANEJAMENTO E PROJETO	Projeto básico, custo e cronograma, termos e condições contratuais, e planejamento detalhado. A maioria dos contratos são fechados ao final desta fase.
PRODUÇÃO	Fabricação, entrega, obras cíveis, instalação e teste. As instalações estão substancialmente completas ao final desta fase.
ADAPTAÇÃO E LANÇAMENTO	Teste final e manutenção. As instalações estão em plena operação ao final desta fase.

Fonte – Adaptado de *PMBOK* (PMI, 2000).

⁷ Colin Morris, um dos contribuidores que fizeram a primeira versão do *PMBOK*.

Em sua sexta edição, o guia cita que o nome dos subcomponentes, ou fases de projeto, indicam o tipo de trabalho realizado em cada fase. Segundo o *PMBOK* (PMI, 2017, pg. 20), as fases de projeto podem ser exemplificadas por, não se limitando a:

- Desenvolvimento do conceito;
- Estudo de viabilidade;
- Requisitos do cliente;
- Desenvolvimento da solução;
- Projeto;
- Protótipo;
- Construção;
- Teste;
- Transição;
- Comissionamento;
- Revisão de marcos; e
- Lições aprendidas.

O guia *PMBOK* (2017) mostra uma descrição das etapas de projeto com um corpo bem parecido com as demais publicações citadas, porém, apresenta-se como uma solução mais completa para aspectos gerenciais do projeto, uma vez que o guia detalha não somente os projetos de construção, mas, também, de outras especialidades.

Os modelos da NBR 13.531/1995 e dos manuais de escopo apresentam muitas semelhanças, uma vez que os manuais foram baseados na norma, porém, percebe uma aplicação mais detalhada e voltada para o mercado imobiliário, abrangendo também as etapas de pós entrega do projeto e pós entrega da obra, que vem como complemento das prescrições normativas, uma vez que o projeto é entendido como um processo que se desenvolve durante todo ciclo de vida da do edifício (Quadro 4).

Quadro 4 – Etapas ou fases de projeto

ETAPAS OU FASES DE PROJETO			
NBR 13531	AGESC	PMBOK	
		2000	2017
LEVANTAMENTO DE DADOS	CONCEPÇÃO DO PROJETO	VIABILIDADE	DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO
PROGRAMA DE NECESSIDADES			
ESTUDO DE VIABILIDADE			ESTUDO DE VIABILIDADE
ESTUDO PRELIMINAR	CONCEPÇÃO DO PRODUTO		REQUISITOS DO CLIENTE
ANTEPROJETO			DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO
PROJETO LEGAL			
PROJETO BÁSICO	IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DAS INTERFACES	PLANEJAMENTO E PROJETO	PROJETO
PROJETO EXECUTIVO	PROJETO DE DETALHAMENTO DAS ESPECIALIDADES		
TESTE			
TRANSIÇÃO			
PÓS-ENTREGA DA OBRA	ADAPTAÇÃO E LANÇAMENTO	COMISSIONAMENTO	
		REVISÃO DE MARCOS	
		LIÇÕES APRENDIDAS	

Fonte – Adaptado de ABNT (1995); AGESC (2012); PMI (2000); PMI (2017).

2.1.2 A coordenação de projetos de edifícios

A diversidade e a multidisciplinaridade envolvidas no processo do projeto de edifícios aliadas ao aspecto competitivo do atual mercado, demanda das empresas de forma cada vez mais veemente a prática da coordenação de projetos, a fim de tornar o empreendimento executável e economicamente viável.

Segundo Silva (2005), o aperfeiçoamento do processo de projetos passa pela adoção de diretrizes que envolvem a coordenação de projetos, a sistematização do fluxo de informações e a adoção de uma instrumentação que permita a garantia e o controle da qualidade dos projetos.

Dessa forma, dada a importância da coordenação de projetos dentro do processo, torna-se imprescindível conhecer todo o seu funcionamento, e definir como esta funciona durante todo o fluxo do projeto.

Rodriguez e Heineck (2002), descreve a coordenação de projetos.

“A coordenação de projetos pode ser definida como: um processo que compreende a organização das etapas de projeto, a análise, controle, e compatibilização das soluções técnicas, a elaboração de projetos executivos e o acompanhamento do desempenho desses” (RODRIGUEZ; REINECK, 2002, p. 2).

Esse processo acontece durante todo o ciclo de vida do projeto, e, comumente gira em torno de um profissional, ou grupo de profissionais, habilitados para criar essas soluções e tomar decisões de acordo com o fluxo de etapas completadas.

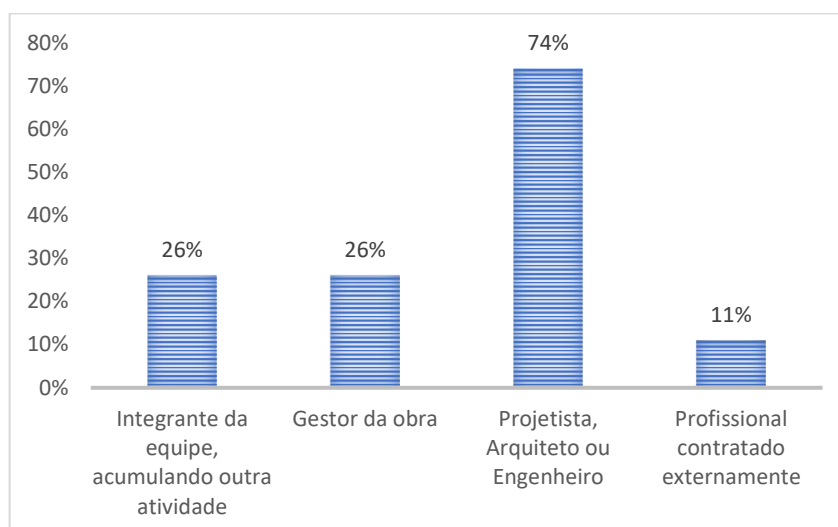
De acordo com Silva (2005, pg.42), “é fundamental que os profissionais responsáveis pela coordenação tenham visão completa e integrada de todo processo do projeto”, dessa forma, como o caráter multidisciplinar desse processo requer de cada especialidade um certo grau de complexidade, é de extrema importância que o coordenador de projetos tenha habilidades para gerir o processo e integrar as diversas disciplinas.

Segundo Gerolla (2012) a função de coordenador de projetos requer do profissional um conhecimento vasto em projeto e obras, uma experiência de, pelo menos, dez anos e deve ser desempenhada por um arquiteto ou engenheiro civil. Silva (2005), ainda ressalta que a competência desse tipo de profissional transcende o nível acadêmico e está estritamente relacionada a experiência profissional.

Com isso é possível observar, também, que as características desse profissional vão além de apenas aspectos técnicos uma vez que “o coordenador de projetos utiliza habilidades administrativas e de liderança para poder gerenciar equipes multidisciplinares de projetos” (AGESC, 2012).

“A integração das equipes só é possível com a presença do coordenador de projetos. É ele que, com elevada capacidade multidisciplinar, consegue sensibilizar os profissionais a trocarem informações, reunirem dados consistentes e buscarem, juntos, as melhores soluções para evitar as incompatibilidades entre projetos. ” (GOLÇALVES JR., 2016, pg. 5).

Em pesquisa realizada por Tasca et al. (2016), abrangendo 19 empresas do ramo da construção civil, o projetista, o arquiteto e o engenheiro foram, em 74% dos casos, os mais citados, como aqueles profissionais que desempenham o serviço de compatibilização de projetos, como mostra o Gráfico 3.

Gráfico 3 – Profissional que desempenha a compatibilização de projetos

Fonte – Adaptado de TASCA et al. (2016)

É importante que os requisitos para os coordenadores de projeto não estejam atrelados apenas a aspectos de formação acadêmica ou de designação de classe, mas com os aspectos técnicos e gerenciais, ou seja, o trabalho pode ser realizado por profissionais de ambos os ramos, desde que estes estejam habilitados para cumprir com todas as atribuições e competências que a função requer.

O Quadro 5 dispõe, de acordo com o Manual de Escopo de Serviços de Coordenação de Projetos (AGESC, 2012), as atribuições e responsabilidades do coordenador de projetos.

Quadro 5 – Atribuições e responsabilidades da coordenação de projetos (Continua)

ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES PARA COORDENAÇÃO DE PROJETOS	
GARANTIR QUE AS SOLUÇÕES TÉCNICAS DOS PROJETISTAS DE DIFERENTES DISCIPLINAS SEJAM COMPATÍVEIS COM OS OBJETIVOS DO CLIENTE E COM A CULTURA CONSTRUTIVA DAS EMPRESAS RESPONSÁVEIS PELAS OBRAS.	
CUMPRIR COM AS ATIVIDADES RELATIVAS À ORGANIZAÇÃO E AO PLANEJAMENTO DO PROCESSO DE PROJETO	Estabelecer parâmetros e objetivos a serem seguidos no desenvolvimento dos projetos.
	Definir os escopos do projeto segundo as especialidades e as etapas de projeto.
	Planejar os recursos para desenvolvimento de projetos.
	Planejar as etapas e os prazos de desenvolvimento destas, a fim de estabelecer cronogramas.

Quadro 5 – Atribuições e responsabilidades da coordenação de projetos

ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES PARA COORDENAÇÃO DE PROJETOS	
CUMPRIR COM AS ATIVIDADES RELATIVAS À GESTÃO DO PROCESSO	Controlar e adequar os prazos planejados para desenvolvimento das diversas etapas de projeto.
	Controlar os custos de desenvolvimento do projeto em relação ao planejado.
	Fomentar e garantir a qualidade das soluções técnicas adotadas.
	Validar as etapas de desenvolvimento e os projetos resultantes.
	Fomentar a comunicação entre os participantes do projeto, coordenar as interfaces e garantir a compatibilidade entre as soluções das várias especialidades envolvidas no projeto.
	Integrar as soluções de projeto com as fases subsequentes.

Fonte – Adaptado de AGESC (2012).

Além disso, “o coordenador deve ter um amplo conhecimento relativo às diversas especialidades de projeto e é de extrema utilidade que conheça técnicas construtivas e possua experiência quanto à execução de obras” (AGESC, 2012).

O manual ainda cita como uma atribuição da coordenação de projetos a consideração de requisitos referentes as fases do ciclo de vida de um edifício posteriores à execução das obras (uso, operação, manutenção, desempenho, consumo de energia e água e tratamento de resíduos), pois esses aspectos são diretamente impactados pelas decisões tomadas no projeto.

Dado o caráter dinâmico do mercado imobiliário, para cada tipo de empreendimento o processo de projeto, e, conseqüentemente, a coordenação de projetos se dão de forma diferente. Nesse contexto a figura do coordenador de projetos pode ser introduzida no processo do projeto de diferentes maneiras.

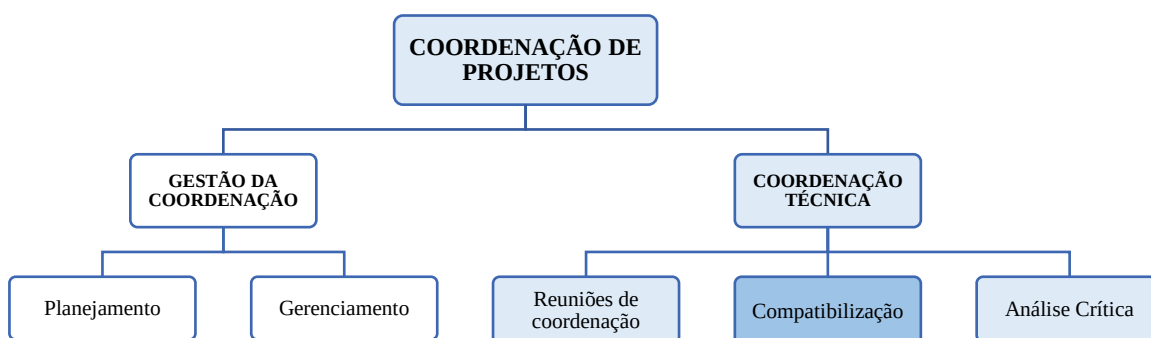
O Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de projetos (AGESC, 2012) ainda no campo das atribuições do coordenador de projetos, cita as possibilidades para a realização do processo de coordenação, como demonstrado no Quadro 6.

Quadro 6 – Possibilidades para realização do serviço de coordenação de projetos

COORDENAÇÃO	AGENTE
ARQUITETO OU ESCRITÓRIO	Empresa responsável pelo projeto arquitetônico
TRADICIONAL	Equipe interna à empresa ou construtora
INDEPENDENTE	Profissionais ou empresas, contratados exclusivamente para o serviço de compatibilização de projetos
COMPARTILHADA	Coordenação compartilhada entre dois ou mais agentes

Fonte: Baseado no Manual de Escopo de Serviços de Coordenação de Projetos (AGESC, 2012).

Como foi anteriormente mencionado, requer-se do coordenador de projetos habilidades técnicas e gerenciais. Em conformidade com esse pensamento, o CTE (1997), propõe uma divisão da coordenação em dois aspectos diferentes, porém interdependentes. O primeiro aspecto refere-se a parte de gerencial, onde acontece o planejamento do processo de projeto, o outro ao aspecto técnico, onde acontecem as atividades inerentes à integração entre os projetos de diversas disciplinas (Figura 4).

Figura 4 – Aspectos da coordenação de projetos

Fonte: Adaptado de SILVA (2005).

O foco deste trabalho estará na subdivisão da coordenação técnica, onde, em especial, serão destacadas as atividades de compatibilização de projetos.

2.1.2.1 A coordenação técnica

A coordenação técnica trata da parte específica do processo, onde ocorre o desenvolvimento do projeto de diversas disciplinas juntamente com a sua integração, entre si, e com a produção do empreendimento.

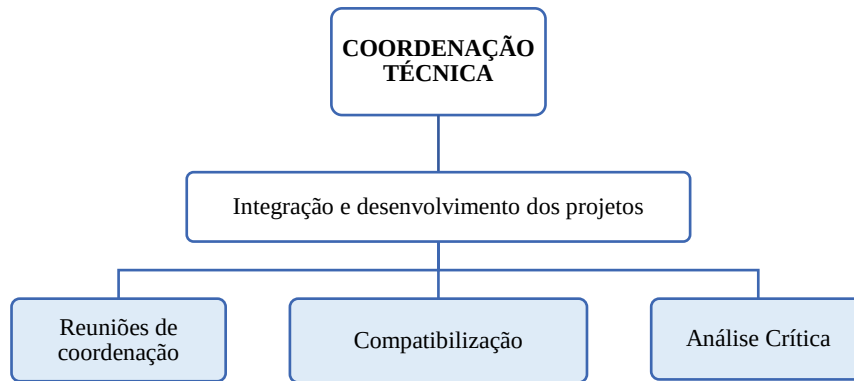
Silva (2005), com base em estudos de caso, destaca os principais procedimentos a serem seguidos em cada fase de projeto, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 – Atividades da coordenação técnica em cada fase de projeto

FASE	ATUAÇÃO DA COORDENAÇÃO
PROJETO CONCEITUAL	Estabelecer escopos específicos para cada disciplina de projeto de acordo com a necessidade do empreendimento.
	Realizar a primeira reunião de coordenação para programar o processo de projeto.
ANTEPROJETO	Elaborar cronograma físico financeiro para a etapa de projeto e orientar a elaboração de documentos de projeto.
	Realizar reuniões de coordenação para analisar o cronograma físico financeiro e definir as bases de seleção tecnológica.
	Acompanhar elaboração do projeto legal e controlar informações necessárias à sua consolidação.
PROJETO BÁSICO	Acompanhar e controlar as atividades programadas para cada fase de acordo com o cronograma físico financeiro.
	Coordenar as atividades técnicas, as reuniões de coordenação e o fluxo de informações entre profissionais do projeto, consultores e representantes do cliente.
	Organizar o arquivo de projetos, com todos os documentos técnicos referentes ao projeto em andamento.
	Controlar a revisão de vários documentos de projeto.
	Analisar e liberar documentação técnica para aprovação junto aos órgãos e concessionárias de serviços públicos e elaboração de folders de comercialização do empreendimento.
PROJETO EXECUTIVO	Consolidar as informações técnicas de diversos projetos.
	Realizar reunião de coordenação para avaliar e aprovar a revisão final dos projetos.
	Programar e promover a apresentação dos projetos para a equipe de produção pelo coordenador e pelos profissionais de projeto responsáveis.
MANUAL DE PROJETO	Procedimentos que norteiam o projeto.
	Descrição de procedimentos específicos para coordenação e seus objetivos.

Fonte: Adaptado de SILVA (2005).

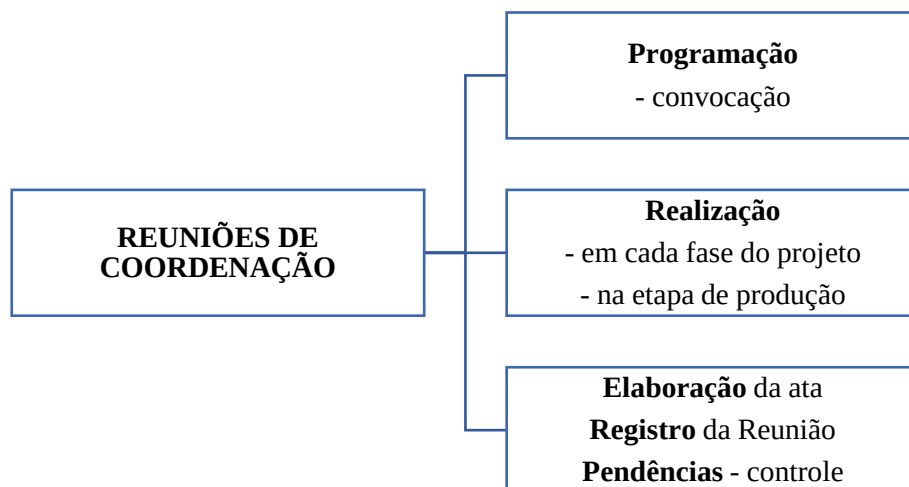
Três atividades destacam-se dentro da coordenação técnica no desenvolvimento dos projetos, são elas, as reuniões de coordenação, a compatibilização de projetos e a análise crítica, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Aspectos da coordenação técnica de projetos

Fonte: Adaptado de SILVA (2005).

As reuniões de coordenação têm como objetivo principal integrar as soluções propostas pelas diversas disciplinas, para isso, abrange o coordenador de projetos e todos os agentes envolvidos na etapa. Nelas são identificados se os objetivos do empreendimento estão sendo satisfeitos de acordo com as necessidades do cliente e as diretrizes do projeto, verificadas as incompatibilidades entre as diversas especialidades e propostas soluções específicas para superar essas incompatibilidades.

Existem algumas atividades que fazem parte das reuniões de coordenação, Silva (2005), esquematiza os aspectos referentes à essa etapa, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Aspectos das reuniões de coordenação

Fonte: Adaptado de SILVA (2005).

As reuniões de coordenação de projetos visam sanar um problema anteriormente mencionado, a fragmentação do processo de projeto, que é proveniente da contemplação de diversas disciplinas nesse processo. Através dessas reuniões busca-se, organizar o processo de coordenação de projetos e torná-lo menos desconectado, unindo os diferentes profissionais envolvidos na cadeia de atividades.

A programação e convocação das reuniões vem para definir às equipes participantes, estipular prazos, horários e locais, a fim de tornar o encontro mais produtivo. Uma ata contendo todas as informações relevantes como, itens analisados, alterações e medidas a serem tomadas, é registrada com a assinatura do coordenador e dos demais membros, constituindo documento oficial. Além disso, é recomendado a utilização de uma tabela de controle de pendências com informações e prazos a serem seguidos (SILVA & NOVAES, 2008).

A compatibilização de projetos, dentro do aspecto da coordenação técnica, surge como a atividade mais notória, porém, juntamente com as reuniões de coordenação e a análise crítica, formam um conjunto de ações que funcionam de forma integrada, tendo sua eficácia comprometida caso o processo seja realizado de maneira fragmentada.

Esse processo muitas vezes é entendido como uma ação independente, onde em uma atividade única as concepções das diversas disciplinas são sobrepostas a fim de encontrar inconsistências. Entretanto, trata-se de um conjunto de atividades muito mais abrangente e interdependente, contemplando as diversas etapas do processo do projeto.

Nesse contexto, Mikaldo Jr. & Scheer (2008, pg. 82) entendem a compatibilização como uma “atividade que torna os projetos compatíveis, proporcionando soluções integradas entre as diversas áreas que tornam um empreendimento factível”.

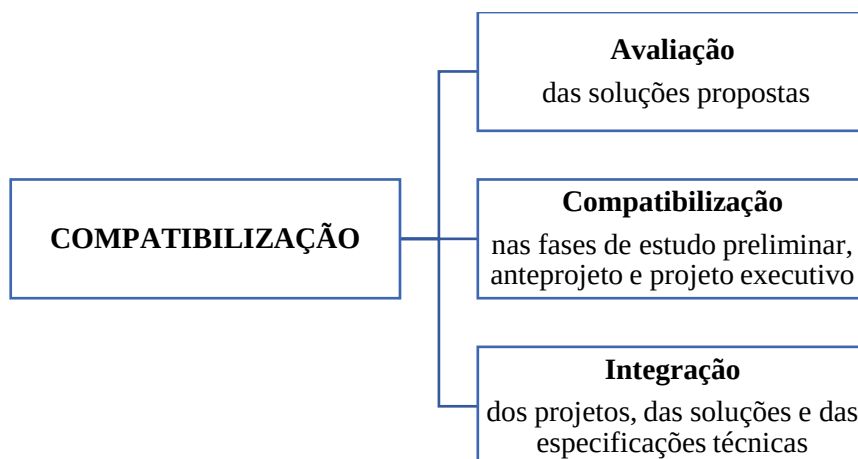
De modo análogo, a compatibilização de projetos pode ser delineada como uma atividade que envolve os projetos de diversas disciplinas em um edifício e tem como objetivo ajustar as soluções propostas por essas diversas especialidades, através da verificação de possíveis interferências pela sobreposição dos diferentes projetos, a fim de garantir um padrão de qualidade final a obra (MELHADO, 2005).

Essa atividade inicia-se na fase de estudos preliminares, estende-se até a fase de anteprojeto e na fase de projeto executivo tem o seu término com a compatibilidade parcial e final, contemplando a integração dos projetos, soluções e especificações técnicas (SILVA e NOVAES, 2008).

Dessa forma, a compatibilização de projetos abrange diversos aspectos, uma vez que para integrar as diferentes atividades é preciso, primeiramente, analisar as soluções propostas, compatibilizar em cada etapa de projeto e integrar, os projetos, as soluções e as especificações

técnicas. Os aspectos da compatibilização de projetos, de acordo com Silva (2005), são demonstrados na (Figura 7).

Figura 7 – Aspectos referentes a compatibilização de projetos



Fonte – Adaptado de SILVA (2005)

Segundo Cruz (2011), a compatibilização de projetos é um processo dinâmico que atribui ao projeto um sentido contínuo, permitindo a retroalimentação das etapas, a correção e proposição de soluções com o devido aumento de eficiência.

Com a integração da compatibilização ao processo do projeto é possível não somente obter uma melhoria para o processo atual, mas registrar uma série de informações que serão extremamente úteis para os projetos subsequentes, melhorando, assim, a qualidade dos projetos e permitindo que esse tenha um caráter de aperfeiçoamento contínuo.

Por outro lado, uma vez que essa integração é negligenciada, seja pela ausência ou adiamento das decisões que precisam ser tomadas, aumenta-se a quantidade de erros e de retrabalho, potencializando os aspectos negativos que influenciarão diretamente na qualidade final do produto (MELHADO, 2005).

De acordo com Rodriguez & Heineck (2002), a compatibilização deve acontecer em cada uma das etapas de projeto, sendo elas, estudos preliminares, anteprojeto, projetos legais e projeto executivo, contemplando desde a integração de todas as soluções até a verificação de interferências geométricas entre os modelos. O Quadro 8 apresenta o modelo de processo de projeto segundo Rodriguez & Heineck (2002).

Quadro 8 – A compatibilização no processo de projeto de edifícios

PROCESSO DE PROJETO EM EDIFÍCIOS			
PLANEJAMENTO E CONCEPÇÃO DO EMPREENHIMENTO	ESTUDO DE MERCADO		
	LEVANTAMENTO DOS DADOS DO TERRENO		
	ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE NECESSIDADES		
ESTUDO PRELIMINAR	ESTUDO PRELIMINAR DE ARQUITETURA	CONTROLE DO ESTUDO PRELIMINAR DE ARQUITETURA	1ª COMPATIBILIZAÇÃO
		ESTUDO PRELIMINAR DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	
		ESTUDO PRELIMINAR DE ESTRUTURA	
		ESTUDO PRELIMINAR DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	
ANTEPROJETO	ANTEPROJETO DE ARQUITETURA	CONTROLE DO ANTEPROJETO DE ARQUITETURA	2ª COMPATIBILIZAÇÃO
		ANTEPROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	
		ANTEPROJETO DE ESTRUTURA	
		ANTEPROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	
PROJETOS LEGAIS	PROJETOS LEGAIS		
PROJETOS EXECUTIVOS	3ª COMPATIBILIZAÇÃO	PROJETOS EXECUTIVOS DE ARQUITETURA	
		PROJETOS EXECUTIVOS COMPLEMENTARES	
ACOMPANHAMENT O DA EXECUÇÃO E USO	ASSISTÊNCIA TÉCNICA À OBRA	ELABORAÇÃO DE PROJETOS "AS-BUILT"	ASSISTÊNCIA TÉCNICA
			ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO

Fonte: Adaptado de RODRIGUES & HEINECK (2002).

É possível identificar que a compatibilização de projetos atua sempre que surge a necessidade de interligar as diferentes concepções, no final de cada etapa, logo, é importante que os projetos sejam desenvolvidos de maneira mais integrada possível, levando em consideração os modelos e memórias de projetos anteriores, a comunicação entre os profissionais e as características do atual empreendimento, a fim de facilitar a verificação de compatibilidade dos modelos no fim de cada fase de projeto.

Além de entender em que momento a compatibilização atua no projeto, é fundamental compreender quais são os aspectos envolvidos nesse processo. Nesse contexto, Silva e Novaes (2008) descrevem como ocorre a compatibilização nas etapas de estudos preliminares, anteprojeto e projeto executivo, conforme o Quadro 9.

Quadro 9 – Compatibilização nas etapas de projeto

FASE	COMPATIBILIZAÇÃO
ESTUDO PRELIMINAR	- Soluções inicialmente propostas nos vários projetos para o produto. - Partido arquitetônico adotado (estudo de massa) com a alternativa selecionada para a composição estrutural dos pavimentos-tipo. - Soluções propostas nos projetos de instalações prediais com a composição estrutural e de vedações.
ANTEPROJETO	Soluções dos diversos projetos do produto e para produção, resolvendo as interferências dimensionais, tecnológicas e produtivas entres os projetos. - Dimensões de ambientes, de componentes de vedações, de vãos estruturais para vigas e lajes, das seções transversais de pilares e vigas e das espessuras de lajes. - Posicionamentos e dimensões das aberturas para esquadrias. - Composição estrutural do pavimento-tipo com a localização de vagas nas garagens. - Níveis das lajes do pavimento-tipo, verificando a necessidade de executar desníveis. - Dimensões dos ambientes com as dimensões de mobiliários e equipamentos. - Furações em componentes estruturais e do detalhamento do processo construtivo das vedações com as soluções e posicionamentos de dutos e equipamentos das instalações, definindo a localização dos shafts com visita ou não.
PROJETO EXECUTIVO	Soluções adotadas nos projetos do produto e para produção, com base no projeto de vedações, quanto aos aspectos dimensionais, tecnológicos e produtivos. Painéis de vedação com: - os sistemas de impermeabilização das lajes, em ambientes úmidos; - as soluções construtivas para as instalações elétricas e hidráulicas; - as dimensões e posicionamento das aberturas para as esquadrias; - os sistemas de fixação das esquadrias. - Posicionamento e dimensões de eventuais aberturas nas lajes com a localização dos dispositivos destinados à passagem de componentes das instalações nos painéis de vedação. - Espessuras das camadas constituintes dos pisos, em função dos ambientes e dos desníveis entre ambientes contíguos.

Fonte – Adaptado de SILVA e NOVAES (2008)

Apesar do entendimento de que é necessário o processo de verificação de interferências físicas e de compatibilização entre as diferentes soluções, não há um consenso na literatura sobre como esse processo deve ser executado.

Mikaldo Jr. & Scheer (2008) aponta que diversos autores citam a utilização da sobreposição 2D em *softwares* de CAD, a integração de modelos 3D e a aplicação do método FMEA (Análise do Modo e Efeito de Falha), como ferramentas que podem ser utilizadas no processo de compatibilização de projetos.

A sobreposição de representações em CAD, geralmente é feita em pares de modelos a fim de facilitar a visualização das interferências e tem como ferramenta de auxílio as *checklists*,

que nada mais são que listas contendo itens genéricos que são relacionados às necessidades do projeto, a fim de gerar um escopo de verificação.

A compatibilização através da integração de modelos 3D pode se dar pela utilização de *softwares* de diferentes disciplinas que utilizam a mesma linguagem, e podem ser integrados em uma plataforma única, gerando um modelo onde é possível detectar as interferências visualmente, e, também, gerar uma lista automática de interferências.

A compatibilização de projetos utilizando modelos tridimensionais com elementos paramétricos tem ganhado força com a implementação dos *softwares BIM*, uma vez que estes elementos carregam informações e permitem corrigir erros de projeto na própria construção do modelo, assim como compatibilizar todos os projetos simultaneamente através de uma única plataforma, sendo mais eficientes e confiáveis no processo, gerando um produto com melhor qualidade.

A última fase que está englobada na coordenação técnica de projetos é a análise crítica, que é uma avaliação sistêmica das soluções que foram propostas no projeto a fim de verificar requisitos como eficácia e adequação, que servirão de base para identificar inconsistências e propor soluções.

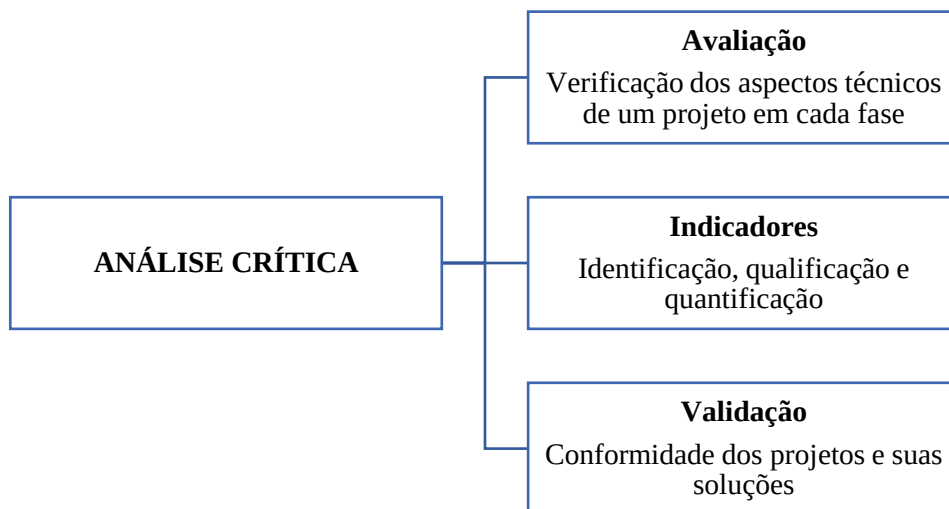
Silva e Novaes (2008, pg. 67), apontam que essa avaliação deve ser “documentada, profunda, global e sistemática”, e deve indicar as alterações com complementações que tenham como objetivo, melhorar a qualidade final do projeto ou atender um determinado objetivo.

A NBR ISO 9001/2008, especifica que a análise crítica deve ser feita em fases apropriadas de projeto a fim de “avaliar a capacidade dos resultados do projeto e desenvolvimento em atender aos requisitos, e identificar qualquer problema e propor as ações necessárias” (ABNT, 2008, pg.9).

“A coordenação utiliza-se da análise crítica de projetos para o controle de revisões, de alterações nos projetos e o desenvolvimento do projeto de acordo com todas as premissas estabelecidas. Além de verificações ao final de cada fase de projeto, com o auxílio de listas de verificação atualizadas e com a emissão das suas últimas versões. A análise crítica é definida em contrato, como um documento oficial, entre a equipe de projeto responsável e a empresa contratante.” (SILVA e NOVAES, 2008, pg. 68)

Os principais aspectos da análise crítica de projetos são demonstrados na Figura 8.

Figura 8 – Aspectos da análise crítica de projetos



Fonte – SILVA e NOVAES (2008)

Essa análise pode ser feita por meio de *checklists*, onde são colocados parâmetros que servem como referência para que seja feita a análise para cada especialidade.

“A análise crítica utiliza indicadores sistematizados para aferir a conformidade das soluções empregadas. Os indicadores, identificados, analisados e mensurados em valores absolutos e relativos, são apropriados de dados referentes ao empreendimento e à edificação ou de valores aplicados no setor da construção” (SILVA e NOVAES, 2008, pg. 69).

A adoção de *checklists* visa facilitar o processo de análise crítica do projeto, uma vez que já sem têm parâmetros pré-estabelecidos basta verificar a conformidade das soluções apresentadas com esses parâmetros, porém é importante verificar proceder com esse processo de maneira correta coletando parâmetros de fontes confiáveis e criando uma lista de verificação de acordo com as necessidades da empresa.

A análise deve ser feita no fim de cada uma das principais etapas de projeto, e devem participar dessa análise os diversos profissionais envolvidos nas diferentes fases de projeto que são objetivo da análise, sendo os resultados devidamente registrados (ABNT, 2008).

No Quadro 10 tem-se as atividades referentes a atuação da análise crítica de projetos em cada etapa de projeto, demonstrando os itens considerados, avaliados, verificados e os aspectos abordados a fim de analisar a validade das soluções propostas desde a fase do estudo de viabilidade até a elaboração do projeto executivo.

Quadro 10 – A atuação da análise crítica em cada etapa de projeto

FASE	ATIVIDADES
ESTUDO DE VIABILIDADE	Coleta dados sobre a edificação para comparação com indicadores pré-definidos (área de construção, altura do edifício e quantidade de unidades).
ESTUDO PRELIMINAR	Considera: - os aspectos legais de uso e ocupação do solo e código de obras; - a qualidade da documentação das informações básicas do empreendimento; - a qualidade das alternativas consideradas para definição do produto; - os critérios adotados na análise das alternativas, para escolha da mais viável; - a verificação do atendimento às restrições colocadas pelo empreendedor, à legislação pertinente; - a verificação da adequação do produto ao mercado ou ao usuário; - a qualidade da solução quanto à tecnologia de produção escolhida. Os indicadores coletados referem-se à tipologia e implantação do edifício como: índice de compacidade, áreas de circulação, área total do pavimento, área útil das unidades, quantidade de pavimentos, volumes de terraplenagem e escavações, taxa de ocupação do terreno e orientação do edifício.
ANTEPROJETO	Avalia e verifica: - o nível de compatibilização das interfaces entre especialidades de projeto; - o atendimento a normas técnicas e legislações aplicáveis; - a qualidade das especificações de materiais e componentes; - a detecção de pontos desconsiderados ou mal resolvidos; - a aplicação dos princípios de racionalização e construtibilidade, expressos por indicadores ligados à coordenação dimensional, padronização e repetitividade; - indicadores relativos ao edifício e suas unidades (perímetros, área total e acabamento de fachadas; acabamento de vedações internas; composição e pré-dimensionamento da estrutura e necessidade de lajes de transição); - indicadores de qualidade relativos à conformidade de soluções ao processo de trabalho (dimensões de espaços técnicos, como shafts, e desenho das fachadas adaptados aos equipamentos da obra e de manutenção).
PROJETO EXECUTIVO	Aborda os seguintes aspectos: - nível de informação definido pelo detalhamento e sua adequação à prática da empresa; - construtibilidade - qualidade dos detalhes construtivos; - projeto para produção, sob critérios de racionalização; - custo total e composição dos fatores de custo. Além de verificar e avaliar: - itens indicados pelo projeto para controle na execução, critérios e tolerâncias adotados; - aspectos característicos de durabilidade, custos de operação e manutenção do produto; - dados dos projetos para comparação com os indicadores sistematizados, como resistência característica do concreto e consumo de materiais, em relação ao edifício e aos pavimentos-tipo (volume de material estrutural; peso de aço para armadura e área de fôrma; pontos de energia, iluminação, água e esgoto; comprimentos das tubulações); - indicadores qualitativos de desempenho do edifício relativos a estanqueidade e durabilidade de fachadas e coberturas

Fonte – Adaptado de SILVA e NOVAES (2008).

2.2 O uso da modelagem de informações da construção

Desde os primórdios da civilização humana grandes projetos de engenharia vem sendo executados. As pirâmides do Egito, a Acrópole de Atenas, o Coliseu de Roma, a Grande Muralha da China, a Torre Eiffel, constituem exemplos de concepções que ganharam forma no decorrer da história.

O fato é que, concomitantemente ao desenvolvimento tecnológico no mundo, houve um aprimoramento na forma de se representarem os projetos de engenharia, caracterizando um processo evolutivo que, em um modelo representativo reduzido, vai desde as maquetes físicas, utilizadas na antiguidade, até os *softwares* que utilizam o conceito *BIM* nos dias de hoje (Figura 9).

As plataformas que utilizam o conceito *BIM* permitiram não somente uma melhor visualização daquilo que está sendo projetado, mas também uma previsão, com um bom nível de exatidão, do produto que será obtido após a construção (CBIC, 2016a).

Figura 9 – Evolução dos projetos

Maquetes físicas	Pranchetas	CAD	BIM
			
Sem documentação	Apenas documentos (desenhos)	Apenas documentos (desenhos)	Modelos e documentos

Fonte – CBIC (2016a)

O *BIM* é um conceito que vem ganhando destaque na área da construção civil, à medida que o teor competitivo do mercado tem requerido dos empreendimentos um alto grau eficiência em seus processos intrínsecos. Nesse contexto, torna-se importante entender o conceito *BIM* a fim de poder integrá-lo às etapas do ciclo de vida de um edifício.

A literatura aponta que um dos precursores do *BIM* foi Charles M. Eastman, professor da faculdade de Design e Ciências da Computação da *Georgia Institute of Technology*⁸ e diretor

⁸ Uma das principais universidades de pesquisa dos Estados Unidos.

do *Digital Building Laboratory*⁹, um convênio Universidade-Indústria, onde são desenvolvidas pesquisas em TI para aplicação na construção de edifícios.

Eastman et al. (2011), aponta que o *BIM* pode ser definido como um modelo digital, ou virtual, representativo da construção, contendo geometria e dados precisos para dar suporte às atividades de construção, fabricação e aquisição pelas quais o produto é materializado.

O *National BIM Standard (NBIMS, 2015, pg.1)*, caracteriza o *BIM* como uma “representação digital das características físicas e funcionais de uma construção servindo como um recurso de compartilhamento de informações e formando uma base confiável para a tomada de decisões do início ao fim do seu ciclo de vida. ”

Dentro dos pressupostos apresentados, este trabalho visa utilizar a definição do *BIM* como um modelo que gera representações gráficas e informações exatas de um produto físico a ser construído, permitindo analisar o empreendimento de forma fiel ainda na fase de projeto. Dentre essas análises possibilitadas por esses modelos está a detecção de interferências que integram o escopo da compatibilização de projetos.

Torna-se importante entender que o *BIM* não é apenas um conjunto de *softwares* que realizam modelagem tridimensional, uma vez que este é apenas uma das vertentes desse conceito, que tem como umas das principais características o fornecimento de informações automáticas e precisas atreladas ao objeto modelado, desde que bem implementado.

Apesar dos diversos benefícios apresentados, é possível identificar que a implementação do *BIM* por parte das empresas requer planejamento, estruturação e documentação suficiente a fim de que essa alteração na forma de projetar possa trazer os seus benefícios de forma eficiente.

2.2.1 O estado da arte da utilização do *BIM*

Apesar do conceito *BIM* ter ganhado destaque nos últimos anos, com a propagação dos *softwares* que utilizam esse princípio, as suas ideias e metodologias intrínsecas já vem sendo disseminadas a muitos anos. EASTMAN et al. (2008) apontam que a primeira referência do que se conhece hoje como *BIM* foi o protótipo do *Building Description System* publicado por Eastman em 1975, como descreve Menezes (2011).

⁹ Conecta pesquisadores da Georgia Tech a profissionais das indústrias de arquitetura, engenharia, construção e operações.

“Esse trabalho incluiu noções de BIM, hoje em dia rotineiras, tais como derivar seções, planos, isométricos ou perspectivas com base em elementos anteriormente modelados; evitar o redesenho, uma vez que as alterações são atualizadas automaticamente em todos os desenhos derivados; possibilitar o acoplamento direto da análise quantitativa à descrição dos materiais durante a modelagem, com estimativas de custo ou quantitativos de materiais sendo facilmente gerados, enquanto alimenta um banco integrado de dados; gerar código automatizado para checagem da edificação na prefeitura ou no escritório de arquitetura; facilitar a tarefa dos empreiteiros de grandes obras, no tocante ao usufruto de vantagens como agendamento e encomenda de materiais.” (MENEZES, 2011, pg.155).

Embora o conceito já fosse empregado desde a publicação de Eastman, assim como em publicações posteriores, Pellanda et al. (2015) citam que a nomenclatura *Building Modeling* (no sentido de *BIM*, como se conhece hoje), foi utilizada pela primeira vez em 1986 por Robert Aish, da *GMW Computers Ltd.*, desenvolvedora do software *RUCAPS*¹⁰. Posteriormente, o termo *Building Information Model* surgiu pela primeira vez em artigo publicado pela G.A. Van Nederveen e F.P. Tolman, em 1992.

Dessa forma, os conceitos, que hoje são identificados como pertencentes ao *BIM*, já datam cerca de 40 anos, e o termo *Building Information Modeling*, como utilizado hoje, atrelado a sua funcionalidade, já data mais de 25 anos.

Desde então o *BIM* é uma ideia que se mostra cada vez mais presente nos processos de projeto, mostrando que se torna difícil pensar em uma evolução na construção civil sem uma estreita relação com os recursos disponibilizados pelas tecnologias da informação.

2.2.1.1 O *BIM* no Brasil

No Brasil o *BIM* vem ganhando atenção desde o ano 2000, com diversas publicações relacionadas ao tema, porém, algumas barreiras enfrentadas pelo processo de implementação, fizeram com que o processo se desse de maneira lenta até então. Entretanto, observa-se que, nos últimos anos, a implementação do *BIM* tem emergido no país, e esse cenário tende a ser potencializado com o decreto 9.377/2018 que instituiu a Estratégia Nacional para Disseminação do *BIM*.

Em estudo realizado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) com apoio do Departamento da Indústria da Construção da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Deconcic – Fiesp), foi desenvolvido um relatório intitulado como “Diálogos Setoriais para o *BIM* – *Building Information Modeling* no Brasil e na União

¹⁰ Sistema CAD para arquitetos, desenvolvido nas décadas de 1970 e 1980 e considerado como precursor do *BIM*.

Europeia”. Para esse estudo dois consultores, Mohamad Kassem¹¹ e Sergio Amorim¹², foram designados para realizar uma análise do *BIM* em alguns países da União Europeia e no Brasil, respectivamente.

Kassem e Amorim (2015) apontam que a estrutura regulatória dos processos de projeto de construção no Brasil ainda é bastante restrita, estado que se dá pela existência de poucas normas e produtos que regem a confecção de produtos da construção, apenas os processos licitatórios públicos possuem uma legislação específica, inexistindo legislação no mesmo âmbito para o nível privado.

No *BIM* essa carência não é diferente, não existindo leis ou decretos que regulamentem o seu uso. Entretanto, mesmo diante desse contexto, algumas ações vêm sendo desenvolvidas nos aspectos normativos, acadêmicos, na área pública e nas empresas, como aponta o relatório (KASSEM e AMORIM, 2015).

Com o intuito de alavancar o uso do *BIM* no Brasil a AsBEA e a CBIC, lançaram manuais que direcionam a implementação e uso desse conceito. O guia desenvolvido pela AsBEA intitula-se “Guia AsBEA de boas práticas *BIM*”, e visa instruir a estruturação de escritórios para a implementação do *BIM* (ASBEA, 2013).

A CBIC, de forma semelhante, lançou em 2016 uma coletânea completa a respeito do *BIM*, com o intuito de facilitar o acesso das empresas do setor da construção a plataforma, democratizando, assim, o diferencial competitivo que o *BIM* oferece. A coletânea contém os seguintes volumes:

- I. Fundamentos *BIM*;
- II. Implementação *BIM*;
- III. Colaboração e integração *BIM*;
- IV. Fluxos de trabalho *BIM*;
- V. Formas de contratação *BIM*;
- VI. 10 motivos para evoluir em *BIM*.

Em caráter normativo, representado pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, não existem muitas normas que tratam do assunto. Kassem e Amorim (2015), citam

¹¹ Professor Adjunto de Gerenciamento de projetos de Engenharia na Universidade Teesside e consultor responsável pela análise do *BIM* nos países da União Europeia.

¹² Professor titular na Universidade Federal Fluminense e consultor responsável pela análise do *BIM* no Brasil no relatório do MDIC.

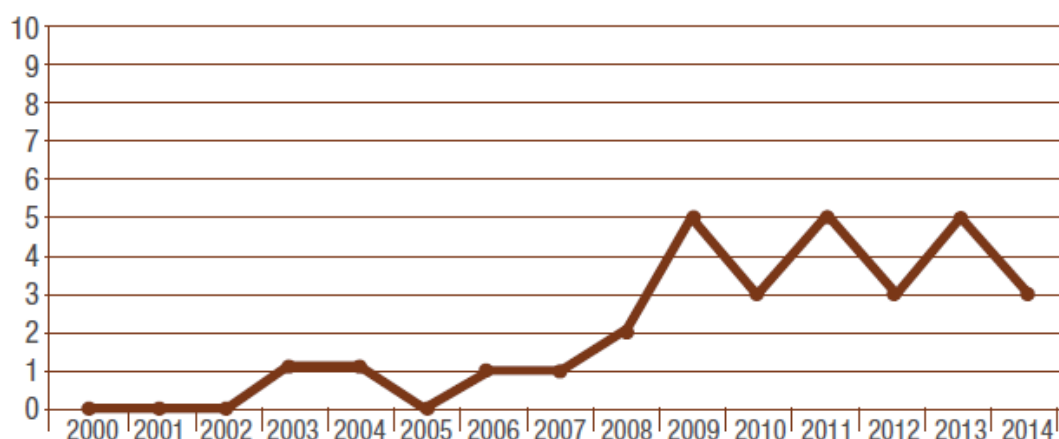
a elaboração de três normas que foram fruto dos trabalhos de uma comissão especial de estudo voltada ao *BIM*, instituída em 2010 (ABNT/CEE -134 Modelagem de Informação da Construção), são elas.

- ABNT NBR ISO 12006-2/2010 Construção de edificação – Organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação da informação.
- ABNT NBR 15965-1/2011 Sistema de classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura.
- ABNT NBR 15965-2/2012 Sistema de classificação da informação da construção. Parte 2: Características dos objetos da construção.

Nesse mesmo âmbito, outras normas também completam o escopo de publicações técnicas normativas a respeito do *BIM*, tais como a ABNT NBR 15965-2 de 2014 e a ABNT NBR 15965-7 de 2015, que tratam dos processos de construção *BIM* e da informação da construção, respectivamente. Vale ressaltar que a ABNT NBR ISO 12006-2, teve a sua segunda edição lançada em fevereiro de 2018, estabelecendo a estrutura para o desenvolvimento de sistemas de classificação do ambiente construído.

No cenário acadêmico o *BIM* vem sendo fomentado desde meados dos anos 2000, através da publicação de artigos, dissertações, eventos e projetos de pesquisa. O Gráfico 4 mostra o volume de publicações relacionadas ao tema no intervalo entre os anos 2000 e 2014.

Gráfico 4 – Teses, dissertações e artigos sobre a temática *BIM*



Fonte – KASSEM e AMORIM (2015)

Na esfera pública, a disseminação do *BIM* tem se dado de maneira mais lenta, quando comparada ao ambiente das empresas privadas e das academias. Porém, com a homologação do Decreto do Governo Federal que institui a Estratégia Nacional para Disseminação do *BIM*, em 2018, espera-se que as ações para implementação da metodologia sejam aceleradas.

Uma das primeiras ações públicas para disseminação do *BIM* foi a criação de uma biblioteca virtual *BIM*, em 2010, contendo famílias e modelos de acordo com os parâmetros que se enquadram nas edificações do programa “Minha Casa Minha Vida”, que serve de referência para elaboração de projetos que se encaixam nesse tipo de edificação até os dias de hoje.

Kassem e Amorim (2015), apontam que a adoção do *BIM* por parte das empresas nas obras públicas se dá em maior parte por opção das próprias empresas em perceber os seus benefícios, do que por incentivo, ou regulação, por parte dos órgãos públicos.

Apesar da lentidão da disseminação do *BIM* no setor público, o Exército Brasileiro, através da Diretoria de Obras Militares, em 2006, percebendo as dificuldades enfrentadas no gerenciamento de obras de edificações e de infraestrutura, desenvolveu, de forma interna, o Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS), implantando *softwares BIM* nos processos de diversas áreas da instituição, como apontam Pellanda et al. (2015).

“Em face dos grandes desafios na área da gestão do ciclo de vida das edificações militares, a DOM idealizou o projeto OPUS, um sistema de apoio à decisão que visa suportar as funcionalidades de planejamento, programação, acompanhamento, fiscalização, controle, gerência e execução de obras e serviços de engenharia e de todas as atividades dos macroprocessos finalísticos do Sistema de Obras Militares, tanto no nível executivo quanto gerencial e estratégico” (PELLANDA et al. 2015, pg. 64).

“As tecnologias inovadoras utilizadas pelo OPUS, como georreferenciamento dos planos diretores, com representações em 2D e 3D, controle de arquivos de projetos em nuvem e padrões abertos de interoperabilidade, possibilitam uma sinergia entre o OPUS e o BIM, gerando benefícios nas duas iniciativas” (PELLANDA et al. 2015, pg. 65).

A interoperabilidade OPUS-*BIM* pode ser percebida na permissão da utilização de um *plugin* junto a plataforma Autodesk Revit, que permite a realização de estudos para determinar a melhor localização de um edifício, através de informações de simulação solar, mediante autenticação da OPUS (PELLANDA et al. 2015).

Apesar do OPUS ser um sistema de referência no mundo, restringe-se ao âmbito militar, uma vez que trata de uma utilização interna do Exército Brasileiro.

A adoção do *BIM* na esfera privada tem se dado principalmente em empresas situadas em ambientes bastante competitivos, evidenciando a adoção do conceito como um diferencial entre as empresas, desde que bem implementado. Outro setor que tem se mostrado bastante ativo é o de fornecimento de produtos e materiais para construção, gerando famílias virtuais para comporem as bibliotecas dos projetistas, contendo características peculiares de cada marca (KASSEM e AMORIM, 2015).

Dessa forma, percebe-se que uma das maiores dificuldades para a implantação do *BIM* no Brasil se dá pela mudança de paradigma. Muitas vezes pela metodologia ser considerada, inovadora e revolucionária demais, as empresas acabam relutando, por achar que o Brasil ainda não está preparado para absorver os resultados do *BIM*. Essa dificuldade em mudar se dá principalmente pelos altos custos atrelados à aquisição dos *softwares*, como também ao treinamento de profissionais.

Por outro lado, apesar de todos os benefícios apresentados pelo *BIM*, observa-se que a implementação do *BIM* não passa somente pela mudança de tecnologias, ou pelo treinamento de pessoal, mas por toda uma mudança na forma de se pensar o projeto. Se a implementação do *BIM* não for bem planejada, corre-se o risco de os resultados serem decepcionantes.

Nesse contexto, os guias confeccionados pela AsBEA e pela CBIC, anteriormente mencionados, podem ser ferramentas importantes para auxiliar os empreendedores a respeito da implantação do *BIM*, a fim de torná-lo um diferencial competitivo para as empresas.

2.2.1.2 O *BIM* pelo mundo

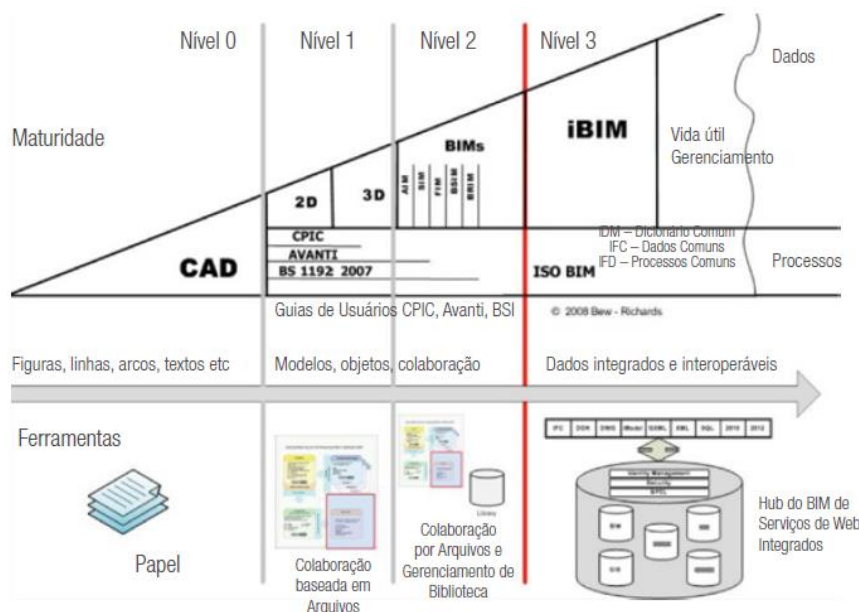
Diversos países no mundo têm se mobilizado para implementar o *BIM* aos seus processos de projeto. Seja na esfera pública ou privada, o fato é que esse conceito tem se apresentado como uma nova maneira de projetar que tem trazido benefícios a diferentes nações, de diferentes patamares econômicos.

Nesse contexto, não seria prudente falar do panorama do *BIM* no mundo sem citar a situação da maior potência econômica do mundo, os Estados Unidos. A GSA – *General Services Administration*, uma agência governamental independente, criou em 2003 o *3D-4D-BIM Program*, um programa que suporta os usos do *BIM* em todas as suas linhas de negócios. Posteriormente, em 2006, instituiu a obrigatoriedade para elaboração de projetos em *BIM* em edifícios públicos. De acordo com o *SmartMarket Report* (2012a), a utilização do *BIM* nos Estados Unidos alavancou de 40% para 71%, de 2009 a 2012.

No Reino Unido, percebe-se uma colaboração mais incisiva do governo na implementação do *BIM*. Desde 2011, quando foi anunciada a obrigatoriedade dos projetos em *BIM* para o setor da construção, a ser implementada até 2016, o *National BIM Report* (NBS) oferece uma análise contendo a evolução e o panorama do uso do *BIM* no país. Na edição de 2018, o CEO¹³ da NBS, Richard Waterhouse, citou a adoção e a conscientização como fatores importantes para o avanço do *BIM*. No que compete a adoção, no país, foi evidenciado um salto de 10% em 2011 para 70% em 2018.

O Relatório também aponta que a indústria tem confiança de que o *BIM* tem ajudado a reduzir o custo de construção, da duração dos projetos e ajudado na operação de ativos construídos, entretanto, não há tanta confiança sobre a eficiência do *BIM* na redução de impactos ambientais, e da lacuna comercial na indústria da construção. Nesse contexto é possível perceber que as críticas não se referem aos objetivos elencados pelo governo, mas a velocidade com que estes tem sido buscados. O objetivo de toda essa ação do governo é incentivar a indústria a participar desse processo, posicionando o Reino Unido como referência em *BIM* no mundo, através do alcance de certos estágios de maturidade (Figura 10).

Figura 10 – Níveis de maturidade do *BIM* no Reino Unido



Fonte – KASSEM e AMORIM (2015) apud BSI (2013)

Em Singapura, um dos maiores centros financeiros do mundo, foi adotado o sistema de aprovação de projetos mais veloz do mundo, em 2006, implementado pela *Building*

¹³ Cargo que está no topo da hierarquia operacional de uma empresa

*Construction Authority*¹⁴. Essa plataforma atingiu resultados muito positivos, reduzindo o tempo de licenciamento de 102 para 26 dias, sendo que, desde 2009, todos os projetos suscetíveis de aprovação, passaram a ser entregues em *BIM* (FERREIRA, 2013).

Na Coreia do Sul, a cada dez profissionais da indústria, seis utilizam o *BIM* em algum nível (58%), do percentual restante cerca de 39% conhecem o *BIM*, mas ainda não o utilizam, e, apenas 3% ainda não ouviram falar no *BIM*, aponta o *SmartMarket Report* (2012b).

Com o intuito de incentivar o uso comum do *BIM* no setor público na Europa, quatorze países da União Europeia compuseram o grupo *EU BIM Task Group*, em 2016, com planejamento de ações financiadas pela Comissão Europeia para 2016 e 2017. Segundo o “Manual relativo à aplicação do *BIM* no Setor Público Europeu”, até 2025 a difusão da digitalização resultará em economias de custos anuais entre 13% e 21% nas fases de projeto, engenharia e construção (EUBIM, 2016).

Kassem e Amorim (2015), relatam o panorama de diversos países na União Europeia com relação ao uso do *BIM*, como Reino Unido, França, Holanda, Finlândia e Noruega, mostrando o caráter emergente do *BIM* nesses países, com altas e crescentes taxas de adesão à metodologia (Figura 11).

Figura 11 – Comparação dos estados dos componentes *BIM* entre os seis países

		PAÍS						
		RU	FR	HO	FI	NO	BR	
Componentes da política do BIM	Estratégia, visão e marco							NÃO EXISTENTE
	Padrões, protocolos e guias							
	Motivadores e promotores							INICIADO
	Resultados padronizados							
	Marco regulatório							DESENVOLVIMENTO EM ANDAMENTO
	Medidas e otimização							
	Educação e aprendizado							BEM DESENVOLVIDO
	Infraestrutura de tecnologia *							

Fonte – KASSEM e AMORIM (2015)

¹⁴ Agência do Ministério de Desenvolvimento Nacional de Singapura, que tem como missão o desenvolvimento do ambiente construído.

No que tange a estratégia, visão, marco, padrões, protocolos e guias, motivadores e promotores, há uma disparidade entre Brasil e França e os demais países, sendo que nos primeiros esses componentes encontram-se ainda em estágio inicial. A exceção do Reino Unido, que apresenta um desenvolvimento bem superior em todas as áreas, devido a todas medidas que já foram tomadas pelo governo, os demais países apresentam estágios de desenvolvimento dos componentes semelhantes ao Brasil nos demais atributos.

Merece ser destacado o fato do atributo de Infraestrutura de tecnologia, ser considerado como bem desenvolvido no país, o que não é encontrado em nenhum dos outros países analisados, isso se deve a toda estrutura que envolve o sistema OPUS, o que implica em um grande avanço nessa área para o Brasil (KASSEM e AMORIM, 2015).

É possível observar que por todo o mundo as taxas de crescimento de implementação do *BIM* são evidentes, porém, vale salientar que em alguns países esse crescimento é mais retardado devido às barreiras enfrentadas, tais como a falta de procedimentos claros e coordenados.

No Brasil, fora as ações do OPUS, já descritas, as ações de implementação do *BIM* ainda progridem de forma lenta, mostrando que ainda há um longo caminho a percorrer para que se alcance um nível de maturidade hoje apresentado por países que já utilizam o *BIM* em seus processos intrínsecos.

2.2.2 O *BIM* como ferramenta para compatibilização de projetos

Como demonstrado anteriormente, inserir a compatibilização de projetos no processo de edifícios, é uma maneira de verificar, antes da execução da obra, as interferências entre as concepções, sendo, portanto, uma ferramenta para reduzir os custos, os retrabalhos, o desperdício de materiais e evitar atrasos no cronograma da obra.

Logo, compatibilizar com *BIM* consiste em utilizar as tecnologias de modelagem de informações da construção disponíveis a fim de automatizar essa verificação de interferências, criando um escopo, de fácil visualização, com informações coerentes e passível de colaboração através de diversos autores.

Nesse contexto, mais do que uma ferramenta que permite a compatibilização de projetos de maneira precisa, o *BIM* é um agente de integração entre os diversos profissionais, uma vez que “quando os diversos agentes dessa cadeia possuem uma visão global do edifício e se

dedicam ao planejamento, alcançamos soluções integradas entre as diversas áreas e tornamos um empreendimento realizável” (GONÇALVES JR., 2016, pg.4).

Dentre as principais tecnologias, ou ferramentas, que o *BIM* apresenta para viabilizar um processo de compatibilização de projetos mais eficiente estão, a modelagem tridimensional paramétrica, a colaboração entre os diversos profissionais, e a detecção automática de interferências.

2.2.2.1 A modelagem tridimensional paramétrica

Não há como pensar no processo de coordenação sem integrá-lo às respectivas etapas de projeto, à maneira como será realizada a compatibilização e as tecnologias envolvidas em todo o fluxo de atividades. Nesse contexto, como já foram especificadas as atividades da coordenação técnica ao longo de cada etapa de projeto, serão demonstradas as primícias da integração utilizando o *BIM*, com as suas respectivas tecnologias incorporadas.

Uma das primícias do *BIM* é a possibilidade de visualizar os objetos a serem construídos tridimensionalmente enquanto as plantas são construídas, o que, de maneira simples e visual, já auxilia no processo de compatibilização dos projetos, uma vez que interferências visíveis já podem ser detectadas e corrigidas, reduzindo drasticamente as interpretações humanas errôneas cujas representações 2D estão mais sujeitas. Entretanto, é importante entender que apesar de todas as soluções de modelagem *BIM* serem em 3D, nem toda solução 3D é *BIM*, dado que uma das principais características do *BIM* é a integração entre os seus processos, como explica o guia “Fundamentos *BIM*” (CBIC, 2016a).

“As soluções BIM trabalham como gestores de bancos de dados, de forma que qualquer alteração ou revisão realizada em qualquer parte de um modelo será automaticamente considerada em todas as demais formas de visualização da correspondente massa de dados e informações, sejam tabelas, relatórios ou desenhos (documentos), gerados a partir do modelo (e em inexorável consequência do modelo)” (CBIC, 2016a, pg. 29).

Dessa forma, a parametrização de todo o processo acaba diminuindo os erros que outrora poderiam ser gerados pela elaboração de todos os componentes do projeto de forma não automatizada, gerando assim produtos mais precisos e confiáveis.

Um dos *softwares* mais utilizados na modelagem paramétrica *BIM* é o *Revit*, da *Autodesk*, muito devido ao forte apelo comercial da fabricante, uma vez que esse *software*, além de apresentar comandos semelhantes, foi colocado como sucessor do amplamente utilizado *AutoCAD* (COSTA, 2013).

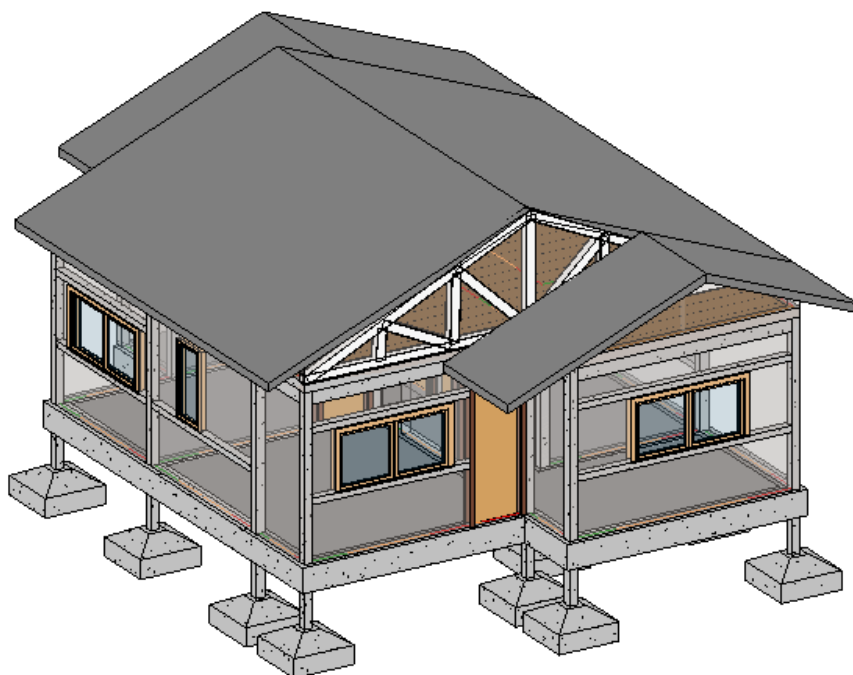
Uma das vertentes que contribuíram para ampla difusão do *Revit* foi, também, a capacidade do *software* de trabalhar com diferentes disciplinas, sendo este integrado pelo *Revit* Arquitetural, para projetos arquitetônicos, *Revit* Estrutural para projetos de estruturas e o *Revit* MEP (*Mechanical, Electrical e Plumbing*), para os projetos de instalações prediais, como aponta o portfólio da fabricante.

“Solução desenvolvida especificamente para BIM, que permite o desenvolvimento de modelos com recursos para modelagem (arquitetônica, estrutural, sistemas prediais), anotação, documentação (layout e impressão), levantamento de quantitativos, geração de legendas e tabelas, geração de câmeras e renderizações e geração de passeios interativos (“walkthroughs”). Possui capacidade de Associação Bidirecional: uma alteração em um ponto específico é uma alteração global. Neste software, todas as informações de modelos são armazenadas em um único banco de dados coordenado. As revisões e alterações efetuadas nas informações são automaticamente atualizadas em todo o modelo, reduzindo significativamente a quantidade de erros e omissões. Esses componentes oferecem um sistema gráfico aberto para considerações de design e criação de formas, ao mesmo tempo em que fornecem a oportunidade de ajustar e expressar a intenção de design em níveis cada vez mais detalhados.” (CBIC, 2016c, pg. 97).

Além de possuir uma estrutura que comporte as diversas disciplinas o *Revit* também permite a integração desses diversos modelos, gerando uma visualização simultânea através da chamada vista de coordenação (Figura 12). Por meio da vista de coordenação é possível identificar interferências entre os modelos de forma visual, e, também, alterando os parâmetros de vista como transparência dos elementos, a fim de visualizar melhor as interações a que se desejam. É possível realizar, também a verificação automática de interferências, gerando um relatório de conflitos geométricos entre os elementos.

Berdeja (2014, pg. 75), afirma que, apesar de não ser uma ferramenta específica para detecção de conflitos, para obras de pequeno volume “o *Revit* é suficientemente eficiente para a análise das interferências entre as especialidades desenvolvidas”.

Figura 12 – Vista de coordenação entre modelos de arquitetura e estruturas



2.2.2.2 Colaboração *BIM*

Outra vertente importante que abrange o uso do *BIM* na coordenação de projetos está relacionada à colaboração entre os profissionais de diferentes especialidades. Essa cooperação tem se dado de maneira diferente com o decorrer do tempo, acompanhando a evolução dos programas utilizados pelos projetistas, das tecnologias da comunicação.

“Por envolver diversas pessoas e equipes distintas, internas e externas a uma organização, inevitavelmente, para que os processos sejam realizados harmonicamente e sem interrupções, sempre será necessário definir limites de atuação, regras e responsabilidades, além de planejar, testar e especificar soluções que garantam a interoperabilidade entre diferentes tecnologias, que, muito provavelmente, serão escolhidas e utilizadas pelos diferentes participantes” (CBIC, 2016c, pg. 17)

O guia “Colaboração e Integração *BIM*” (CBIC, 2016c) mostra a evolução da colaboração entre profissionais em consonância com a evolução tecnológica, classificando-a em estágios de maturidade, como mostra o Quadro 11.

Quadro 11 – Estágios de maturidade *BIM*

ESTÁGIO		TECNOLOGIA	FASE	COLABORAÇÃO
0	A	Representações 2D desenhadas à mão	2D	2D Manual
	B	Representações 2D em CAD		2D CAD
1	A	Modelos 3D não Inteligentes	MODELAGEM	3D
	B	Modelos 3D Inteligentes		3D Inteligente
2	A	<i>Softwares</i> de Modelagem ESD	COLABORAÇÃO	Mão Única
	B	Plataforma Simples IFC		Mão Dupla
3	A	Interoperabilidade	INTEGRAÇÃO	Servidor Local
	B	<i>BIM</i>		Servidor Web

Fonte – Adaptado de CBIC (2016c).

O guia situa a fase atual entre os estágios 0A e 2A, que vai desde representações bidimensionais desenhadas a mão até a evolução dos *softwares* de modelagem *Engineering Software Design (ESD)*, que possibilitaram o compartilhamento de modelos baseados em objetos entre duas ou mais disciplinas. Essa evolução se deu graças a implementação de uma simples plataforma baseada em *Industry Foundation Classes (IFC)*, um formato de arquivo neutro utilizado para tornar viável a troca de informações entre diferentes soluções tecnológicas.

O fluxo de informações entre os *softwares* quando atingido o estágio 2B deixou de ser unidirecional e passou a ser bidirecional, onde foi possibilitada a importação e exportação de modelos de diferentes disciplinas (CBIC, 2016c).

Um termo bastante aplicável ao aspecto da colaboração é a interoperabilidade, que, nesse contexto, nada mais é que a “troca de informações entre os diversos participantes de um projeto durante o ciclo de vida de um empreendimento, através da aplicação direta entre aplicações de *softwares*” (CBIC, 2016c, pg. 75).

Essa troca de informações entre diferentes plataformas é um dos maiores desafios da indústria na busca por um processo de integração cada vez mais completo entre as equipes de diferentes especialidades.

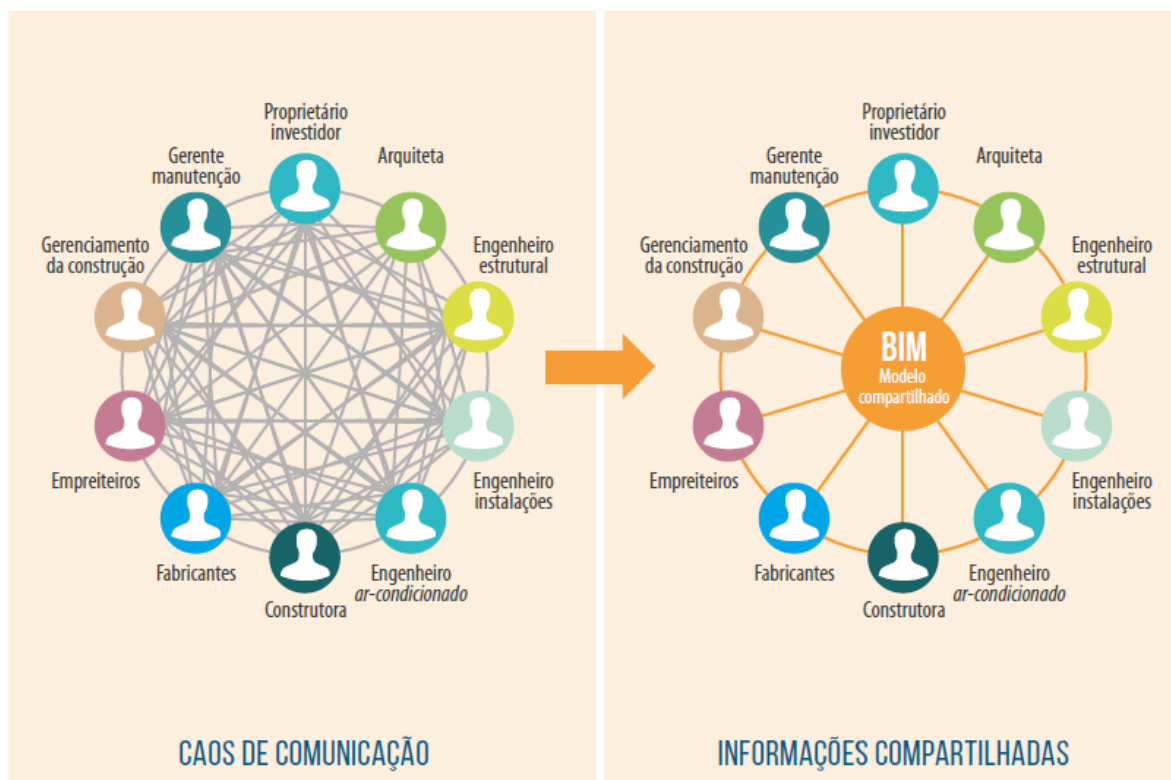
Segundo CBIC (2016c), têm-se esforços diversos para que sejam estabelecidos, protocolos, padrões e boas práticas na indústria da construção civil, porém, apesar de todo esse empenho o estado atual do processo de colaboração ainda está longe de alcançar uma automatização efetiva das informações em rede.

Apesar das diferentes formas de compartilhar informações, o *BIM*, de maneira geral, permite que seja implantado sistema de troca de informações denominado modelo federado, ou

compartilhado, utilizado no câmbio de informações entre diferentes especialidades (CBIC, 2016c).

Na Figura 13 têm-se à esquerda a troca de informações baseada em arquivos *CAD* e, a direita, o câmbio baseado no modelo compartilhado.

Figura 13 – Câmbio de informações utilizando modelo convencional e compartilhado



Fonte – CBIC (2016c)

A possibilidade da utilização de um modelo federado organiza o fluxo de informações e permite que se tenha uma maior confiabilidade entre os projetistas, gerando assim, uma maior precisão no modelo compatibilizado desenvolvido.

2.2.2.3 A detecção automática de interferências no *BIM*

O guia “Fundamentos do *BIM*” (CBIC, 2016a, pg. 71) cita que um grupo criado pela comissão especial de estudos CEE-134 da ABNT, responsável pela confecção da primeira norma técnica, para estudos específicos sobre desenvolvimento do *BIM*, estabeleceu os usos mais comuns do *BIM* nos processos de trabalho no Brasil, sendo eles:

- Desenvolvimento de projetos autorais de arquitetura, estrutura e instalações, inclusive coordenação, detecção automática de interferências (*clash detection*) e geração automática de documentação;
- Visualização;
- Estimativa de custos / orçamentação;
- Análises estrutural e energética;
- Planejamento 4D.

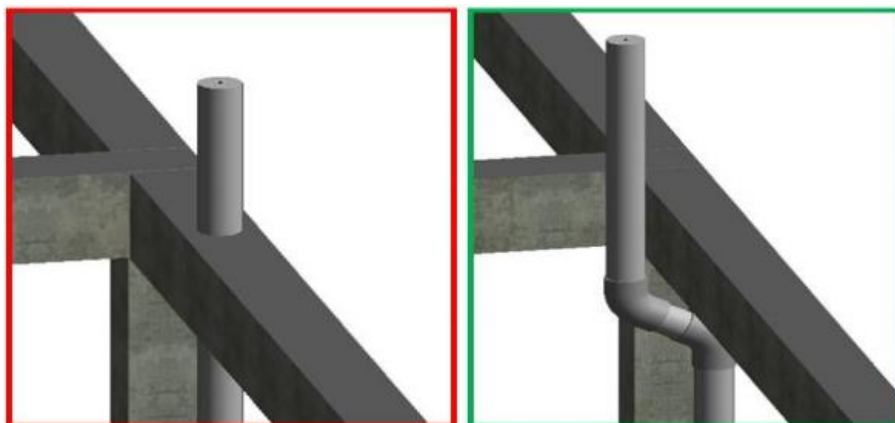
Entre os usos mais frequentes no Brasil encontra-se a detecção automática de interferências, função também conhecida pela expressão em inglês *clash detection*. Os *softwares BIM* localizam as interferências entre os objetivos que compõem modelo, gerando um relatório, que pode ser extraído e compartilhado entre as equipes responsáveis pelas diferentes especialidades (CBIC, 2016a).

Apesar do *clash detection* ser uma importante ferramenta no conceito *BIM*, a própria visualização tridimensional do modelo a ser construído já permite, por si só, a detecção de diversas interferências durante a elaboração do projeto, conflitos esses que seriam mais difíceis de identificar em uma visualização 2D.

Benning et al. (2010), classificam as interferências em três tipos, dois relacionados a aspectos físicos (*physical clashes*), e outro baseado na verificação de regras (*rule clashes*).

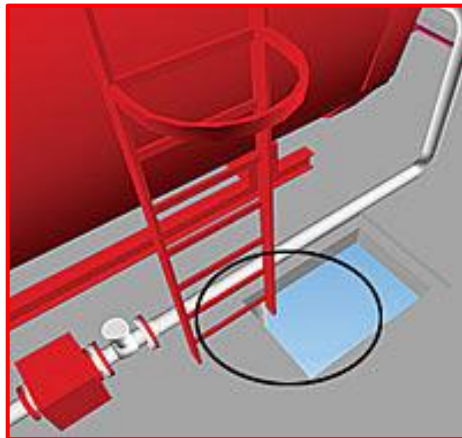
As interferências físicas são subdivididas em duas classes, em fortes (*hard clash*) e fracas (*soft clash*), o primeiro caso acontece quando se tem o conflito entre objetos que ocupam o mesmo espaço (Figura 14), o segundo refere-se à limitação que um objeto causa a movimentação de outro objeto ou até mesmo a uma pessoa (Figura 15).

Figura 14 – *Hard clash*: Conflito entre viga e tubulação hidráulica



Fonte – BERDEJA (2014)

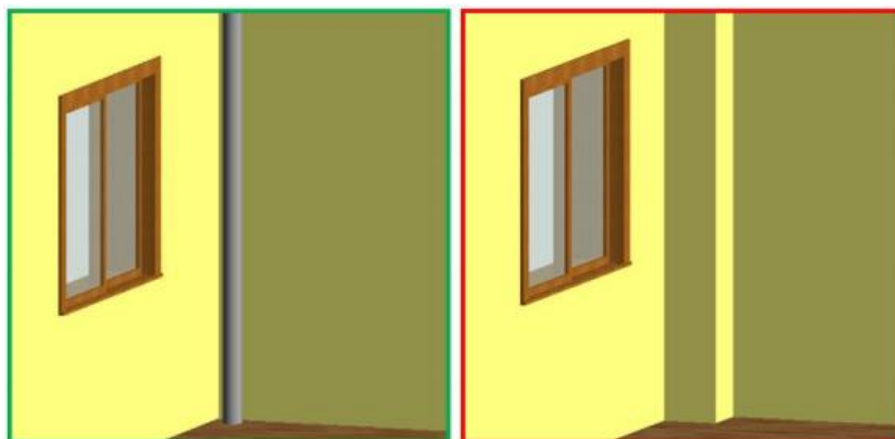
Figura 15 – *Soft clash*: Conflito entre poço de inspeção e escada de serviço



Fonte – Courtesy HOK
Disponível em: www.construction.com

Já a interferência baseada na verificação de regras (*near misses clash*) acontece quando uma regra inserida baseada em algum parâmetro for descumprida (Figura 16), tal como, distância mínima entre dois elementos, categoria de elementos que não podem passar por certos tipos de ambientes, entre outras. Essas regras podem ter um grau de complexidade variado, dependendo, em muitos casos, de um conhecimento específico em programação para que possam ser inseridas de maneira que o *software* entenda.

Figura 16 – *Near Miss Clash*: Detecção de tubulação visível no interior do quarto



Fonte – BERDEJA (2014)

Eastman et al. (2011) apontam que existem dois tipos tecnologia que realizam a detecção automática de conflitos, as ferramentas de modelagem *BIM* e as ferramentas de integração *BIM*.

Nas ferramentas de modelagem tem-se uma limitação, pois, mesmo que o *software* seja capaz de integrar as diversas disciplinas, a análise das incompatibilidades seria restrita, seja pela limitada interoperabilidade de grande parte dos *softwares* de modelagem *BIM* ou pela complexidade dos objetos modelados (EASTMAN et al., 2011).

O fato das diferentes equipes de trabalho utilizarem, geralmente, *softwares* específicos de cada disciplina para a concepção de seus projetos, induz a utilização das ferramentas de integração, ou visualizadores, que são *softwares* que permitem a integração por meio importação de modelos 3D de uma gama extensa de modeladores. Os visualizadores, também chamados de *softwares* de revisão de projetos, possuem recursos que permitem uma análise de interferências mais eficiente, identificando uma maior gama de conflitos físicos fortes e leves (BERDEJA, 2014).

Berdeja (2014) cita que a desvantagem desse tipo de *software* se encontra na incapacidade dos visualizadores de alterar os conflitos identificados dentro do modelo integrado, uma vez que o modelo gerado não está associado ao original.

O Quadro 12 dispõe as principais ferramentas de detecção automática de conflitos atreladas aos seus respectivos formatos de importação, e ao tipo de conflitos que podem ser detectados pelas mesmas.

Quadro 12 – Ferramentas de detecção de conflitos e formatos de importação

EMPRESA	SOFTWARE	FORMATOS DE IMPORTAÇÃO	DETECÇÃO DOS CONFLITOS
Autodesk	<i>Navisworks Manage</i>	nwd,nwf, nwc, dwg, dxf, sat, dgn, prp, prw, 3ds, prj, asc,txt, sat, dwf, fls, fws, iQscan, iQmod, iQwsp, ifc, igs, iges, man, .v7, ipt, iam, ipj, pts, ptx,dri, 3dd, rvm, skp, stp, step, stl, wrl, wrz, zfc, zfs	Geométrica
Solibri	Solibri Model Checker	Ifc	Regras
Bentley	Bentley Interference Manager	dgn, dxf, dwg, iges, step, ifc, pdf, u3d, rhino 3dm, parasolid, cgm, stl, obj, vrml, sdnf	Regras
Tekla	Tekla <i>BIMsight</i>	dwg, dxf, dgn, ifc, sdnf, step	Regras

Fonte – Adaptado de BERDEJA (2014)

O Autodesk *Navisworks* é uma das soluções mais amplamente utilizadas para a detecção de interferências geométricas, constituindo uma importante ferramenta *BIM* de controle e gestão. Essa plataforma permite que os usuários combinem os modelos 3D de diversas disciplinas e naveguem em torno destes, a fim de aplicar as ferramentas disponíveis no *software* para a finalidade que este se propõe. No Quadro 13 são listados os principais componentes e ferramentas desse utilitário.

Quadro 13 – Componentes do *Navisworks*

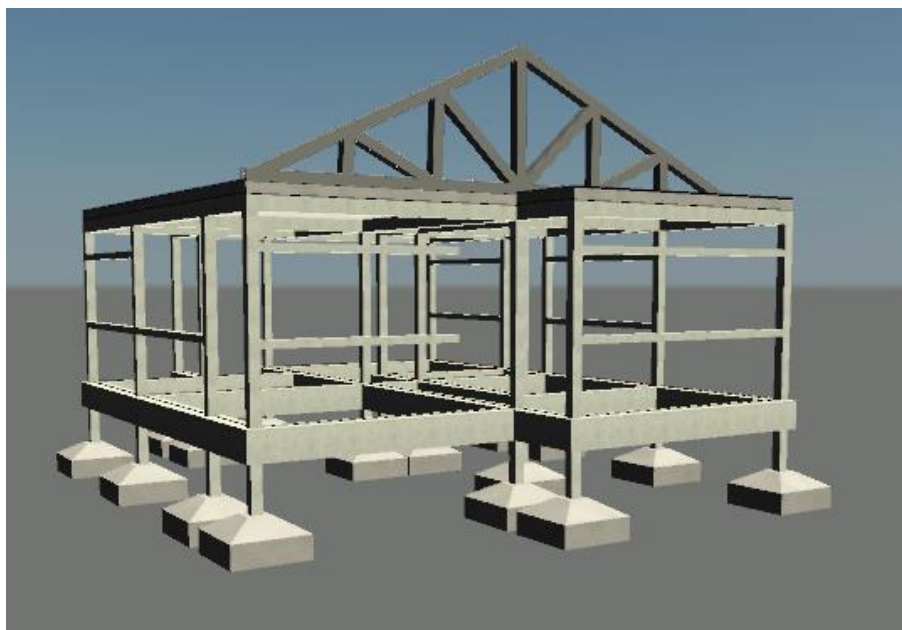
FERRAMENTAS	FUNCIONALIDADES
<i>Clash Detective</i>	Permite a detecção de interferências geométricas entre modelos interdisciplinares
<i>Renderer</i>	Aplica tonalidades na geometria do modelo de acordo com a configuração de iluminação, os materiais e as condições de ambiente escolhidas
<i>Quantification</i>	Permite a realização de estimativas automáticas de materiais, áreas e componentes.
<i>TimeLiner</i>	Permite vincular o modelo a um cronograma de construção externo para planejamento baseado em tempo visual e custo
<i>Animator</i>	Permite aos usuários criar animações e interagir com o modelo
<i>Scripter</i>	Permite ao usuário configurar ações que ele deseja que aconteçam quando condições ou eventos forem atendidos

Fonte – Baseado em Autodesk (2017)

Berdeja (2014) afirma que o elevado grau de sofisticação dos algoritmos de visualização realista (renderização), faz com que essa ferramenta apresente um diferencial competitivo com relação a outras aplicações do segmento (Figura 17).

A efetividade do *BIM* na detecção de interferências se deve a utilização de elementos paramétricos, uma vez que estes não se limitam a ser apenas uma representação gráfica do que será construído, mas, também, carregam consigo um conjunto de informações intrínsecas de cada item de projeto. Essa parametrização dos elementos é uma das características mais importantes do *BIM*, uma vez que não se busca apenas uma identificação visual, mas também funcional, das interferências presentes no projeto, permitindo a construção de um modelo que represente o edifício a ser construído da forma mais fiel possível.

Figura 17 – Modelo estrutural no *Navisworks*



2.2.3 Os desafios na implementação do *BIM* na compatibilização

Por ser de certa forma inovador para os processos de projeto no Brasil, o *BIM*, na compatibilização de projetos, esbarra em algumas dificuldades, quando se tem o desejo de aproveitar da melhor maneira todos os benefícios que esse conceito oferece. Entre os desafios encontrados está a necessidade de uma mão-de-obra qualificada e atualizada, uma vez que o compartilhamento de informações entre os profissionais requer conhecimentos em *BIM* de todos os envolvidos, para que se tenha um escopo de informações coerentes.

Outra barreira observada é a necessidade de mais tempo para a concepção dos projetos, a fim de pensar em todas as soluções, e realizar todas as simulações necessárias para que se tenha um baixo índice de alterações inesperadas na etapa de execução, além da necessidade uma infraestrutura mais complexa, tendo custos incorporados na aquisição das tecnologias e na utilização de máquinas com melhor desempenho.

E, por último e, se não, a mais relevante, está a mudança de paradigma, uma vez que as empresas precisarão adotar um novo fluxo de trabalho para utilizar o *BIM* nessa finalidade, aprendendo a trabalhar de maneira integrada e compartilhando informações durante todo o processo. Gonçalves Jr. (2016) cita que esse novo fluxo de trabalho ainda exige do contratante uma visão mais integral de todo o processo, considerando o custo e o desempenho do empreendimento a longo prazo, estendendo-se até o custo de operação.

3 METODOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO

3.1 Procedimentos metodológicos

A metodologia implementada, a fim de cumprir com os objetivos propostos, visa obter fundamentos e dados que permitam mostrar os benefícios e desafios da utilização do conceito BIM na compatibilização de projetos de um edifício institucional. Para isso foram elencados os seguintes procedimentos: Fundamentação, caracterização das interferências mais recorrentes em projetos de edifícios, modelagem das informações, detecção de interferências nos projetos do edifício objeto de estudo e análise dos resultados.

3.1.1 Fundamentação

A etapa de fundamentação se propôs a dar o embasamento e conhecimentos necessários para que pudesse proceder com a análise do edifício objeto de estudo. Nela foi delineado, primeiramente, um estudo exploratório sobre o tema, que foi subdividido em duas partes, sendo elas, o estudo a respeito da coordenação de projetos e o estudo sobre a modelagem das informações da construção e sua aplicação na compatibilização de projetos. Para isso foi levantado um escopo embasado em artigos científicos, jornais, revistas técnicas, livros e publicações acadêmicas relacionados ao tema, afim de fornecer ao pesquisador conhecimento necessário para o desenvolvimento do trabalho.

A revisão bibliográfica tem como finalidade dar consistência e notoriedade as informações apresentadas, assim como tratar de todos os aspectos para que se tenha a viabilidade de cumprir com os objetivos propostos para a análise do edifício objeto de estudo, justificando a aplicação do caso específico, definindo o problema de pesquisa, os objetivos que se visa cumprir e as tecnologias a serem utilizadas para essa análise.

3.1.2 Caracterização das interferências mais recorrentes em projetos de edifícios

Para organizar o fluxo de informações coletadas a fim de caracterizá-las de maneira mais precisa, torna-se interessante que o processo de detecção de interferência seja feito de maneira semelhante ao processo convencional de sobreposição 2D, em pares de disciplinas, de acordo com as especialidades presentes no estudo, a saber, arquitetura, estruturas, e instalações

hidrossanitárias. Além de organizar os pares para realização dos testes de interferências, a bibliografia aponta que é eficaz a subdivisão das disciplinas em componentes que serão mais comumente conflitados na elaboração do roteiro de interferências.

Foram identificadas na literatura as interferências mais recorrentes nos projetos de edifícios no confronto entre cada par de disciplinas onde, a partir desses confrontos mais comuns foi elaborado um roteiro de interferências para realização dos testes no ambiente do *Navisworks*. O roteiro consiste na identificação das disciplinas confrontadas, dos componentes confrontados e do tipo de análise para realização dos testes.

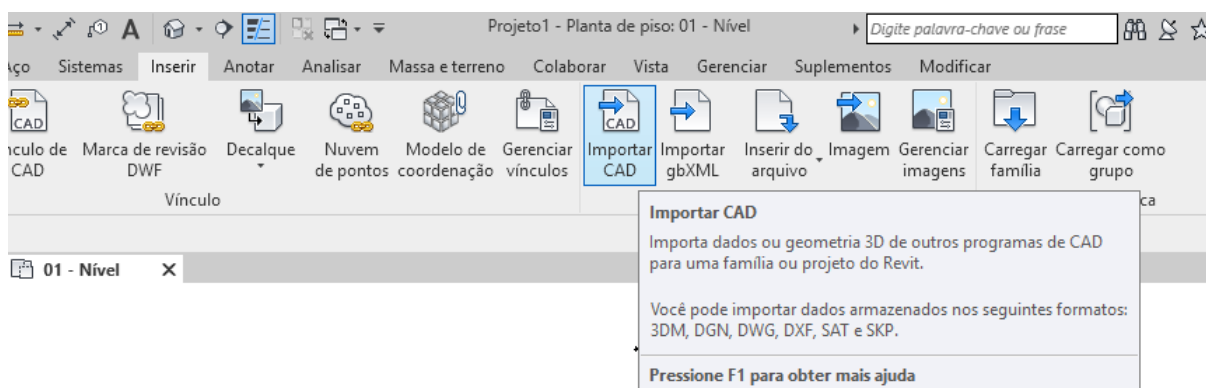
3.1.3 Modelagem das informações

Na etapa de modelagem das informações, foram selecionados os projetos em *CAD*, do edifício objeto de estudo, contemplando as disciplinas do estudo de caso, sendo elas, arquitetura, estruturas e instalações hidrossanitárias. A escolha de apenas uma das disciplinas do modelo de instalações (*MEP*) se deu pelo fato desse trabalho ter o intuito de demonstrar a validade desse uso do *BIM*, e não um projeto de compatibilização final.

A modelagem dessas concepções em *BIM* foi realizada em sua totalidade em um *software* de modelagem, o Autodesk *Revit* 2019, uma vez que é uma solução que permite o trabalho nas três especialidades estudadas e, tem um bom grau de interoperabilidade com outros softwares que possuem ferramentas que ajudam na detecção de interferências.

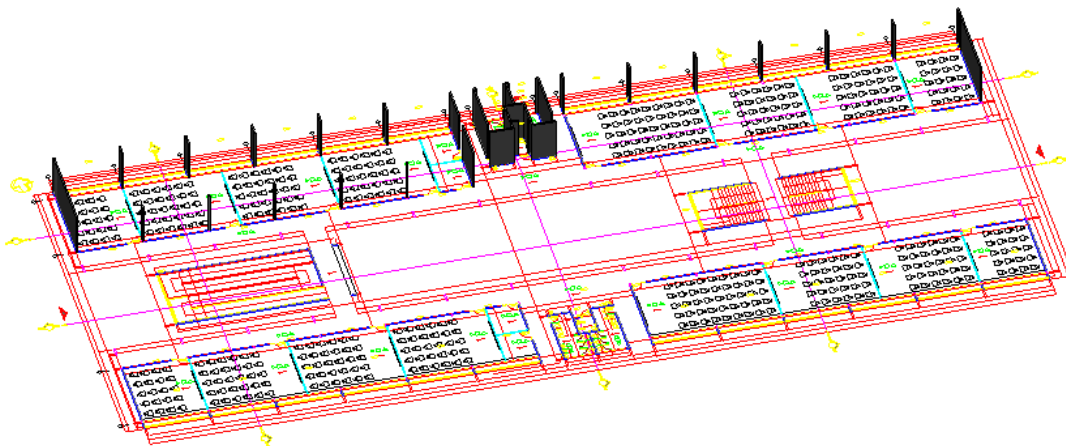
Após a obtenção dos projetos em *CAD*, estes foram convertidos para uma escala comum a fim de facilitar a modelagem no *Revit*. Utilizando a ferramenta de importação, localizada na aba inserir (Figura 18), cada um dos modelos foi introduzido no *Revit* a fim de servir como base para a modelagem tridimensional.

Figura 18 – Importação de arquivos *CAD* no *Revit*



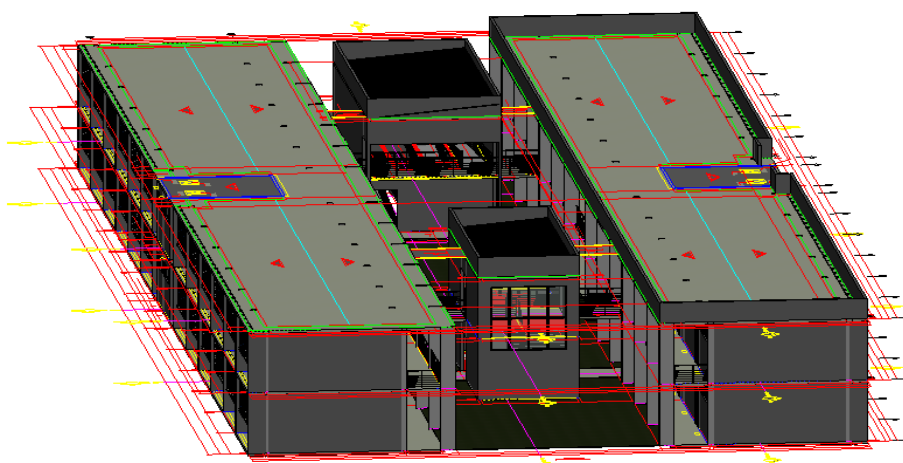
A importação das plantas para o ambiente do *Revit* tem o intuito de facilitar o processo de modelagem, uma vez que esse estudo parte de um projeto preexistente, permitindo a verificação entre os componentes modelados e o projeto original (Figura 19).

Figura 19 – Modelagem com base em modelo importado do CAD



As plantas foram lançadas em *templates*¹⁵ específicos para cada disciplina, que são modelos de projeto com configurações pré-definidas e famílias carregadas, de acordo com a necessidade de cada especialidade. Cada planta 2D obtida em CAD foi lançada em seu respectivo nível a fim de garantir uma modelagem fiel à que foi anteriormente projetada. Na Figura 20 demonstra-se a modelagem baseada em modelos importados em cada pavimento, para a disciplina de arquitetura.

Figura 20 – Modelagem do projeto de arquitetura



¹⁵ Um arquivo base com informações e famílias pré-configuradas e específicas para o tipo de projeto que se pretende desenvolver padronizando o desenvolvimento de projetos.

Para que fosse garantido na plataforma *BIM* um modelo fiel ao que foi projetado em *CAD*, foram comparadas, além das plantas de vistas importadas, os cortes e elevações, para garantir o maior grau de semelhança possível entre os dois modelos

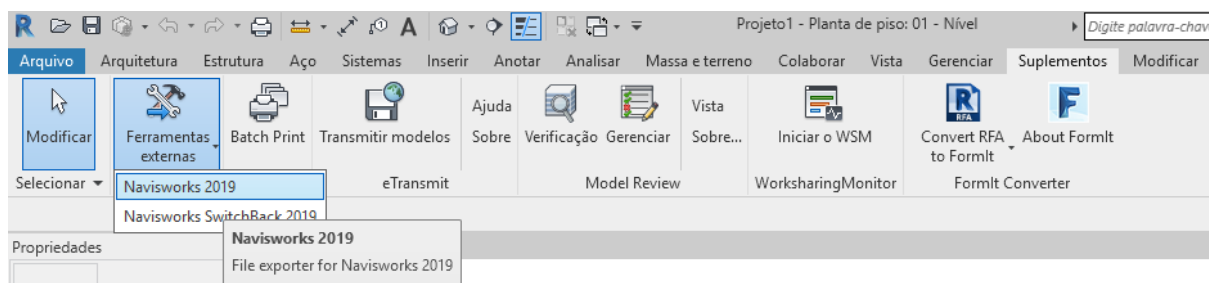
3.1.4 Detecção de interferências nos projetos do edifício objeto de estudo

Depois de cumprida a etapa de modelagem, realizada, em sua totalidade, no Autodesk *Revit* 2019, deu-se início a etapa da identificação das interferências no modelo no Autodesk *Navisworks* 2019, com a utilização da ferramenta de detecção automática de conflitos (*clash detection*).

Apesar do *Revit* também possuir a ferramenta de detecção automática de interferências, optou-se pela exportação desses modelos para o Autodesk *Navisworks* 2019, pois, além desse de ser um software específico para essa finalidade (revisão de projetos), os modelos combinados no *Revit* para esse tipo de edifício poderiam gerar um arquivo muito pesado, dificultando o processo de compatibilização. Além do *clash detection*, o *Navisworks* disponibiliza diversas outras ferramentas que podem auxiliar na detecção e triagem das interferências no modelo.

No que se refere à interoperabilidade entre os softwares, o *Revit* possui na aba de suplementos uma ferramenta externa que permite a exportação do modelo tridimensional para o *Navisworks* (Figura 21), no formato *NWC*¹⁶, com a escolha de parâmetros que serão mantidos, comprimidos ou desconsiderados, influenciando diretamente no tamanho do arquivo exportado.

Figura 21 – Exportação de arquivos do Revit para o Navisworks

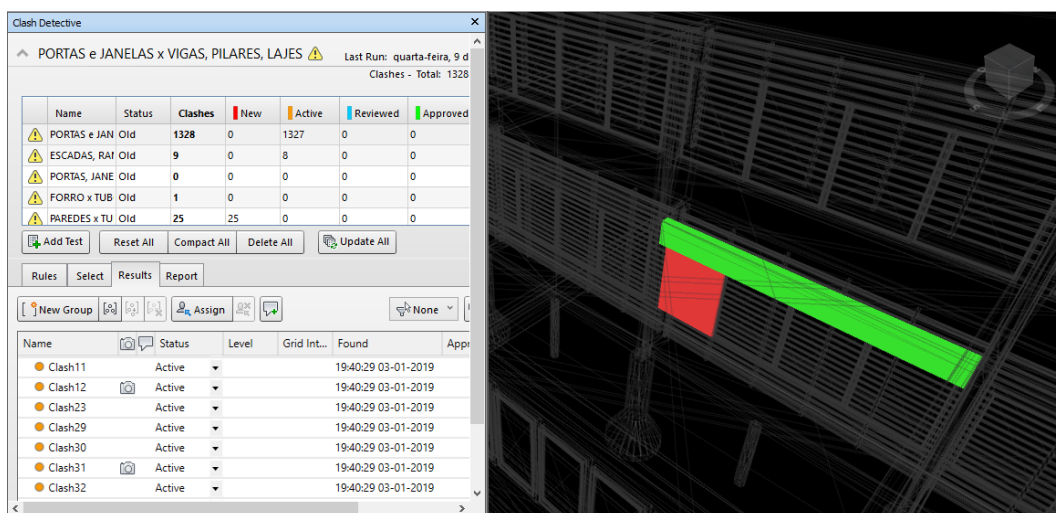


¹⁶ Também conhecidos como arquivos em cache, são arquivos menores que os originais e aceleram o acesso aos arquivos de uso comum.

Os modelos gerados no *Revit* foram exportados de forma independente, sendo definido o mesmo ponto de origem para todos, no próprio software, a fim de que, essa operação não precisasse ser feita dentro do ambiente do *Navisworks*.

Para uma melhor orientação do processo de detecção de interferências foi realizado um filtro preliminar, com a utilização de parâmetros baseados na literatura a fim de não gerar relatórios com uma grande quantidade de interferências, que podem não refletir, de fato, em impactos para a construção. A partir dessa percepção, foi realizado um estudo dos principais elementos conflitantes no projeto de edifícios, agrupados em pares de disciplinas, a fim de servir de base para a elaboração do roteiro de interferências, a saber, arquitetura, estruturas e instalações hidrossanitárias.

Figura 22 – Detecção de interferências no *Navisworks*



As disciplinas, que foram confrontadas entre si, foram também subdividas em componentes, também confrontados entre si, como por exemplo, no teste entre estruturas e arquitetura tem-se uma subdivisão que testa o conflito entre vigas e esquadrias (portas e janelas) (Figura 22).

Além de determinar os pares de conflitos por disciplinas e por componentes outros parâmetros também são inseridos no software para coordenar esse processo, como o tipo de análise e as tolerâncias permitidas para tal.

O software analisa as interferências entre os elementos de forma individual, portanto em uma interferência entre uma viga e um grupo de janelas, por exemplo, o contato da viga com cada janela é contabilizado como um “clash”. É possível utilizar a ferramenta criar grupos de interferências no *Navisworks*, a fim de agrupar interferências semelhantes, porém, para esse

trabalho, optou-se por considerar o conflito entre cada um dos componentes de forma individual, a fim de constatar a quantidade real de obstáculos que seriam enfrentados na etapa de execução, mostrando, assim, a relevância desse tipo de estudo.

3.1.5 Análise dos resultados

Depois de realizados os testes de interferências no ambiente do *Navisworks*, foi realizada uma triagem para identificação das interferências reais e descarte dos conflitos que não contemplam o escopo proposto para esse estudo. As interferências encontradas foram agrupadas em pares de confronto, de acordo com as disciplinas mencionadas, onde foi feita uma análise tanto quantitativa quanto qualitativa, analisando a recorrência e a relevância de cada um desses conflitos.

Foi realizada uma análise, com base na percepção, por meio dos resultados obtidos com o estudo, dos benefícios e desafios da utilização de plataformas baseadas no conceito BIM na compatibilização de projetos de cunho institucional.

3.2 Caracterização do estudo

A etapa de caracterização do estudo se propôs a trazer clareza para a elaboração do escopo do trabalho, permitindo definir tanto o tipo de pesquisa a ser realizada quanto explicitando as principais características do edifício objeto de estudo.

3.2.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa que será desenvolvida, quanto a sua finalidade, é classificada em aplicada, uma vez que tem como objetivo não somente a exposição de um problema, mas também a sua explicação através de uma aplicação real.

Na classificação quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória. Gil (2002, pg. 41), aponta que “estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torna-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. Esse estudo parte da hipótese que o *BIM* apresenta benefícios para o que se propõe: a compatibilização de projetos.

A abordagem utilizada será tanto qualitativa quanto quantitativa, uma vez que será feita a análise visual das interferências detectadas, assim como da aplicação do *BIM* para a finalidade do trabalho, e, também, a análise referente a quantidade de problemas detectados durante o processo de compatibilização, correlacionando esses valores com os dados propostos.

Para que essa análise seja completa, será proposto um estudo de caso, onde, segundo Gil (2002, pg. 54), consiste no estudo “profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo ou detalhado conhecimento”. Será feita a análise de um edifício, que se enquadra nos objetivos propostos do trabalho, a fim de comprovar a eficiência das soluções propostas para a categoria que engloba o estudo, sendo uma análise indutiva.

3.2.2 Caracterização do edifício objeto de estudo

O edifício objeto de estudo, proposto para esse trabalho, tem como objetivo dar consistência aos pressupostos anteriormente mencionados, avaliando a compatibilização de projetos do edifício escolhido através de dois importantes pilares do *BIM*, a modelagem 3D e a detecção automática de interferências.

Os projetos utilizados no desenvolvimento dos estudos foram obtidos junto ao Instituto Federal do Tocantins (IFTO), em formato *CAD*, e são referentes a um edifício que já foi construído nas dependências da instituição. As concepções obtidas já se entravam na etapa de projeto executivo, portanto, infere-se que o processo de compatibilização já tenha sido realizado em algum nível, não se podendo afirmar, entretanto, a influência deste nesse estudo.

O caso do estudo utilizado para o desenvolvimento da presente investigação corresponde a um edifício institucional situado no Plano Diretor Sul da cidade de Palmas, Tocantins. Trata-se de um edifício composto por dois pavimentos, contendo trinta de duas salas de aula, oito salas de apoio e oito banheiros. Os acessos ao pavimento superior se dão através de duas escadas e uma rampa, localizados entre os dois pavilhões de salas. O terreno onde o edifício foi instalado tem uma área de cerca de 45.000 metros quadrados e a área ocupada pela construção é de cerca de 9.000 metros quadrados.

A escolha deste edifício se deu pelo fato de ser um caso real, de um edifício que já foi construído, e que se enquadra no modelo de edificação institucional em que o trabalho se propõe a estudar. Na Figura 23 têm-se uma ilustração do edifício objeto de estudo.

Figura 23 – Imagem representativa do edifício objeto de estudo



Fonte – IFTO

Além de ser um edifício de cunho institucional, cada disciplina que será contemplada para esse estudo possui especificidades que podem influenciar no estudo das interferências encontradas no modelo. A seguir serão descritos os modelos arquitetônico, estrutural, hidráulico (instalações de água fria) e sanitário.

- Características do modelo de arquitetura:
 - Dois pavilhões simétricos com uma rampa e duas escadas de acesso na parte central;
 - Vedações entre as salas em *drywall* e externa em alvenaria de blocos cerâmicos, e janelas;
 - Brises na parte externa das janelas de todas as salas de aula;
 - Forro em gesso acartonado nos banheiros e laje acabada com pintura acrílica nas demais dependências;
 - Passarelas situadas no pavimento superior unindo os dois pavilhões;
 - Pastilhas cerâmicas no revestimento das fachadas;
 - Cobertura em telhas metálicas;
 - Esquadrias de vidro com corpo em alumínio;
 - Piso de granito;

- Características do modelo estrutural:
 - Estrutura reticulada com vigas e pilares de concreto armado de diversas dimensões;
 - Laje nervurada nos ambientes internos e laje maciça nos balanços externos que comportarão os aparelhos de ar-condicionado;
 - Reservatórios em vigas, pilares e paredes estruturais de concreto armado;
 - Viga baldrame em concreto armado;
 - Fundações em tubulões de base alargada e estacas escavadas;
 - Vergas e contravergas em concreto armado;
 - Presença de console para apoio de viga suplementar em pilares específicos;
 - As armaduras para o presente estudo não foram incluídas no modelo estrutural;

- Características do modelo hidráulico:
 - Não há presença de *shafts* verticais para a descida das colunas de água fria;
 - Tubulações embutidas nas paredes;
 - Tubulações horizontais do pavimento superior embutidas na laje;
 - Extravasor do reservatório em queda livre;
 - Um hidrômetro presente em cada pavilhão;

- Características do modelo sanitário:
 - A distribuição das tubulações sanitárias horizontais situa-se abaixo da laje para o pavimento superior e abaixo do piso para o pavimento inferior, e essas possuem inclinação de 3%;
 - Os tubos de queda descem por *shafts* na face interna das paredes do banheiro;
 - As tubulações de ventilação são embutidas no banheiro e ultrapassam em 30 cm o nível da cobertura;
 - Todo o esgoto é direcionado para caixas de inspeção de 60x60cm localizadas na face externa de cada pavilhão;

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Para organizar o fluxo de informações nos resultados encontrados, essa etapa foi subdividida em três partes, a primeira lista os resultados encontrados na literatura para os conflitos mais recorrentes nos projetos de edifícios, onde essas informações são agrupadas para a elaboração do roteiro de interferências. Em etapa posterior mostra-se os resultados decorrentes do processo de modelagem, e, por fim, os conflitos encontrados na detecção automática e também visual das interferências.

4.1 Interferências mais recorrentes nos projetos de edifícios

Dada a infinidade de componentes que podem se sobrepor na elaboração de projetos de edifícios torna-se imprescindível o estudo daqueles que são mais recorrentes e que trazem maiores impactos na construção a fim de guiar a aplicação do uso de tecnologias BIM no edifício objeto de estudo.

A seguir serão apresentadas matrizes de conflitos entre as disciplinas que contemplam o estudo, baseados nos estudos feitos por Callegari (2007); Sousa (2010); Sena (2012); Costa (2013); e Pinto (2016). As matrizes incluem as disciplinas que fazem parte do confronto, os componentes confrontados e o tipo de análise realizada.

4.1.1 Arquitetura x Estrutura

Dentro dos conflitos que tangem as duas disciplinas alguns se destacam como a intersecção entre elementos estruturais e esquadrias, o desalinhamento de elementos como paredes e vigas e a falta de espaço para locação de elemento arquitetônicos e estruturais próximos a outros elementos, tais como, a colocação de alisares e de vergas e contravergas.

Quadro 14 – Matriz de interferências entre arquitetura e estruturas

DISCIPLINAS CONFRONTADAS	DESCRIÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS	COMPONENTES CONFRONTADOS	TIPO DE ANÁLISE
Arquitetura x Estrutura	Intersecção entre elementos estruturais e esquadrias	Portas, Janelas x Vigas, Pilares, Lajes	<i>Hard Clash e Soft Clash</i>
	Intersecção entre elementos estruturais, escadas e rampas	Escadas, Rampa x Vigas, Pilares, Lajes	<i>Hard Clash</i>
	Desalinhamento de paredes e elementos estruturais	Paredes x Vigas, Pilares	Visual

4.1.2 Arquitetura x Instalações Hidrossanitárias

Dentro da compatibilização entre a arquitetura e as instalações hidrossanitárias destacam-se as interferências entre tubulações e esquadrias, a locação de registros em pontos de uso arquitetônico, e o desencontro entre os pontos de abastecimento e saída e os respectivos aparelhos sanitários.

Quadro 15 – Matriz de interferências entre arquitetura e instalações hidrossanitárias

DISCIPLINAS CONFRONTADAS	DESCRIÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS	COMPONENTES CONFRONTADOS		TIPO DE ANÁLISE
Arquitetura x Instalações Hidrossanitárias	Interferências entre tubulações, conexões e esquadrias	Portas, Janelas	X Tubos, Conexões	<i>Hard Clash</i>
	Profundidade das instalações sanitárias impedindo a colocação do forro na altura prevista	Forro	X Tubos, conexões, caixas	<i>Hard Clash</i>
	Intersecção entre tubulações horizontais e paredes	Paredes	X Tubos	<i>Hard Clash</i>

4.1.3 Estrutura x Instalações Hidrossanitárias

Na intersecção entre o projeto de estruturas e instalações hidrossanitárias os elementos conflitados são, geralmente, tubulações interceptando vigas e pilares, pontos não previstos de passagem nas lajes e registros locados em elementos estruturais como vigas e pilares.

Quadro 16 – Matriz de interferências entre estruturas e instalações hidrossanitárias

DISCIPLINAS CONFRONTADAS	DESCRIÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS	COMPONENTES CONFRONTADOS		TIPO DE ANÁLISE
Estrutura x Instalações Hidrossanitárias	Intersecções entre tubulações e pilares	Pilares	X Tubos, Conexões	<i>Hard Clash</i>
	Relocação ou adição de furos na laje	Laje	X Tubos, Conexões	Visual
	Intersecção de prumadas com vigas	Vigas	X Tubos, Conexões	<i>Hard Clash</i>

4.1.4 Arquitetura x Arquitetura

As interferências encontradas entre elementos arquitetônicos geralmente agravam-se na fase de acabamento da obra, muitas vezes em decorrência da falta de detalhamento ou especificação dos componentes. A limitação de espaços entre componentes pode fazer com

que surjam inconsistências decorrente da necessidade de alterações na posição ou na especificação desses elementos. A falta de especificações e detalhamentos, como paginações de pisos e alvenarias, pode gerar interferências entre os elementos arquitetônicos.

Quadro 17 – Matriz de interferências entre elementos de arquitetura

DISCIPLINAS CONFRONTADAS	DESCRIÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS	COMPONENTES CONFRONTADOS	TIPO DE ANÁLISE
Arquitetura x Arquitetura	Falta de espaço para locação de esquadrias	Portas, Janelas X Vãos	<i>Hard Clash</i>
	Falta de paginação no piso cerâmico	Piso cerâmico	Visual
	Intersecção entre piso cerâmico acabado e portas	Portas X Piso cerâmico	Hard Clash

4.1.5 Estrutura x Estrutura

No que tange ao conflito entre elementos estruturais, não foi encontrado, nos estudos de caso apresentados nas bibliografias mencionadas, para o que se propõe esse trabalho, interferências entre os projetos estruturais. Por se tratar de uma estrutura em concreto armado, há sempre uma ligação entre os elementos estruturais com cargas sendo transmitidas entre estes, formando uma estrutura reticulada e monolítica. As interferências geralmente encontradas nesse tipo de projeto entre estrutura e estrutura se dá, em sua maioria, nas interações e disposições das armaduras dos elementos, caso que não pôde ser constatado nesse estudo de caso, uma vez que se optou pela utilização de um modelo simplificado do projeto estrutural, sem a modelagem das armaduras. Como a divisão dos elementos estruturais já é bem clara, em pilares, vigas, lajes e fundações, o roteiro de confrontos será feito utilizando-se o projeto em sua totalidade, sem a subdivisão em componentes.

4.1.6 Instalações Hidrossanitárias x Instalações Hidrossanitárias

Dentre os principais conflitos encontrados entre as instalações hidrossanitárias encontram-se a intersecção de tubulações e as interferências entre peças e aparelhos sanitários com as tubulações. Outro problema que pode ser recorrente é a colocação de conexões inexistentes ou a falta de espaço para locar as conexões especificadas.

Quadro 18 – Matriz de interferências entre elementos hidrossanitários

DISCIPLINAS CONFRONTADAS	DESCRIÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS	COMPONENTES CONFRONTADOS		TIPO DE ANÁLISE
Instalações Hidrossanitárias x Instalações Hidrossanitárias	Intersecção entre tubulações de água fria, esgoto e ventilação	Tubulação de água fria	X Tubulação de esgoto, ventilação	<i>Hard Clash</i>
	Utilização de conexões inexistentes	Conexões	X Tubulação	Visual
	Relocação do ponto devido à falta de espaço para locação das conexões	Conexões	x Tubulação	<i>Soft Clash</i>

Por meio das matrizes de interferências confeccionadas com base nos pressupostos dos autores estudados, elaborou-se um roteiro de interferências (Quadro 19), contendo os pares de disciplinas confrontados, os componentes de cada disciplina e o tipo de análise para a identificação do conflito entre os componentes estudados.

Quadro 19 – Roteiro de detecção de interferências

DISCIPLINAS CONFRONTADAS	COMPONENTES CONFRONTADOS			TIPO DE ANÁLISE
Arquitetura x Estrutura	Portas, Janelas	x	Vigas, Pilares, Lajes	<i>Hard Clash</i>
	Escadas, Rampa	x	Vigas, Pilares, Lajes	<i>Hard Clash</i>
	Paredes	x	Vigas, Pilares	Visual
Arquitetura x Instalações Hidrossanitárias	Portas, Janelas	x	Tubos, Conexões	<i>Hard Clash</i>
	Forro	x	Tubos, conexões, caixas	<i>Hard Clash</i>
	Paredes	x	Tubos	<i>Hard Clash</i>
Estrutura x Instalações Hidrossanitárias	Pilares	x	Tubos, Conexões	<i>Hard Clash</i>
	Laje	x	Tubos, Conexões	Visual
	Vigas	x	Tubos, Conexões	<i>Hard Clash</i>
Arquitetura x Arquitetura	Portas, Janelas	x	Vãos	<i>Hard Clash</i>
	Piso cerâmico			Visual
	Portas	x	Piso cerâmico	Hard Clash
Instalações Hidrossanitárias x Instalações Hidrossanitárias	Tubulação de água fria	x	Tubulação de esgoto, ventilação	<i>Hard Clash</i>
	Conexões	x	Tubulação	Visual
	Conexões	x	Conexões	Visual

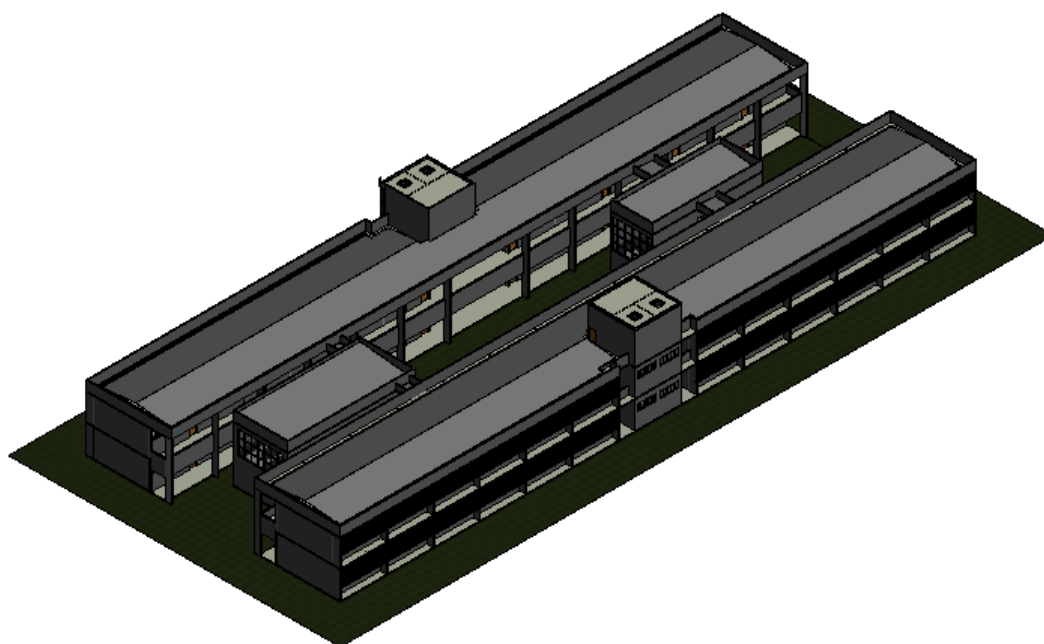
4.2 Modelagem das informações

A fim de cumprir com os objetivos específicos do estudo, a etapa de modelagem das informações se deu por meio da utilização dos projetos já existentes em modelo *CAD* 2D, conforme a metodologia apresentada. Como nesse estudo não se tem o intuito de entrar em critérios de dimensionamento, as concepções foram apenas reproduzidas em ambiente *BIM* como meio de proceder com análise para detecção das interferências. Os modelos desenvolvidos são apresentados a seguir.

4.2.1 Modelo arquitetônico

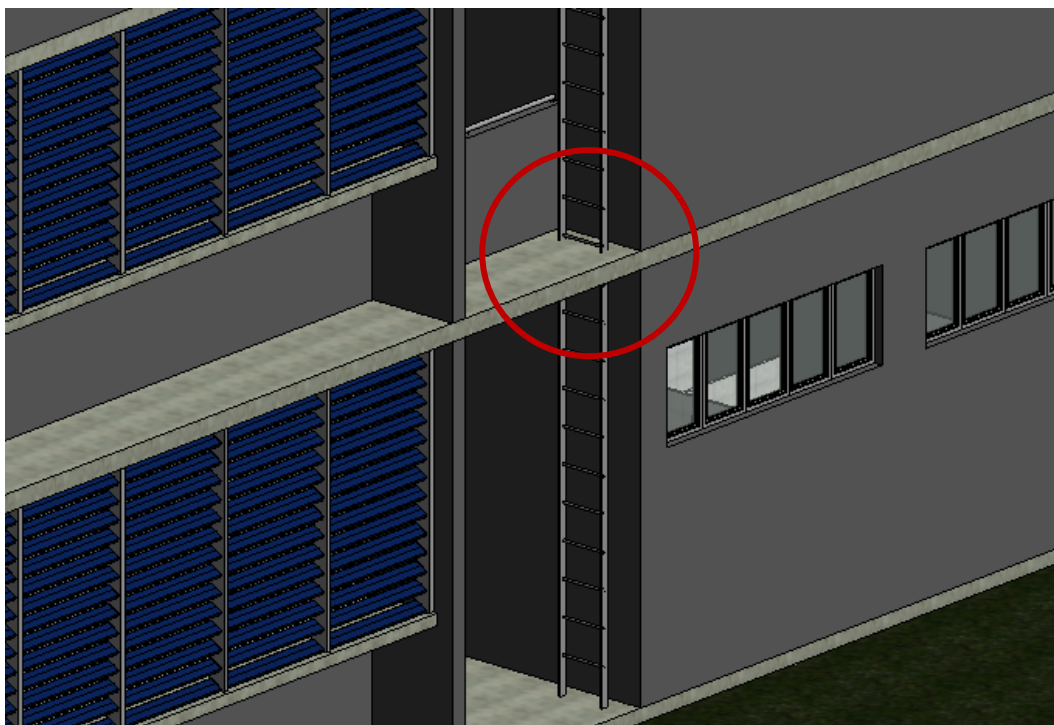
As ferramentas disponíveis no *Revit* permitiram a realização de uma modelagem bastante fiel ao modelo 2D disponibilizado, contemplando a maioria dos elementos arquitetônicos presentes no edifício real (Figura 24), exceto alguns itens que foram desconsiderados para fim de simplificação do estudo, como o caso dos detalhes no telhado e também da pintura. Devido ao caráter institucional do edifício estudado, alguns elementos arquitetônicos presentes no edifício possuem características peculiares que acabaram por exigir do projetista habilidades mais aprofundadas no processo de modelagem, como o caso dos brises, detalhes dos reservatórios e a disposição das esquadrias.

Figura 24 – Vista 3D do modelo arquitetônico no *Revit*



Ainda nessa etapa foi possível identificar visualmente uma inconsistência entre a escada que dá acesso ao reservatório e a parte externa da laje arquitetônica do pavimento superior, onde além da interferência física entre os elementos a escada tem a sua funcionalidade prejudicada em função do conflito (Figura 25).

Figura 25 – Conflito entre a laje e a escada de acesso ao reservatório

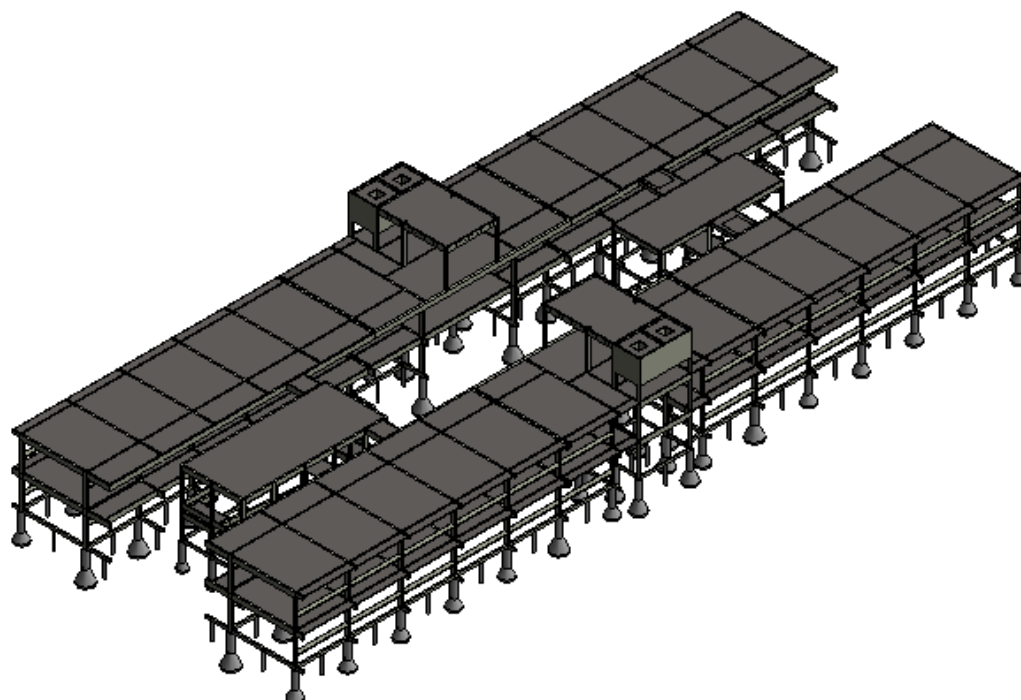


4.2.2 Modelo estrutural

O modelo de estruturas foi elaborado com base nas plantas e cortes constantes nos projetos em *CAD* (Figura 26). As ferramentas presentes no software foram suficientes para modelar todos os elementos estruturais previstos no projeto, e, como as escadas e rampas já haviam sido consideradas no modelo arquitetônico, e esse estudo tem como objetivo analisar interferências físicas entre os elementos, as escadas e lajes da rampa foram desconsideradas no modelo estrutural, exceto os seus elementos de sustentação, como por exemplo as vigas inclinadas e os patamares, presentes nas rampas.

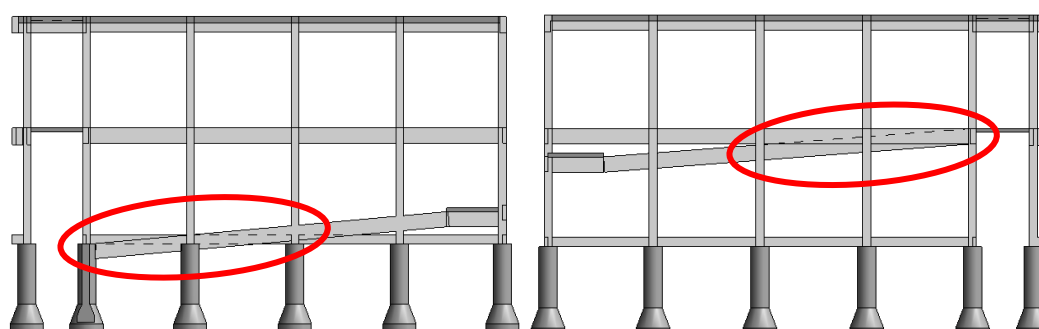
Devido a desconsideração da modelagem das armaduras para esse estudo, os maiores desafios na modelagem se deram na confecção dos elementos não lineares, como os consoles e nos elementos que constam em diferentes níveis, como as contravergas contínuas das janelas.

Figura 26 – Vista 3D do modelo estrutural no Revit



No modelo estrutural também foi possível observar durante a modelagem a intersecção entre elementos estruturais. A viga que acompanha a rampa de acesso ao pavimento superior se intercepta com a viga de piso do primeiro pavimento, assim como do lado oposto a viga inclinada da rampa se intercepta com a viga baldrame no pavimento térreo (Figura 27Figura 27).

Figura 27 – Intersecção entre vigas no modelo estrutural

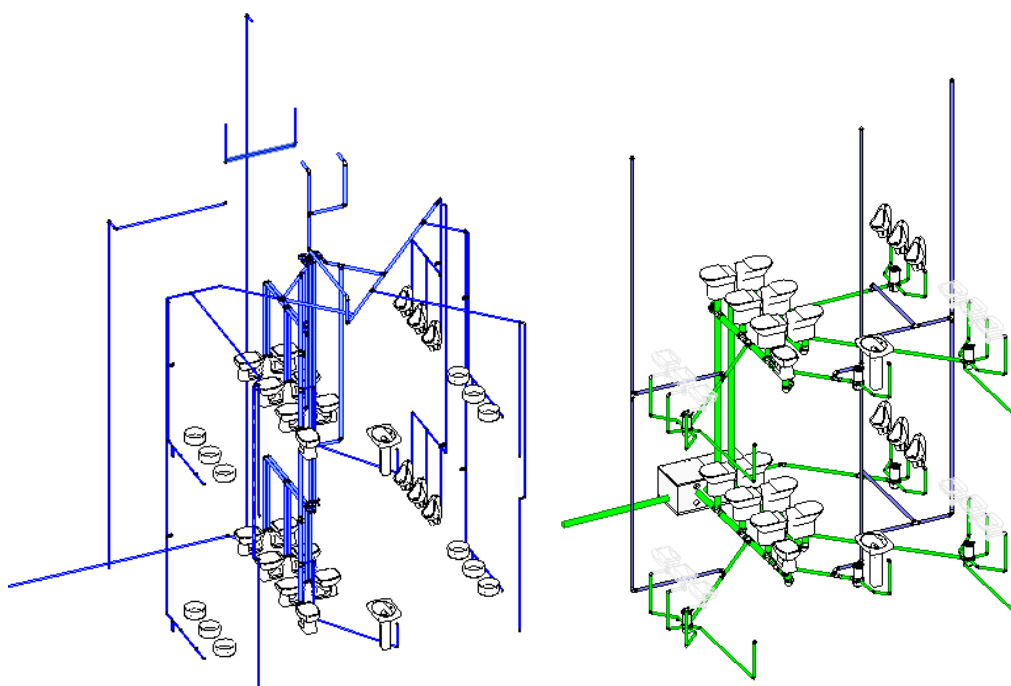


Além das inconsistências apresentadas, outras inconsistências foram percebidas durante a modelagem, tais como, elementos desalinhados, falta de simetria entre componentes, inconsistências de forma entre projetos arquitetônico e estrutural, dentre outros.

4.2.3 Modelo hidrossanitário

Conforme os projetos piloto, os modelos hidráulico e sanitário foram desenvolvidos no ambiente do *Revit* de maneira independente (Figura 28), a fim de não antecipar a etapa de detecção de interferências entre os modelos de diferentes disciplinas.

Figura 28 – Detalhes 3D dos modelos hidráulico e sanitário no *Revit*



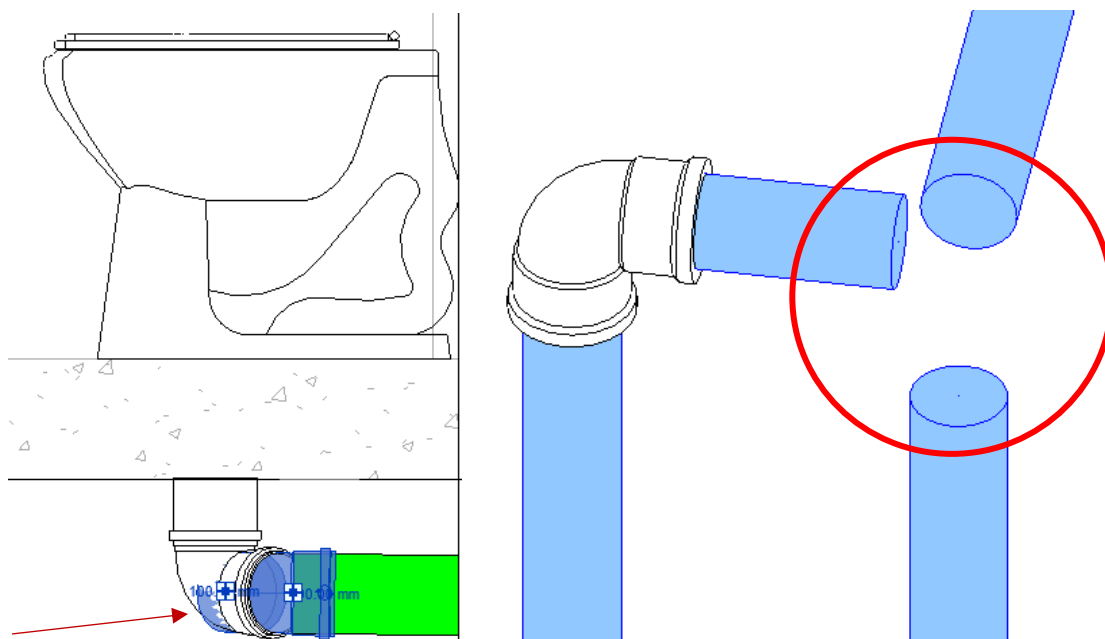
Torna-se importante destacar, na modelagem desses projetos, a facilidade adquirida na obtenção dos modelos de tubos, conexões, registros, válvulas e peças sanitárias, que são fornecidos gratuitamente pelos próprios fabricantes, mostrando a relevância de um dos pilares mais importantes do *BIM*, a colaboração, e, também reafirmando um dos conceitos da gestão da qualidade atual, onde os fornecedores são vistos não como concorrência, mas como aliados no processo de construção.

No estudo, essas duas disciplinas foram as que impuseram maior nível de dificuldade para a modelagem dos componentes, tanto pela especificidade das peças quanto pelo nível de detalhamento dos projetos obtidos. No projeto de instalações de água fria, a ausência de vistas isométricas nos modelos *CAD* acabou por dar espaço para a duplicidade de interpretações quanto ao trajeto das tubulações e locação de registros e válvulas, dúvidas que poderiam ser transferidas para a etapa de execução, abrindo respaldo para improvisos. Já no projeto sanitário a maior dificuldade se deu na manutenção da inclinação de diversos componentes acoplados a

uma mesma caixa, onde, em alguns casos foi inviável manter a inclinação requerida para cumprir o trajeto, sendo necessário aumentar a profundidade das caixas, ralos e tubulações para atender as especificações mínimas do projeto.

Na confecção dos modelos hidráulico e sanitário foi possível identificar algumas inconsistências (Figura 29) que poderiam ser detectadas e resolvidas apenas com a visualização 3D e a “inteligência” da modelagem *BIM*.

Figura 29 – Inconsistências no modelo hidrossanitário



À esquerda observa-se uma inconsistência entre as conexões sanitárias que se deu pela falta de espaço para que o ponto de esgoto fosse mantido na posição originalmente projetada. Ao tentar locar as conexões conforme o projeto original, o software emitiu uma mensagem mostrando sobreposição entre os componentes. Esse tipo de inconsistência poderia gerar inconvenientes na obra, uma vez que seria preciso relocar as conexões deslocando o furo que estaria originalmente previsto na laje em relação ao projeto original. À direita identifica-se outra inconsistência no processo de modelagem, onde o trajeto especificado no projeto em *CAD* 2D exige uma conexão que não existe, culminando na alteração do trajeto especificado, que também só seria realizado na etapa de execução.

Logo, a aplicação de ferramentas *BIM* para modelagem desse tipo de instalações torna-se um recurso valioso pois elimina todas as dúvidas pertinentes ao trajeto das instalações e permite uma quantificação real das tubulações e especificações dos acessórios hidráulicos.

4.3 Detecção das interferências a partir do modelo mestre

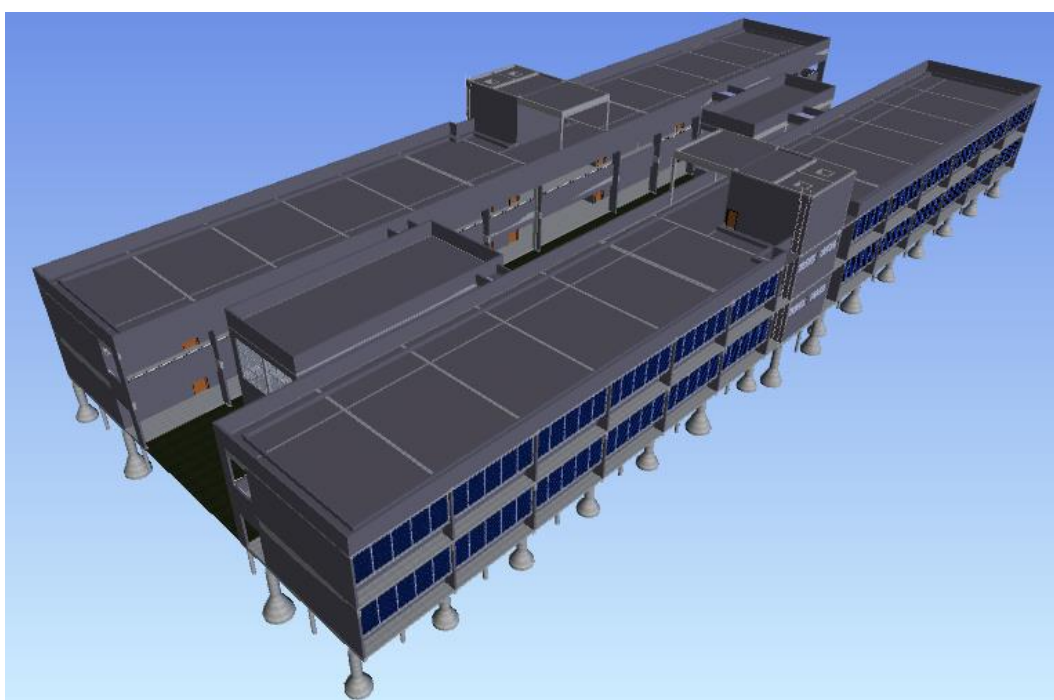
A etapa de detecção de interferências visa cumprir com os objetivos propostos seguindo a metodologia anteriormente mencionada, com o confronto das especialidades entre si, e também, com a detecção de interferências dentro da própria modalidade. O estudo contempla uma breve descrição das interferências encontradas, o modo de análise e suas tolerâncias, assim como as ferramentas aplicadas para identificação dos conflitos.

A seguir são apresentados os resultados da detecção de interferências no *Navisworks* em pares de disciplinas, com base o roteiro elaborado, em pares de disciplinas.

4.3.1 Arquitetura x Estrutura

Na análise entre as duas disciplinas, foram utilizados tantos os recursos visuais quanto os recursos disponibilizados no software *Navisworks Manage* e no *Revit*. Foi utilizada, no *Navisworks*, uma tolerância, no modo de análise *hard clash*, de 1 mm, entre os componentes. Para melhor visualização das interferências, foram ocultados temporariamente da vista os modelos de instalações hidrossanitárias e, também, elementos que não entrariam na detecção de interferências, caso do telhado (Figura 30).

Figura 30 – Modelo integrado de arquitetura e estruturas



Os principais problemas encontrados foram referentes aos elementos estruturais no entorno de esquadrias: uma incompatibilidade entre as dimensões apresentadas na arquitetura e no projeto de estruturas fez com que grande parte das esquadrias entrassem em conflito com vergas, contravergas, vigas e pilares. Foram encontradas, também, incoerências entre a rampa prevista na arquitetura e seus elementos de sustentação no projeto estrutural, e, também, diversas desalinhamento entre pilares e vigas com paredes.

Quanto à triagem das interferências, aquelas consideradas como inconsistentes foram reunidas em um grupo no *Navisworks* e excluídas da contagem total, conforme os procedimentos especificados na metodologia

O Gráfico 5 mostra as interferências detectadas no confronto entre arquitetura e estruturas.

Gráfico 5 – Interferências entre arquitetura e estruturas



É possível observar uma grande disparidade entre a quantidade de interferências no confronto entre esquadrias e elementos estruturais e os demais testes, essa diferença pode ser explicada através da análise de cada confronto de forma individual.

O primeiro confronto proposto, e aquele que apresentou maior quantidade de interferências apresentou conflitos entre envolvendo todos os componentes estruturais, exceto as lajes. Nas Figuras 31 e 32 tem-se o conflito entre janelas e contraverga e porta e verga, respectivamente.

Figura 31 – Conflito entre janela e contraverga

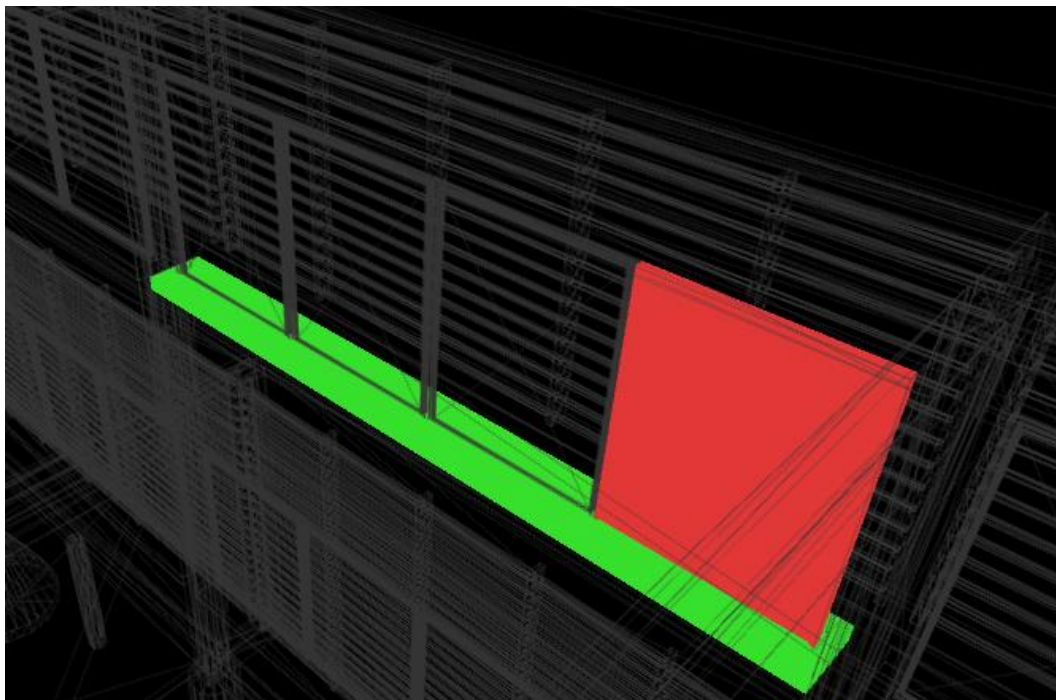
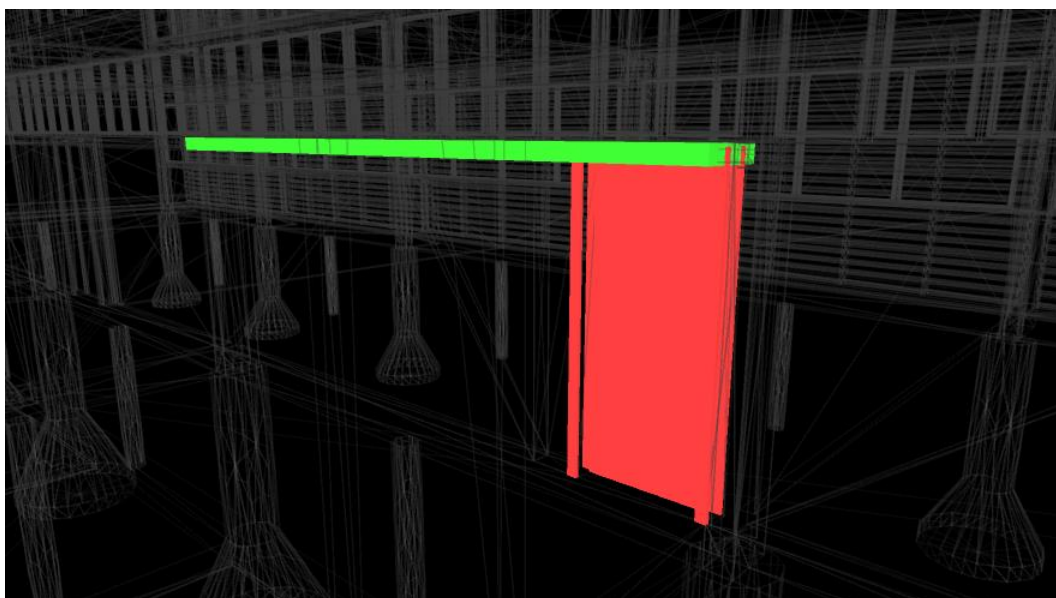


Figura 32 – Conflito entre porta e verga



Os resultados mostram um número expressivo de interferências entre esquadrias e elementos estruturais, (vigas, pilares, vergas e contravergas). Essa disparidade entre os tipos de conflito se deve ao fato do projeto arquitetônico possuir muitas janelas, sendo estas, em sua maioria, limítrofes às lajes, e do projeto estrutural possuir vergas e contravergas contínuas, em toda a lateral das salas. A disparidade entre as dimensões das vergas previstas na arquitetura e

àquelas que constam no projeto estrutural, pode ser uma das causas para a quantidade excessiva de conflitos apresentada nesse quesito.

Assim como nos pavilhões de salas, nos módulos de acesso (escada e rampa), foram encontradas interferências entre esquadrias e elementos estruturais (Figuras 33 e 34).

Figura 33 – Conflito entre pilar e painel de janelas no bloco da rampa

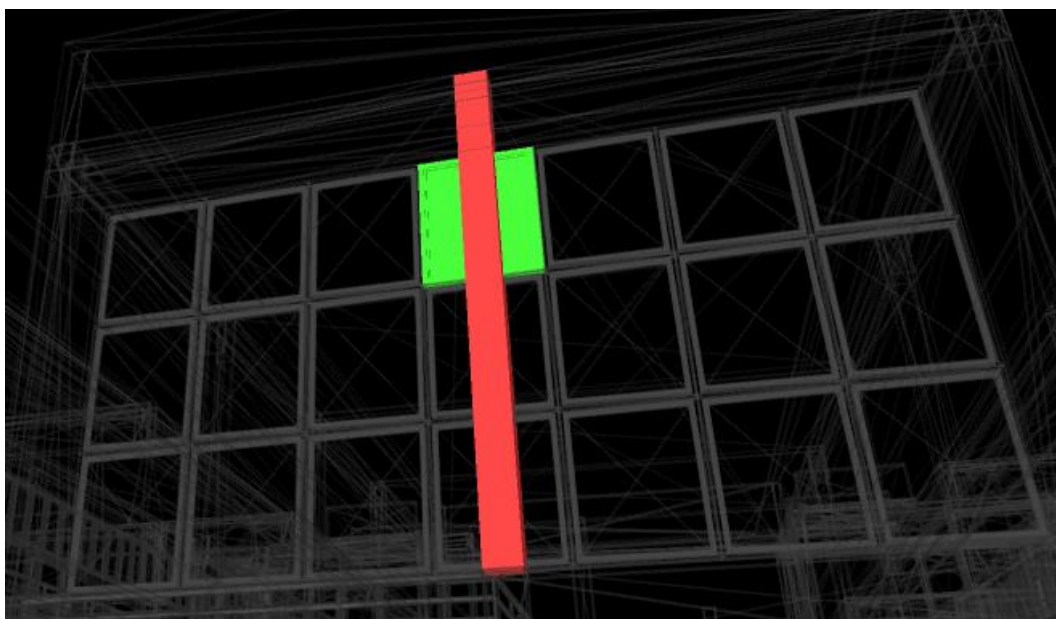
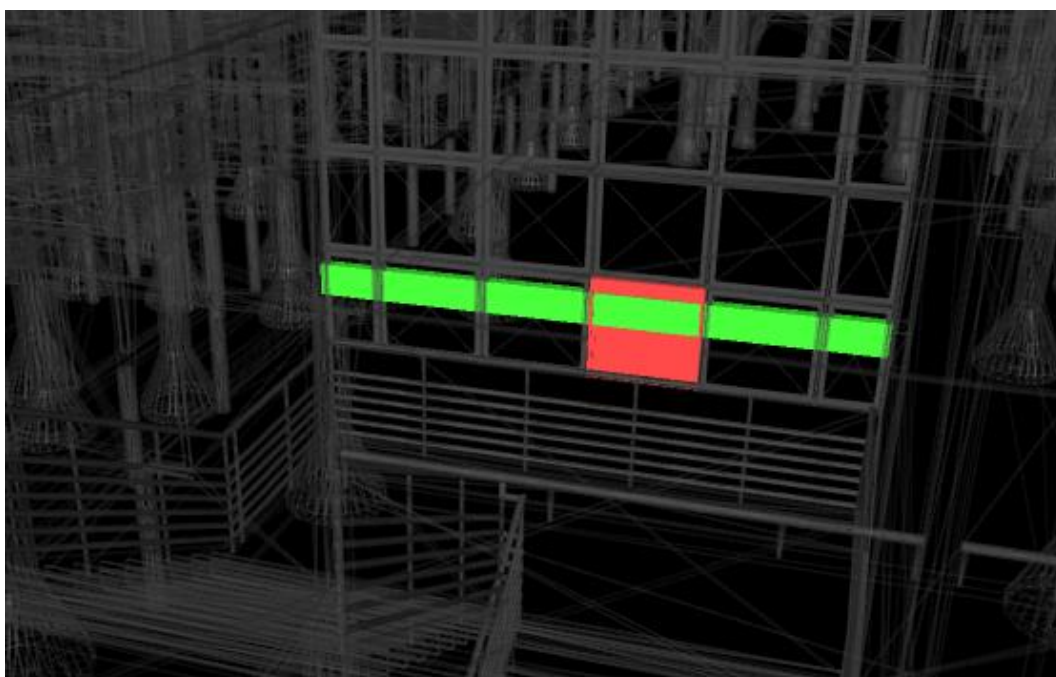


Figura 34 – Conflito entre viga e painel de janelas no bloco das escadarias

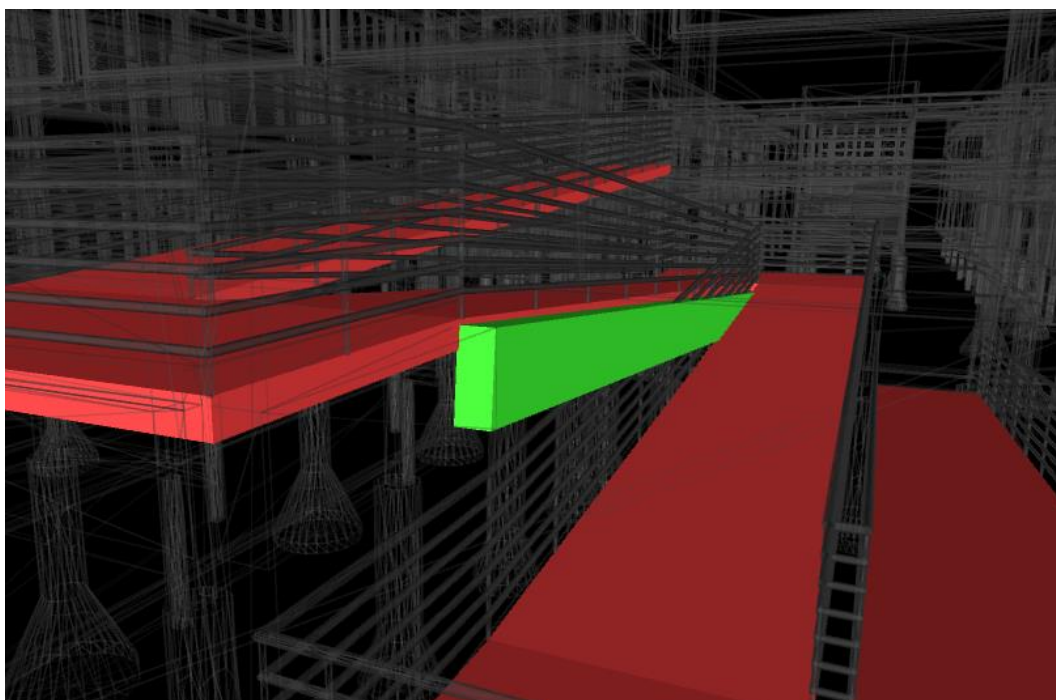


Na Figura 33 é destacado um pilar no ponto intermediário do vão total do bloco, na cor verde, em conflito com um componente do painel de vidro, que poderia ser facilmente identificado com uma simples sobreposição entre os projetos de arquitetura e estruturas. A não compatibilização entre esses elementos pode acabar causando alterações drásticas nos projetos de arquitetura e estruturas, aquisição de materiais inadequados, e, conseqüentemente, improvisações no canteiro de obras.

Já na Figura 34 tem-se, na cor verde, a viga situada ligeiramente abaixo do nível do pavimento superior em conflito com o painel de esquadrias, exigindo a relocação de algum dos elementos, outra interferência que, caso percebida tardiamente, pode trazer grandes impactos para o projeto e para a fase de execução.

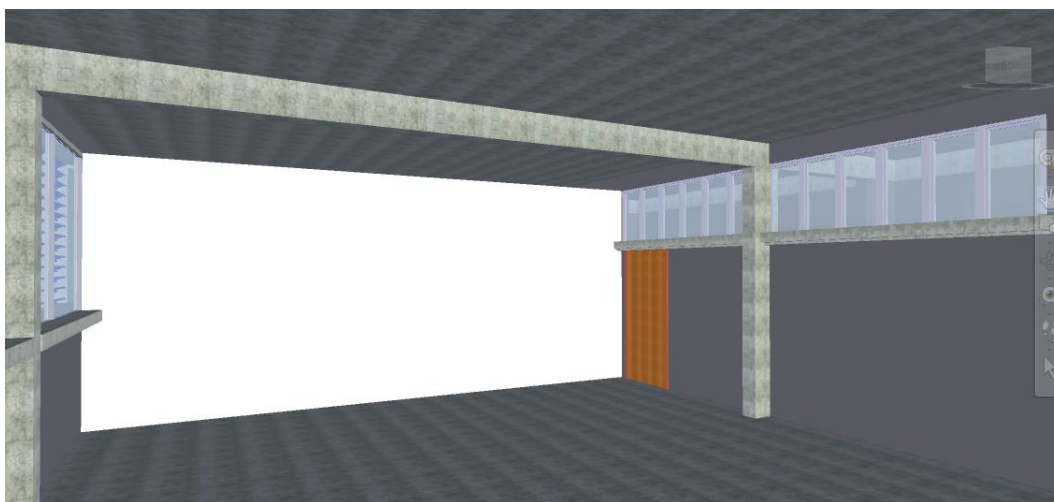
Além dos conflitos entre esquadrias e elementos estruturais, foram identificados, também, os conflitos entre a rampa e seus elementos de sustentação, e, como anteriormente mencionado, o conflito entre a escada de acesso ao reservatório e laje dos pavimentos superiores. Na Figura 35 tem-se o conflito entre a rampa com corrimão no projeto arquitetônico e a viga intermediária que acompanha a inclinação dessa rampa.

Figura 35 – Conflito entre viga intermediária e rampa prevista com corrimão



O desalinhamento entre paredes e elementos estruturais também foi outro inconveniente presente em boa parte do projeto, facilmente detectado por meio da visualização tridimensional dos elementos. Apesar de não ser considerada uma interferência diretamente física, a presença de saliências na parede acaba por diminuir consideravelmente a área útil da sala, além de prejudicar o seu padrão estético (Figura 36).

Figura 36 – Desalinhamento entre pilares e paredes dentro da sala de aula



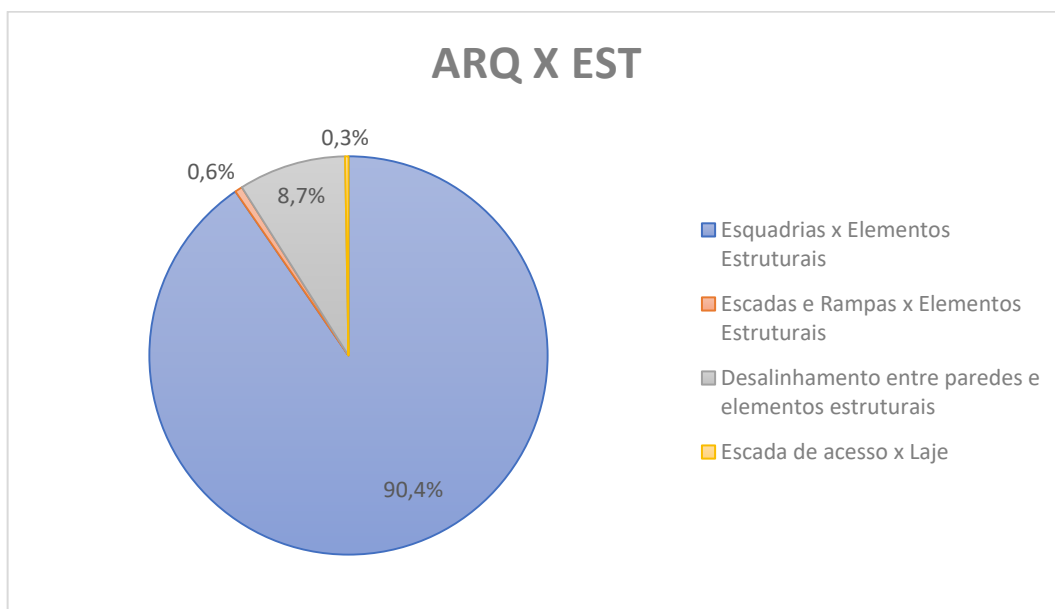
A identificação do desalinhamento entre esses elementos foi feita de modo visual por meio da vista de coordenação no *Revit*. Para facilitar a visualização foram unidos os modelos de arquitetura e estruturas, e verificados os cortes em cada pavimento. Ainda que essa disposição dos pilares já estivesse prevista no projeto de arquitetura, foi considerado como uma interferência para esse estudo, uma vez que é abrangido pela literatura anteriormente mencionada.

Mesmo contabilizando essa interferência para os fins desse estudo, tem-se uma percepção na concepção de projetos que a presença de elementos estruturais salientes, assim como a presença de *shafts*, tem sido cada vez mais recorrente, integrando a concepção de edifícios, seja na ornamentação ou como elementos utilitários, permitindo práticas construtivas mais eficientes e, conseqüentemente sustentáveis.

Em virtude da incoerência entre a disposição das esquadrias com os elementos estruturais, esse foi o quesito que apresentou maior percentual entre as interferências encontradas entre as duas disciplinas, com 90,4% de abrangência, seguido pelo desalinhamento

entre elementos estruturais e paredes, com 8,7%. As demais interferências não chegaram a atingir 1% do total, como mostra o Gráfico 6.

Gráfico 6 – Arquitetura x Estrutura (percentual)



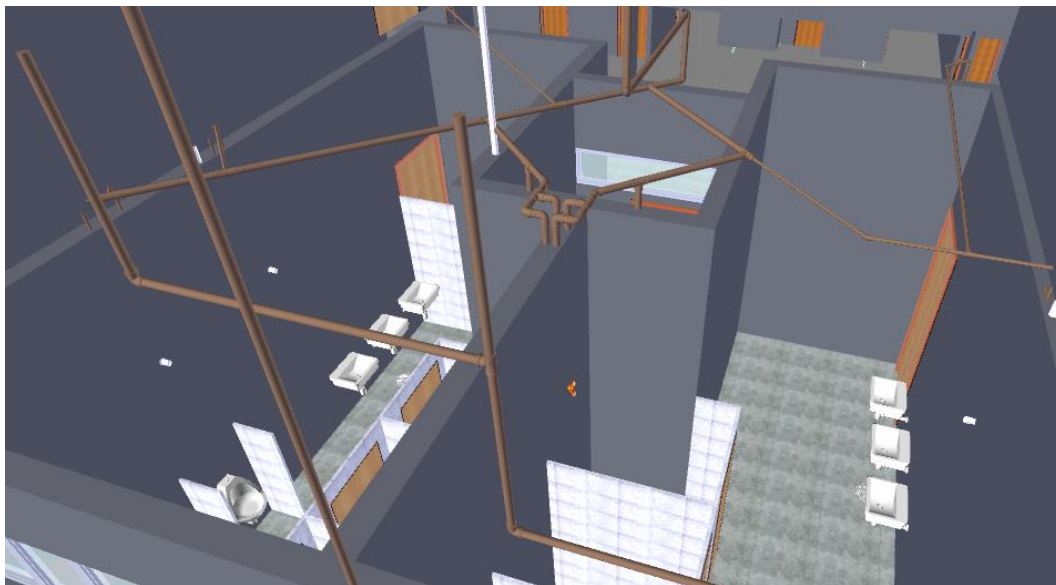
4.3.2 Arquitetura x Instalações Hidrossanitárias

A detecção de interferências entre os modelos de arquitetura e instalações hidrossanitárias foi feita em sua totalidade no ambiente do *Navisworks Manage*. Foi utilizada, também, uma tolerância de 1mm, para o modo de teste *hard clash*.

Como a maior parte da tubulação hidráulica é embutida na parede, não foram consideradas interferências entre tubulações verticais e paredes situadas no mesmo pavimento, e nem as tubulações derivadas dessas prumadas verticais. Para as tubulações sanitárias foram considerados apenas os conflitos com paredes que se situam abaixo do pavimento dos pontos de coleta, ou seja, entre a laje e o forro.

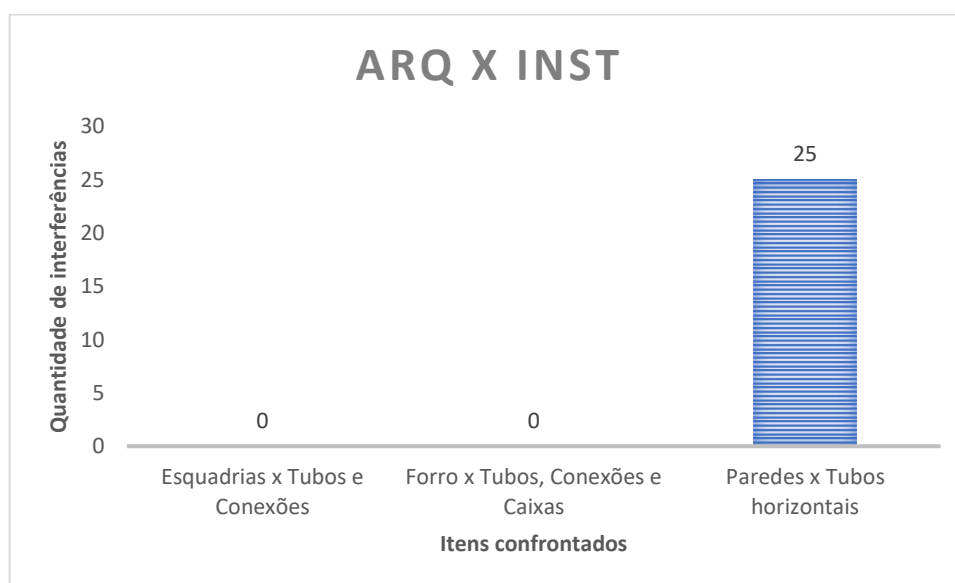
Assim como descrito no subitem anterior, foi ocultado do modelo integrado o protótipo estrutural, a fim de proporcionar uma melhor visualização dos conflitos entre as duas disciplinas (Figura 37).

Figura 37 – Modelo integrado de arquitetura e instalações hidrossanitárias



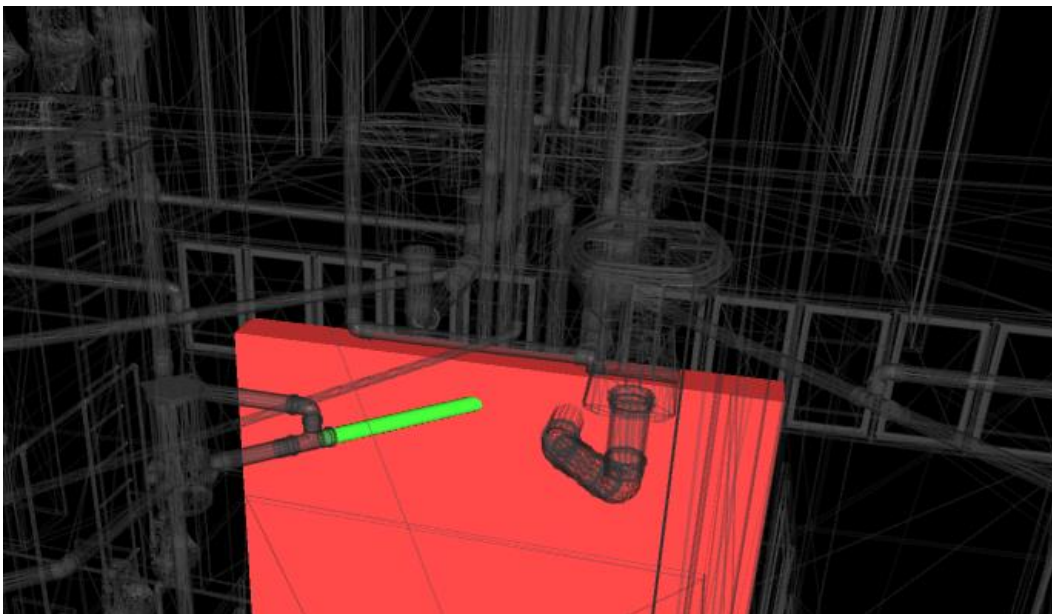
Nesse teste não foram identificados conflitos entre esquadrias e tubulações, não foi necessário a alteração do nível do forro por conflito com as instalações sanitárias do pavimento superior, e nem houveram conflitos entre as bancadas e os registros. O principal problema evidenciado foi a intersecção entre as tubulações horizontais do modelo sanitário e paredes situadas acima do forro, conforme a modelagem do projeto original. No Gráfico 7 tem-se a contagem das interferências detectadas na verificação entre as disciplinas.

Gráfico 7 – Interferências entre arquitetura e instalações hidrossanitárias



Na Figura 38 têm-se um conflito decorrente da locação das instalações sanitárias abaixo do da laje situada no nível onde se encontram os aparelhos sanitários.

Figura 38 – Conflito entre tubulação embutida no forro e parede do pavimento térreo

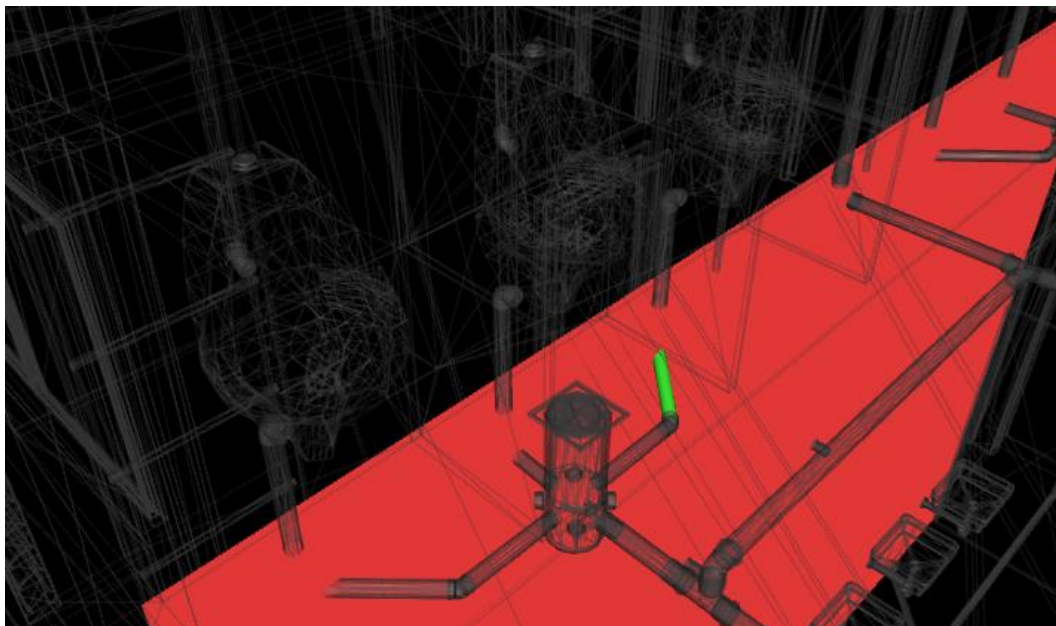


Como a tubulação sanitária concorre com mais de um banheiro, acontece o conflito entre as tubulações horizontais e as paredes que dividem os ambientes. Essa intersecção mostra necessidade de uma alteração no projeto, na diminuição da altura da parede, ou, até mesmo, uma solução na etapa de execução, com a realização de um furo inclinado na alvenaria, de difícil execução.

A execução de rasgos e furos na alvenaria para locação das tubulações hidrossanitárias contribui consideravelmente na geração de resíduos na obra, além de ser uma atividade extremamente trabalhosa. A previsão desses conflitos inesperados pode permitir ao projetista adotar soluções simples que visem resolver esse problema antes da etapa de execução.

Na Figura 39 é possível identificar um conflito, também, entre uma tubulação horizontal e uma parede, porém, ao invés de fazer divisão com outro banheiro essa parede limita-se com o ambiente externo aos banheiros, uma sala de apoio. Nesse caso a interferência abaixo do pavimento onde encontram-se os mictórios pode gerar tanto o inconveniente da necessidade de rasgos na parede em uma região de difícil acesso, como também, provavelmente, a necessidade de furos em elementos estruturais, uma vez que nessa região há uma provável união entre a viga e a laje do pavimento acima.

Figura 39 – Conflito entre tubulação sanitária e parede no nível inferior



Os conflitos desse tipo foram os únicos identificados no confronto entre as disciplinas, sendo replicados em vários locais do edifício, mostrando, quando comparado à detecção de interferências entre arquitetura e estruturas, uma quantidade e variedade reduzidas de interferências.

4.3.3 Estrutura x Instalações Hidrossanitárias

Tendo como base o roteiro de interferências elaborado no Quadro 19, foram realizados os testes previstos entre estrutura e instalações hidrossanitárias. Como não havia nem uma previsão dos furos em vigas e pilares no projeto original obtido, foram considerados como conflitos todas as intersecções entre esses elementos e as tubulações hidrossanitárias. Para os conflitos com a laje, foram consideradas apenas os elementos que precisaram ser adicionados ou relocados durante a modelagem, para que pudessem cumprir com a sua finalidade.

Assim como nos confrontos anteriores, para melhorar a visualização de todas as interferências nesse confronto, foi ocultado, temporariamente, do modelo, o protótipo de arquitetura, conforme demonstrado no modelo integrado entre estruturas e instalações hidrossanitárias na Figura 40.

Figura 40 – Modelo integrado entre estruturas e instalações hidrossanitárias



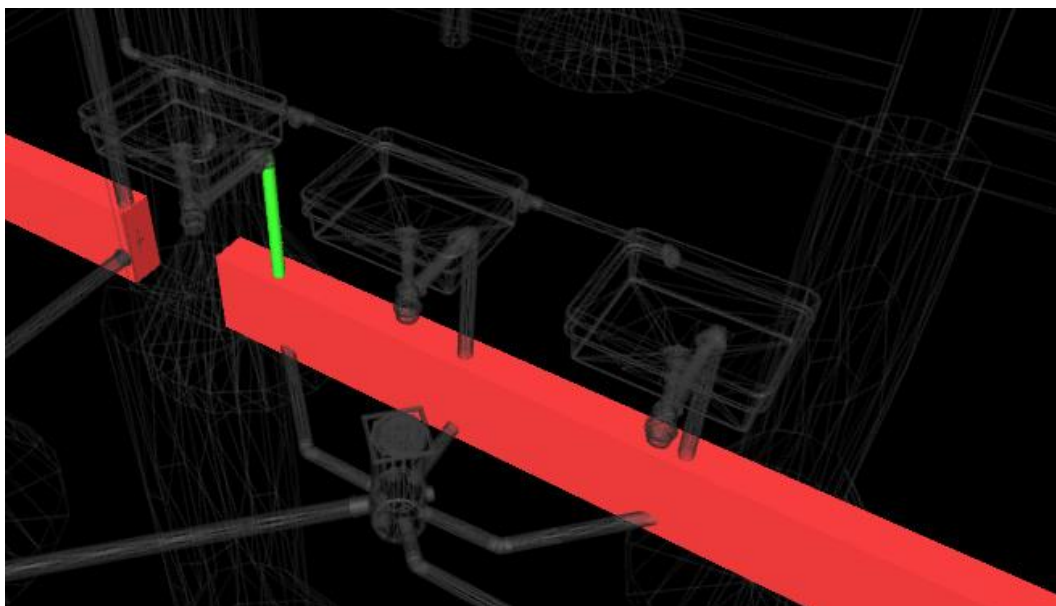
Para realização desses testes foi utilizado tanto a ferramenta *clash detection* no *Navisworks* quanto a análise visual de elementos deslocados ainda durante a etapa de modelagem no *Revit*. Para o tipo de análise *hard clash* foi utilizada uma tolerância de 1mm, conforme os confrontos previstos no roteiro. O Gráfico 8 mostra a quantidade de interferências detectadas.

Gráfico 8 – Interferências entre estrutura e instalações hidrossanitárias



A maior parte dos confrontos detectados foram relativos à intersecção entre vigas, tubos e conexões, fato que se deve ao posicionamento dos aparelhos hidrossanitários em paredes que fazem limite com o ambiente externo aos banheiros, fazendo com que a tubulação, embutida no forro do pavimento inferior, ou a baixo da viga baldrame, suba através da viga (Figura 41).

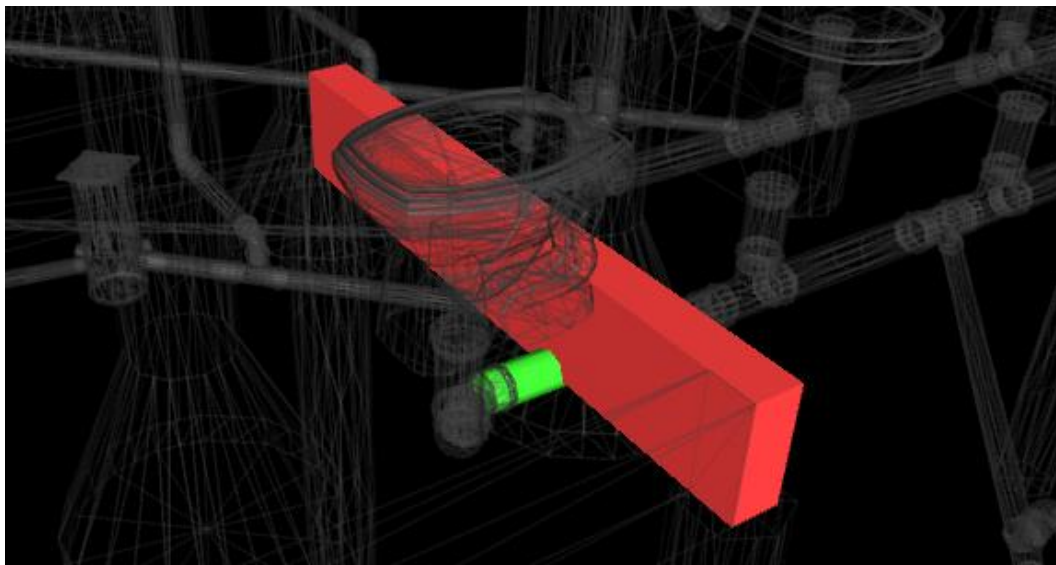
Figura 41 – Tubulação de esgoto transpassando viga



O grande número de conflitos entre elementos hidrossanitários e elementos estruturais reforça a necessidade de compatibilização entre essas duas especialidades, uma vez que ao prever a perda de secção dos elementos pela passagem de componentes hidrossanitários, caso estritamente necessário, o projeto estrutural poderia contemplar os furos para passagem das tubulações. Em alguns casos, quando a tubulação tem diâmetros muito grandes, como o caso das tubulações de esgoto, torna-se interessante pensar em soluções que não interfiram nos elementos estruturais, uma vez que, normalmente, a matriz de prioridades convencional para solução dos conflitos entre os projetos prioriza, em ordem decrescente, a arquitetura, a estrutura e as instalações hidrossanitárias.

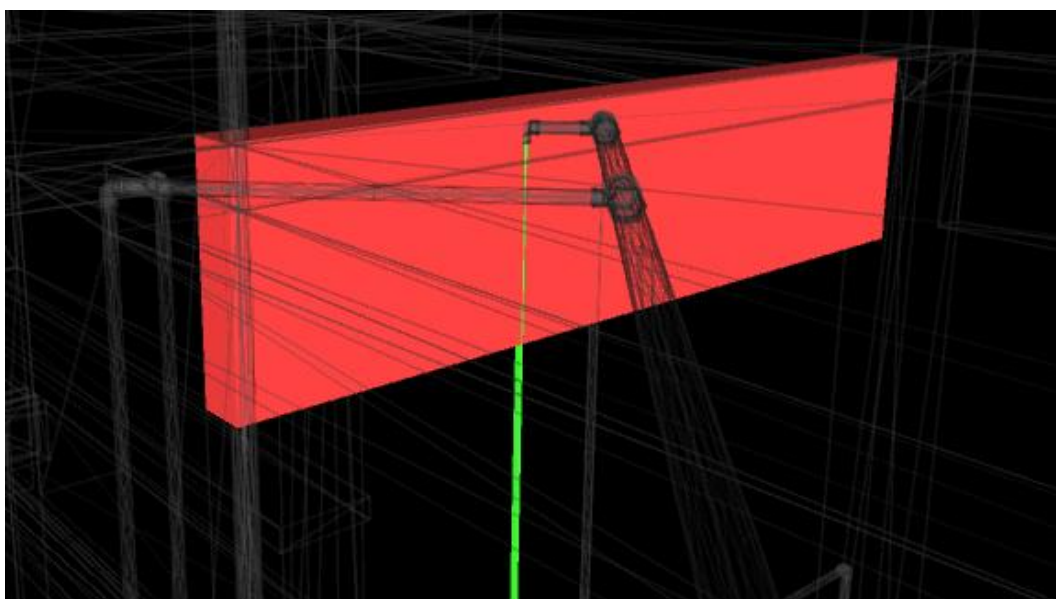
Na Figura 42 tem-se o conflito entre uma tubulação de esgoto de 100 milímetros de diâmetro e uma viga. As características do projeto estrutural, com grandes vãos acabam por requerer vigas com alturas consideravelmente grandes que acaba por aumentar a profundidade das instalações hidrossanitárias. Apesar de ser relativamente simples alterar as tubulações sanitárias em vista da estrutura, essa solução pode acabar acarretando em outro conflito, das instalações com o forro de gesso presente no banheiro.

Figura 42 – Conflito entre tubulação sanitária e viga do pavimento superior



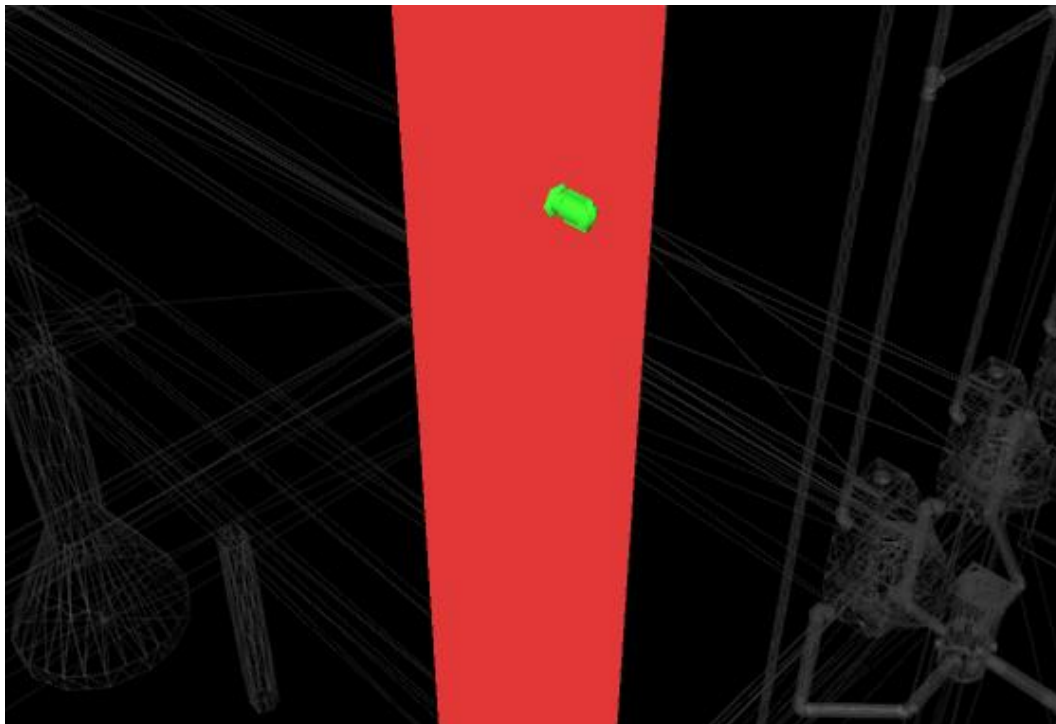
Outro confronto, também presente, entre vigas e instalações sanitárias foi o conflito entre colunas de ventilação e vigas, presente em ambos os pavimentos. Além das tubulações sanitárias, muitas colunas de água fria também tiveram intersecções com vigas, como o caso do conflito entre a coluna de distribuição e a viga do pavimento superior exemplificadas na Figura 43, onde o transpasse entre as tubulações e a viga torna-se quase inevitável para o trajeto inicialmente proposto para as instalações.

Figura 43 – Conflito entre viga e coluna de água fria



No confronto entre pilares e instalações também foram identificadas diversas inconsistências, dentre as principais, a locação de colunas de água fria e registros em pilares e a passagem de colunas de ventilação pelos elementos estruturais. Na Figura 44 têm-se a locação de um registro de gaveta dentro do pilar.

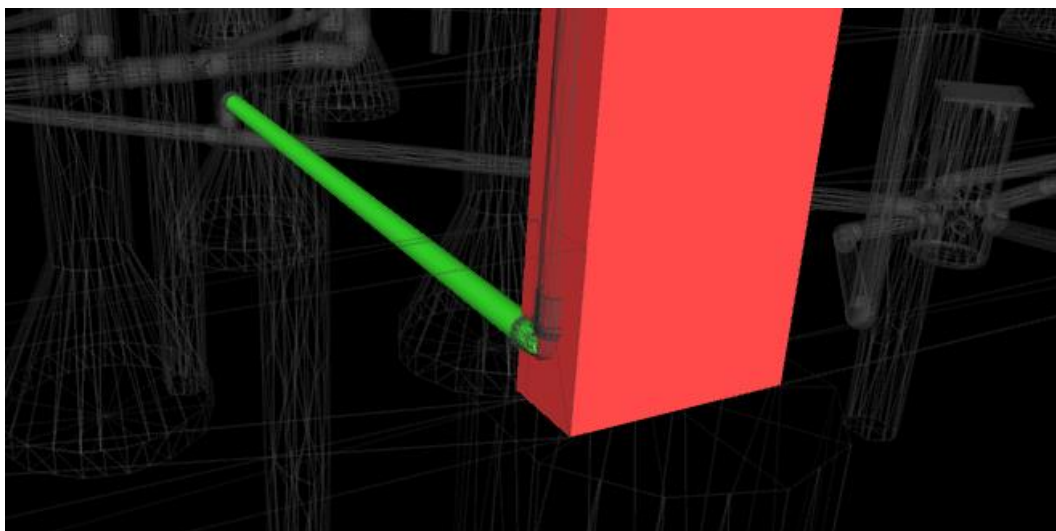
Figura 44 – Registro de gaveta em conflito com pilar



Além do registro locado no pilar, têm-se a locação de toda a coluna de água fria passando pelo elemento estrutural. Esse tipo de interferência pode gerar diversos inconvenientes como a relocação dos componentes hidráulicos ou, até mesmo, seccionamento dos elementos estruturais, requerendo a comunicação entre os profissionais envolvidos em cada disciplina. Caso detectada apenas na fase de execução, abre um enorme precedente para a realização de improvisos e tomada de soluções não adequadas.

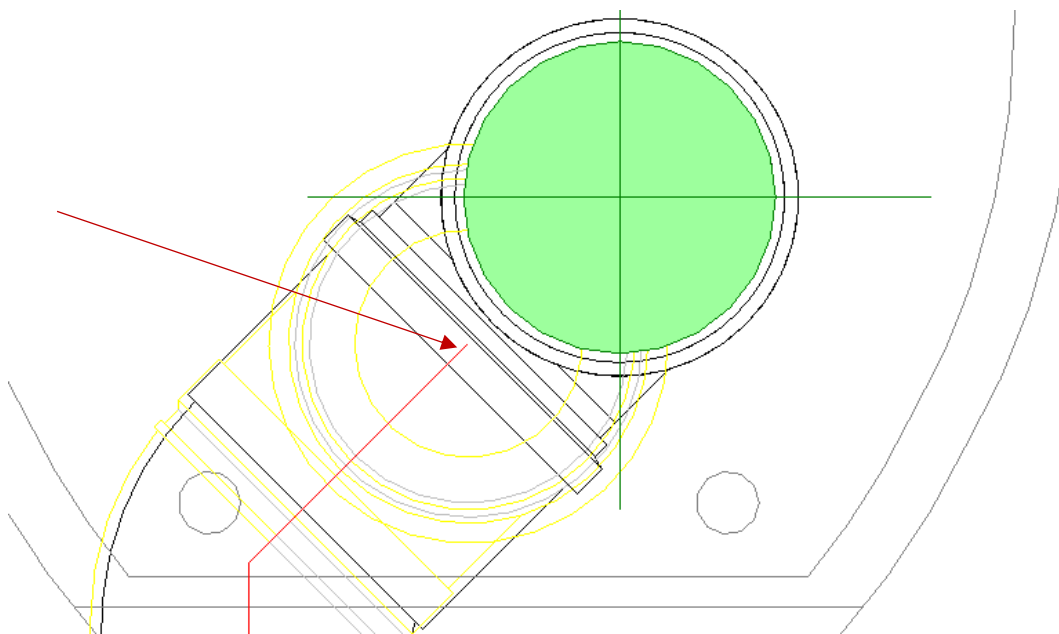
As colunas de ventilação previstas no projeto hidrossanitário não foram compatibilizadas com as dimensões reais dos pilares previstos no projeto estrutural, gerando, assim, conflitos entre as colunas e os pilares subjacentes. Na Figura 45 é possível identificar o confronto entre um pilar e uma tubulação de ventilação ainda em sua derivação horizontal.

Figura 45 – Conflito entre tubulação de ventilação e pilar



Os conflitos referentes à relocação de furos previstos na laje foram identificados durante a modelagem, no *Revit*, onde a falta de espaço para locação das conexões fez com que fosse forçado o reposicionamento da saída de esgoto na laje.

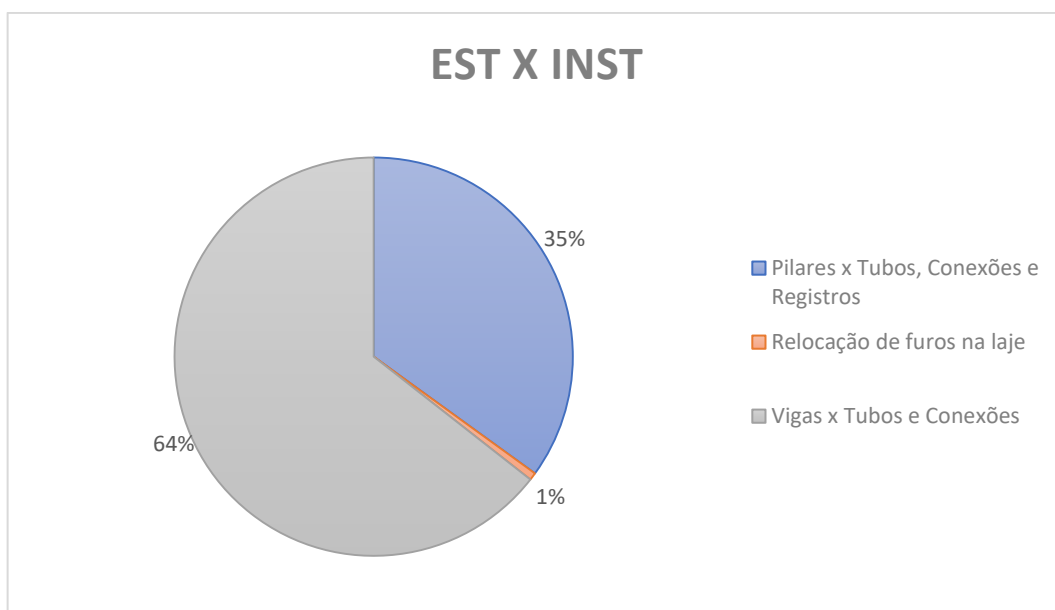
Figura 46 – Tubulação originalmente prevista e tubulação relocada



Na Figura 46 tem-se, em amarelo, o posicionamento original da tubulação, previsto no projeto original. Com a impossibilidade de locar as conexões sanitárias necessárias no pequeno espaço previsto, foi necessário promover o afastamento da saída de esgoto no vaso sanitário, assumindo a posição atualizada, conforme mostrado em verde na figura.

Na análise dos resultados obtidos foi possível observar uma predominância nos conflitos entre vigas e tubulações hidrossanitárias, ocupando 64% das interferências constantes nesse teste. Em seguida aparece o conflito entre pilares, tubos, conexões e registro, ocupando uma faixa de 35% das interferências totais. Como a relocação de furos foi considerada em apenas um componente presente em cada bloco, ocupou uma faixa de apenas 1% do total de interferências detectadas (Gráfico 9).

Gráfico 9 – Instalações hidrossanitárias x estrutura (percentual)



4.3.4 Arquitetura x Arquitetura

Devido as características do edifício estudado, e, também, o caráter simplificado da modelagem de alguns aspectos arquitetônicos, não foram encontradas interferências referentes a esse modelo.

Para o teste entre esquadrias e vãos foi utilizada o tipo de análise *soft clash*, com o *Navisworks*, e uma tolerância de 5 cm. As interferências detectadas entre as esquadrias e os vãos disponíveis foram as mesmas detectadas anteriormente no estudo entre esquadrias e elementos estruturais, uma vez que boa parte das esquadrias no modelo foram interceptadas por algum elemento estrutural no teste. Portanto, essas interferências não foram contabilizadas novamente a fim de não gerar uma duplicidade no quantitativo final.

Quanto aos problemas referentes à paginação dos pisos, não foi possível identificar nenhuma interferência, uma vez que o tipo de piso empregado para o empreendimento em questão, granitina, apresenta características monolíticas, eliminando esse tipo de conflito.

Foi realizado o teste no *Navisworks* entre pisos e portas, a fim de detectar alguma colisão entre os dois componentes. Novamente foram ocultados do modelo os protótipos estruturais e de instalações hidrossanitárias e realizado um teste com o modo de análise *hard clash*, com tolerância de 1mm. Não foram detectados conflitos entre portas e pisos.

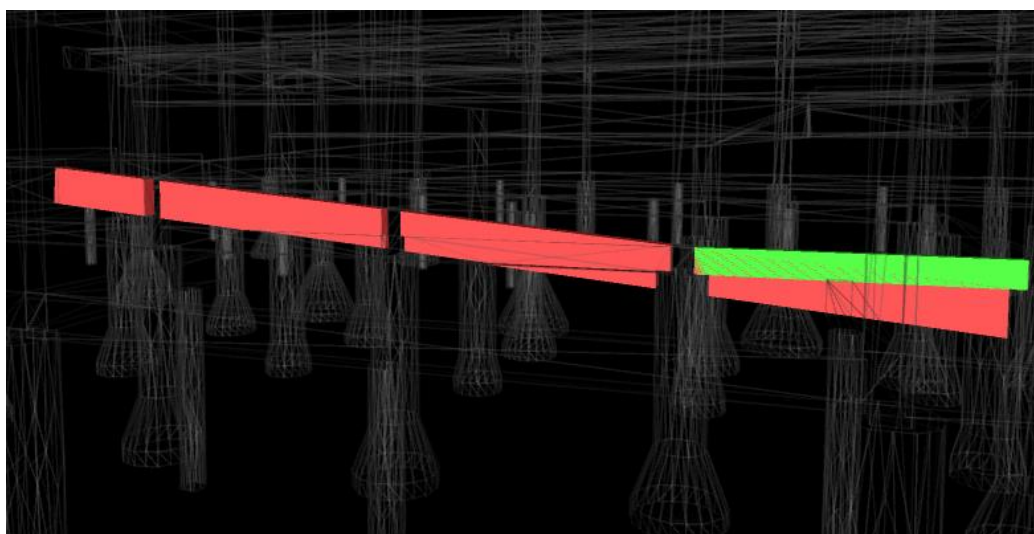
Por fim, com o intuito de identificar alguma outra inconsistência no modelo de arquitetura, foi realizado um teste, também no modo *hard clash*, com tolerância de 1mm, confrontando todo o modelo. Não foram identificadas interferências no teste.

4.3.5 Estrutura x Estrutura

Como dito anteriormente, para os confrontos entre elementos estruturais, devido à ausência de referências para esse tipo de confronto nas literaturas mencionadas, foi confrontado o modelo em sua totalidade, utilizando o modo de análise *hard clash*, com tolerância de 1mm.

Na Figura 47 tem-se o conflito detectado no *Navisworks* da viga lateral da rampa com a viga baldrame no modelo estrutural, conflito que também foi detectado entre a viga inclinada e a viga do pavimento superior.

Figura 47 – Conflito entre viga da rampa e viga baldrame



As interferências identificadas foram as mesmas anteriormente identificadas ainda na etapa de modelagem, o conflito entre as vigas da rampa, com a viga de piso e a viga baldrame respectivamente, conforme mostrado na Figura 27.

Apesar de fazerem parte de uma mesma disciplina, e ambos os componentes serem constituídos de concreto armado, essa intersecção foi considerada uma interferência, uma vez que se mostrou uma situação não resolvida. Os conflitos entre componentes estruturais se resumem em dois, ambos referentes ao conflito de vigas da rampa com outras vigas (Gráfico 10).

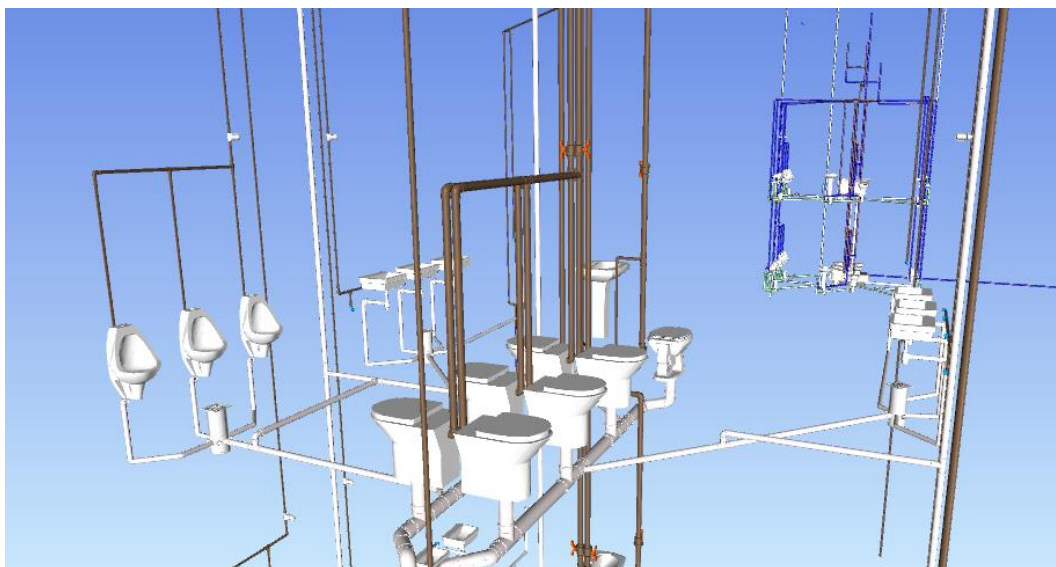
Gráfico 10 – Interferências no modelo estrutural



4.3.6 Instalações hidrossanitárias x Instalações hidrossanitárias

Para a análise dos conflitos entre componentes hidrossanitários foram utilizados tanto os recursos visuais, quanto as ferramentas do *Navisworks*. O modo de análise para o *clash detection* no confronto entre tubos hidrossanitários foi, também, o *hard clash*, com tolerância de 1mm entre os componentes.

Foram ocultados do modelo as disciplinas de arquitetura e estrutura a fim de melhorar a visualização dos componentes hidrossanitários (Figura 48).

Figura 48 – Modelo integrado dos projetos hidráulico e sanitário

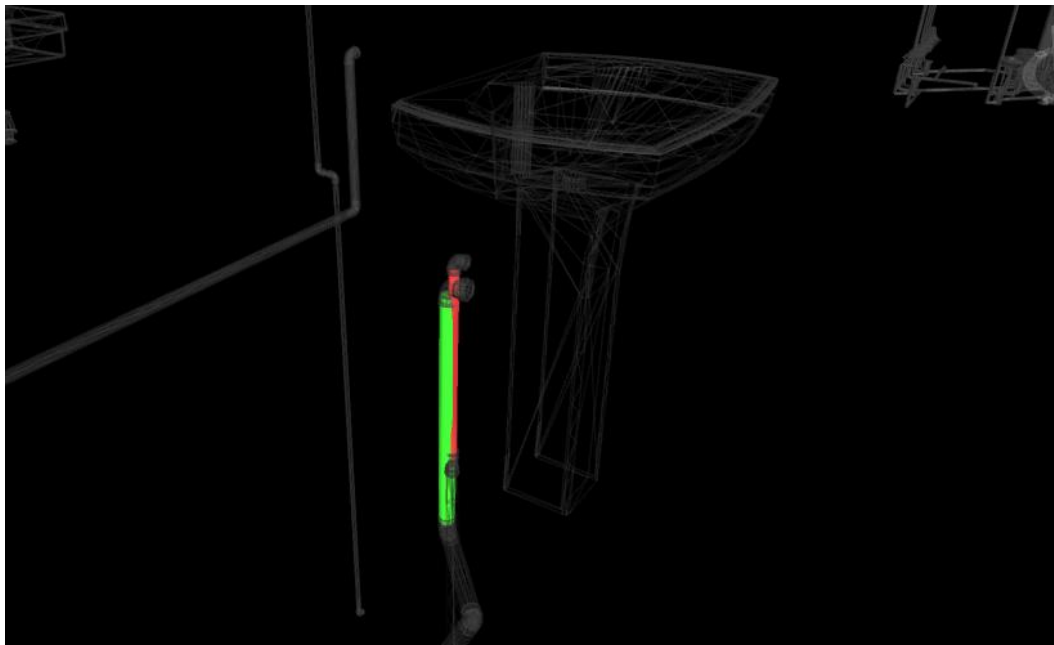
O projeto integrado mostra uma grande densidade de tubulações no espaço onde se encontram os banheiros do edifício, o que aumenta, caso não haja uma compatibilização adequada entre os projetos hidráulico e sanitário, a probabilidade de acontecerem conflitos entre essas duas disciplinas.

Foram detectadas interferências entre componentes hidráulicos e sanitários, entre as conexões, e, em alguns casos, foi constatada a exigência, para cumprir com o projeto original, de uma conexão inexistente para o modelo hidráulico, culminando em uma situação de indefinição. No Gráfico 11 tem-se a quantidade de interferências entre esses componentes hidrossanitários.

Gráfico 11 – Interferências entre componentes hidrossanitários

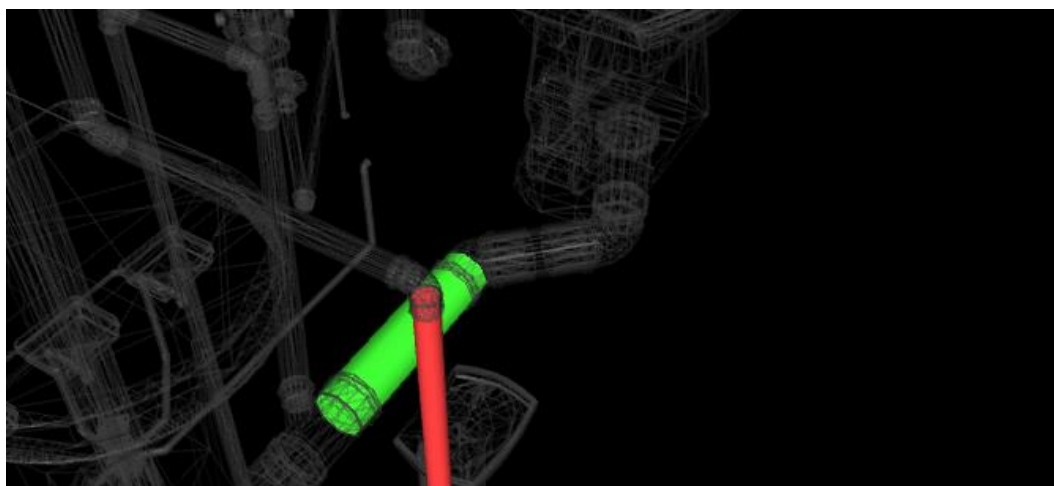
No confronto entre as tubulações hidrossanitárias foram encontrados diversos conflitos entre as disciplinas hidráulica e sanitária. Na Figura 49 é possível identificar a concorrência dos tubos pertencentes ao projeto hidráulico, em vermelho, e ao projeto sanitário, em verde, para a entrada de água fria e a saída de esgoto, respectivamente, constituindo uma interferência física.

Figura 49 – Conflito entre tubos hidrossanitários nos pontos de entrada e saída



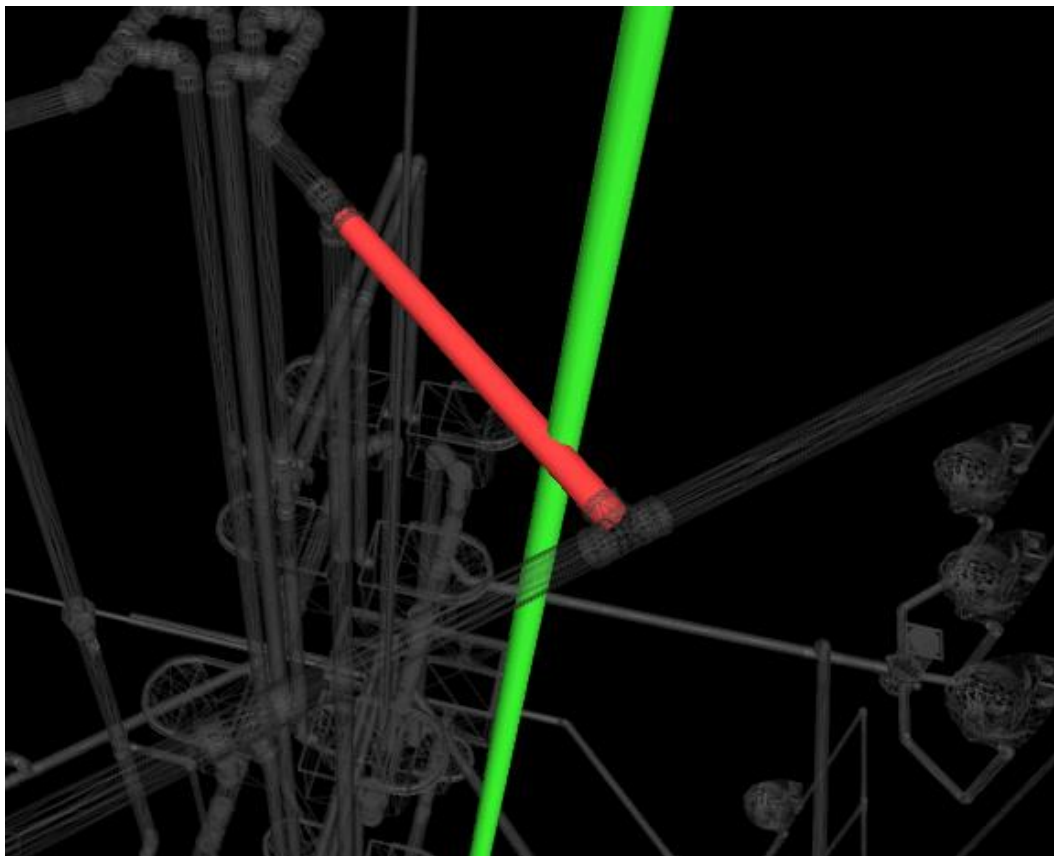
Foram identificadas, também interferências entre colunas de água fria e tubulações horizontais sanitárias, evidenciando a necessidade de compatibilização entre esses dois projetos, embora façam parte de um mesmo escopo. Na Figura 50 tem-se o conflito entre um tubo de esgoto e uma coluna de água fria.

Figura 50 – Conflito entre tubulação horizontal de esgoto e coluna de água fria



De modo análogo, também foram identificados conflitos entre tubulações horizontais de água fria e colunas de ventilação (Figura 51). Essas colunas poderiam ser facilmente relocadas, a fim de evitar essa intersecção, caso fossem detectados previamente os conflitos.

Figura 51 – Conflito entre tubulação hidráulica e coluna de ventilação



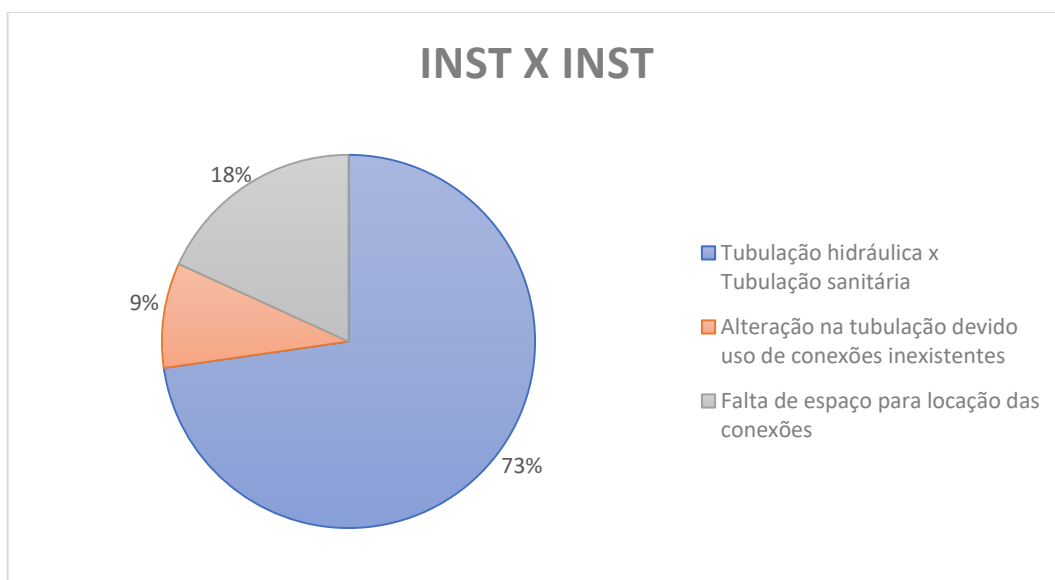
Além do conflito entre as tubulações hidráulicas e sanitárias, também foram contabilizadas as interferências detectadas ainda na etapa de modelagem das informações, onde de forma visual foram identificados, a disposição de tubulações exigindo o uso de uma conexão inexistente, e, também, o conflito entre conexões sanitárias, detectado ainda na etapa de modelagem.

Esses conflitos foram corrigidos ainda na etapa de modelagem, uma vez que a “inteligência” dos componentes no *Revit* não permite que certos conflitos continuem indefinidos, portanto, esses foram contabilizados ainda na modelagem, e não, no *clash detection*.

Dados os resultados obtidos nesse teste, foi identificada uma predominância de interferências no tocante ao conflito entre tubulações e conexões entre as disciplinas hidráulica

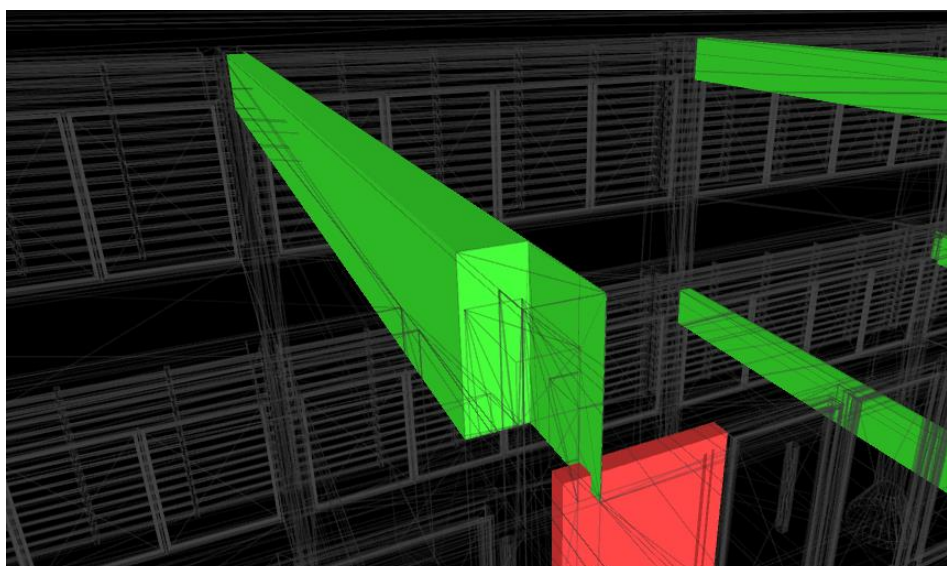
e sanitária, com 73% de ocorrência, seguido do conflito entre conexões, 18% e a exigência de conexões inexistentes com 9%, conforme mostra o Gráfico 12.

Gráfico 12 – Instalações hidrossanitárias x Instalações hidrossanitárias (percentual)



Os resultados encontrados nas etapas 4.1, 4.2 e 4.3 foram obtidos a partir do escopo proposto na metodologia, apontando diversos resultados que foram de encontro com os conflitos encontrados na bibliografia. Além dos resultados previstos foram detectados, também, algumas inconsistências referentes a fragmentação de elementos, gerando falsas interferências (Figura 52).

Figura 52 – Inconsistência no modelo entre viga e janela



Essas fragmentações foram consideradas como “inconsistências do modelo”, e, portanto, não contabilizadas no processo de coleta dos dados por serem fruto de incoerências na própria modelagem, onde o software acaba unindo, ou dividindo elementos que deveriam ficar separados, ou integrados, respectivamente.

No Quadro 20 tem-se um resumo do quantitativo geral de interferências encontradas no estudo entre cada confronto entre os componentes, com seu respectivo tipo de análise e listando tanto as interferências encontradas de forma automática quanto as interferências detectadas na etapa de modelagem.

Quadro 20 – Resultado dos testes de confronto entre disciplinas

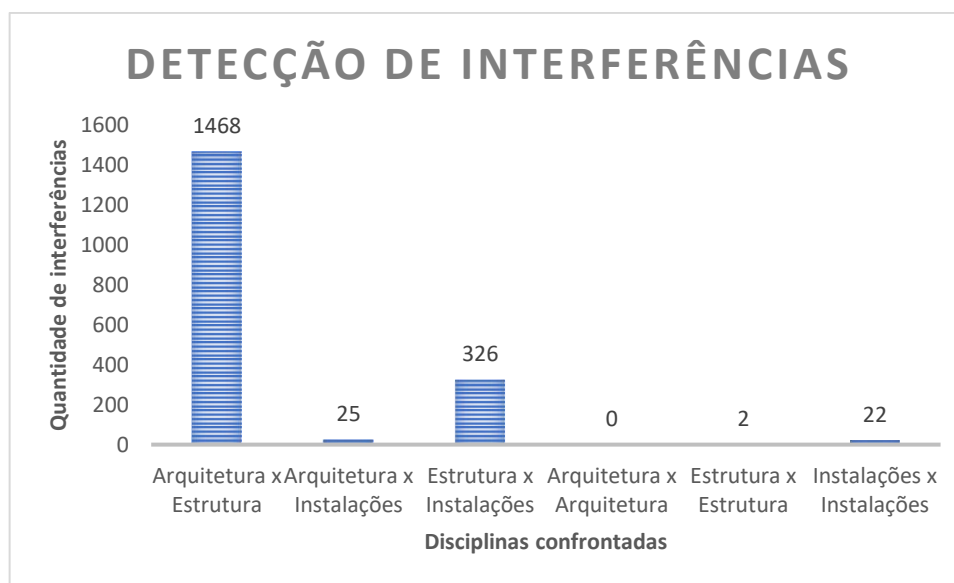
DISCIPLINAS CONFRONTADAS	COMPONENTES CONFRONTADOS		TIPO DE ANÁLISE	QNT.
Arquitetura x Estrutura	Portas, Janelas	x Vigas, Pilares, Lajes	<i>Hard Clash</i>	1327
	Escadas, Rampa	x Vigas, Pilares, Lajes	<i>Hard Clash</i>	9
	Paredes	x Vigas, Pilares	Visual	128
	Escada	x Laje	Visual	4
Arquitetura x Instalações Hidrossanitárias Estrutura x Instalações Hidrossanitárias	Paredes	x Tubos	<i>Hard Clash</i>	25
	Pilares	x Tubos, Conexões	<i>Hard Clash</i>	114
	Laje	x Tubos, Conexões	Visual	2
	Vigas	x Tubos, Conexões	<i>Hard Clash</i>	210
Arquitetura x Arquitetura	--		--	--
Estrutura x Estrutura	Vigas	x Vigas	<i>Hard Clash</i>	2
Instalações Hidrossanitárias x Instalações Hidrossanitárias	Tubulação de água fria	x Tubulação de esgoto, ventilação	<i>Hard Clash</i>	16
	Conexões	x Tubulação	Visual	2
	Conexões	x Conexões	Visual	4

Com relação aos confrontos individuais dentro do confronto entre as disciplinas quatro merecem maior ênfase pela quantidade de interferências encontradas.

Em primeiro lugar o conflito entre portas, janelas e vigas, pilares e lajes 72% do total de interferências, seguido do conflito entre vigas e tubulações, do desalinhamento entre vigas e pilares e do conflito entre pilares e componentes hidrossanitários, com 11,4%, 6,9% e 6,2% do total de interferências, respectivamente.

Com relação entre os conflitos entre as especialidades estudadas no projeto têm-se no Gráfico 13 o resumo com o total de interferências entre cada confronto.

Gráfico 13 – Interferências entre as disciplinas do modelo integrado



Foi possível identificar, através dos resultados obtidos, que a maior parte das interferências engloba o confronto proposto entre os projetos arquitetônico e estrutural, com 1468 interferências, muito devido à incompatibilidade entre as esquadrias e os componentes estruturais em toda a edificação.

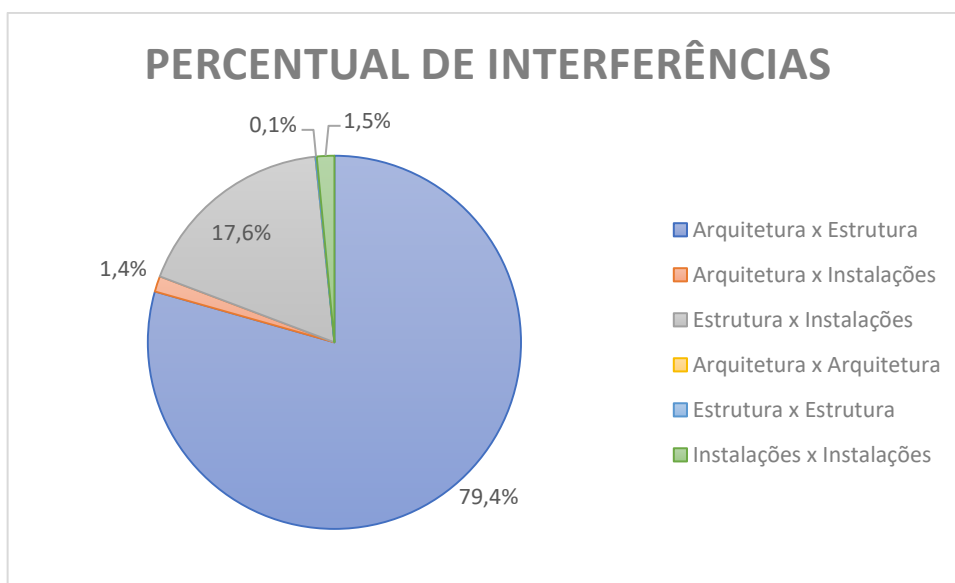
Logo em seguida, foram detectados com maior ocorrência, as interferências entre o modelo estrutural e hidrossanitário, com 326 conflitos. A presença de shafts poderia ser uma solução que diminuiria consideravelmente o confronto entre essas disciplinas. A geração de vistas isométricas, e o detalhamento das tubulações do barrilete poderiam ser soluções que permitiriam a redução dos conflitos detectados.

Quanto ao modo de detecção das interferências, no Quadro 20 é possível observar a constatação dos conflitos tanto através da utilização da ferramenta *clash detection* (*Hard Clash*), quanto a detecção visual por meio da modelagem *BIM*. Do total de interferências, 140 (7,6%) foram identificadas de maneira visual, e 1703 (92,4%), de forma automática através da ferramenta *clash detection* no *Navisworks*, comprovando o grande potencial da utilização de

ferramentas *BIM* na automação da detecção de interferências, dentro da compatibilização de projetos para este fim.

No que tange os conflitos entre os componentes de cada par de disciplinas, 79,4% destes foram identificados no teste entre arquitetura e estrutura, 17,6% entre estrutura e instalações hidrossanitárias, 1,5% entre componentes hidrossanitários, 1,4% entre arquitetura e instalações e 0,1% entre os componentes estruturais (Gráfico 14).

Gráfico 14 – Percentual de interferências entre pares de disciplinas



Percebe-se que a maior ocorrência de interferências envolveu a disciplina de estruturas, presente em 94,7% das interferências, comprovando a grande necessidade da integração entre o projeto de estruturas e os demais projetos de engenharia e arquitetura.

Foram detectadas, também, algumas interferências não previstas anteriormente no roteiro de elaborado no item 4.1, as quais foram detectadas tanto na etapa de modelagem das informações, quanto no confronto total entre os pares de disciplinas, assim como também houveram interferências que foram detectadas tanto de forma visual, quanto no *clash detection*.

Tanto a identificação de novas interferências não previstas quanto a detecção de interferências, tanto na modelagem quanto nos confrontos no *Navisworks*, mostram a eficiência de alguns dos pilares mais importantes do *BIM*, que são, a modelagem paramétrica, e a detecção automática de interferências, para esse fim.

5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES

O modelo de trabalho apresentado se propôs a não somente a comprovar os benefícios da utilização de soluções *BIM* na compatibilização de projetos de edifícios de cunho institucional, mas, também, relatar os desafios intrínsecos a esse processo. Para isso foi delineado todo o processo de projeto dentro de softwares *BIM* desde a modelagem até a detecção automática de conflitos entre componentes.

5.1 Síntese dos resultados e conclusões

A etapa de fundamentação teórica que abrangeu a coordenação de projetos, o conceito *BIM* e sua aplicação na compatibilização, permitiu, primeiramente, uma maior familiarização com o desenvolvimento convencional de projetos a fim de relacionar esse processo com o desenvolvimento de modelos multidisciplinares utilizando plataformas *BIM*. Além dessa relação, o estudo bibliográfico também permitiu o conhecimento das ferramentas *BIM* a serem aplicadas no edifício objeto de estudo para o processo de compatibilização, organizando o fluxo de atividades, e orientando as etapas desenvolvidas durante todo o estudo.

Assim como na etapa de fundamentação, a identificação das interferências mais recorrentes nos projetos de edifícios permitiu com que a abrangência desse estudo fosse delineada com o foco correto, mostrando, de fato, interferências encontradas em casos reais.

Quanto a aplicação das tecnologias, os maiores desafios no desenvolvimento do trabalho se deram pelas especificidades de alguns elementos presentes no edifício, as quais exigiram do projetista um conhecimento mais aprofundado na utilização dos softwares. A limitação da capacidade de processamento dos computadores utilizados e algumas limitações do próprio software na modelagem, dos projetos complementares, foram desafios que poderiam ser aprimorados com a utilização de softwares de dimensionamentos específicos de cada especialidade, promovendo assim, a ainda maior interoperabilidade *BIM*.

Apesar de não ser informado em que etapa se encontravam os projetos que foram fornecidos, foi possível identificar, através da modelagem, uma grande virtude no *BIM* quando comparado aos softwares de desenho. Tanto a visualização 3D, quanto a parametrização dos elementos, permitiram que fossem identificadas todas as incoerências nos projetos de forma isolada, além de eliminar a maioria das dúvidas e a duplicidade de interpretações pertinentes ao escopo físico do projeto, criando um modelo fiel aquele que será, realmente, construído.

Além da modelagem, a utilização do *software* de revisão de projetos no *clash detection* mostrou-se bastante eficaz, sendo mais de noventa por cento das interferências identificadas detectadas de forma automatizada, comprovando a grande capacidade de automação do sistema. A identificação de 1843 interferências de forma automática mostra a importância desse processo, uma vez que tal execução de maneira manual se daria de forma exaustiva, além de abrir espaço para omissões no processo de detecção, principalmente nos espaços onde há uma densidade muito grande de componentes de todos os projetos. Esse fato mostra que a aplicação da compatibilização de projetos em edificações não é apenas um diferencial da equipe de projetos, e sim, uma necessidade recorrente nos processos de projeto atuais.

Foi possível identificar também a influência do nível de detalhamento do projeto na detecção automática de interferências, uma vez que houve uma grande parcela de falsas interferências, tornando mais cansativo o processo de triagem das interferências, que é feita de maneira manual, diminuindo a automação do processo de compatibilização.

Quanto a interoperabilidade, foi possível constatar um bom nível de integração entre os softwares utilizados para esse estudo, mesmo entre softwares *BIM* e *CAD*. A importação das plantas no *AutoCAD* para o *Revit*, permitiu com que a modelagem pudesse ser desenvolvida e verificada com mais eficácia na construção dos modelos. Entre o *Revit* e o *Navisworks* essa interação foi facilitada pela presença da ferramenta de exportação no formato *NWC* entre os softwares, que permitiu a exportação dos modelos de cada disciplina com um bom grau de fidelidade, não sendo necessária a exportação de arquivos através do *ifc*.

Outra interação benéfica percebida durante a etapa de modelagem das informações deu-se com os fornecedores de produtos que, já disponibilizam, gratuitamente, famílias e templates *BIM* com todas as especificidades do produto, que será adquirido. Essa interação beneficia tanto os projetistas, pois estes têm informações e modelos mais detalhados para a elaboração do projeto quanto os fornecedores, que inserem os seus produtos nas especificações do projeto, que acabam por serem destacadas na descrição de cada objeto nas tabelas de quantitativo.

A aplicação desse estudo em um edifício de cunho institucional torna-se válida uma vez que o país tem caminhado para um nível de exigência mais elevado com relação aos projetos públicos, na melhoria da qualidade, da transparência sendo iminente a utilização de tecnologias *BIM* para essa finalidade. Por se tratar de um projeto com alto grau de repetição, devido a semelhança entre as salas e a simetria entre os pavilhões, muitas interferências detectadas foram replicadas, gerando um grande número de interferências semelhantes, que poderiam ter a mesma solução adotada, facilitando assim, todo o processo de compatibilização.

Quando comparado ao modelo convencional de compatibilização de projetos descrito no referencial bibliográfico, percebe-se uma mudança de paradigma nesse processo com a inserção de ferramentas *BIM*, mesmo que estas não tenham sido empregadas, neste estudo, em uma simulação real, envolvendo todos os colaboradores. Apesar de contribuir de forma significativa com a detecção de interferências e a comunicação entre os projetistas, o *BIM* não elimina a figura do coordenador de projetos, mas sim funciona como uma ferramenta para este a fim de que o processo de compatibilização se dê de forma mais eficaz e segura. Tem-se no Quadro 21 um resumo dos desafios e benefícios da aplicação de ferramentas *BIM* na compatibilização de projetos de cunho institucional.

Quadro 21 – Desafios e benefícios do *BIM* na compatibilização de projetos

DESAFIOS	BENEFÍCIOS
Limitação na capacidade de processamento dos computadores	Visualização 3D e parametrização
Mudança de paradigma	Automação da detecção de interferências
Inconsistências do modelo (necessidade de triagem)	Confiabilidade no processo de detecção de interferências
Limitações do software para as especificidades do projeto	Interoperabilidade entre os softwares, projetistas e fornecedores

Apesar de apresentar desafios, principalmente quanto a mudança de paradigmas e a adaptação às tecnologias, a implementação do *BIM* no processo de compatibilização é tanto iminente quanto necessária para o aperfeiçoamento na elaboração de projetos, não somente de cunho institucional, mas de diversos outros segmentos no Brasil. Logo, cabe à indústria da construção civil brasileira adequar-se à essa realidade ao ver os benefícios de sua implementação, e não somente quando se tornar estritamente necessário, seja pela exigência do mercado ou do próprio governo.

5.2 Limitações da pesquisa

Como descrito no referencial bibliográfico, o *BIM* possui diversas aplicações dentro do processo de projeto do edifício, abrangendo desde a sua concepção, até a sua operação. Dessa forma, para que essa pesquisa pudesse proceder com o foco correto foram impostas algumas limitações para a aplicação dessas ferramentas no edifício objeto do estudo, com o intuito de

mostrar a validade da utilização das plataformas *BIM*, sem, entretanto, tornar essa exploração muito exaustiva.

Quanto ao escopo da coordenação de projetos, optou-se por não especificar no trabalho os aspectos gerenciais, apesar das ferramentas *BIM* também contemplarem esse aspecto, por conta da amplitude do processo. Quanto aos aspectos que foram estudados relacionados à coordenação técnica, mais especificamente as reuniões de coordenação, a compatibilização de projetos e a análise crítica, foi dado um maior enfoque na etapa de compatibilização. Apesar do *BIM* reorganizar esse fluxo de atividades, elas acabam se tornando inerentes ao processo, porém desempenhadas de maneira diferente.

No tocante ao processo delineado dentro da compatibilização de projetos *BIM*, que envolve a concepção, modelagem, a detecção e solução de interferências, foram adotadas algumas simplificações para reduzir a quantidade de atividades inerentes ao processo, sem, entretanto, interferir na validade do método.

Em primeira instância, ainda na etapa de modelagem, optou-se pelo estudo de apenas três disciplinas, consideradas como mais relevantes na etapa de compatibilização, a saber, arquitetura, estruturas, e instalações hidrossanitárias (instalações de água fria e esgoto residencial). Ainda após a escolha dessas disciplinas definiu-se a execução da etapa de modelagem em um único software, pelo fato dos projetos já estarem dimensionados em *CAD* e também por limitações referentes ao conhecimento de outros softwares por parte do projetista.

Na disciplina de arquitetura foram adotados outros fatores de simplificação, como por exemplo, os detalhes da cobertura, os itens de layout, revestimentos, pintura, dentre outros menos relevantes. No modelo de estruturas foram desconsideradas as armaduras da estrutura de concreto, que poderiam ter influência direta no processo de compatibilização, uma vez que seria possível mensurar os impactos dos furos previstos na disposição desses elementos, mas, devido a prioridade em indicar as interferências entre as diferentes disciplinas, optou-se pela simplificação dos elementos estruturais, como vigas, pilares e lajes. No modelo hidrossanitário, com relação às peças sanitárias, foram adotadas, no caso de desenhos do modelo *CAD* que não possuíam famílias idênticas, como por exemplo, bacias sanitárias e pias, itens semelhantes, que não interferiram na confiabilidade do processo de compatibilização.

Quanto aos métodos de exportação dos modelos foi escolhido o *Add-in Navisworks Exporter* em detrimento ao *ifc*, a fim de testar a interoperabilidade dos softwares que pertencem a um fornecedor comum, o que seria inviável caso o estudo se desse com a utilização de softwares de modelagem de diferentes fornecedores.

As interferências encontradas por meio do *clash detection* passaram por uma triagem e foram devidamente caracterizadas, porém, com o intuito de não estender o processo de compatibilização para a parte que envolve a solução das interferências e análise crítica dessas soluções esse trabalho delimitou-se à identificação e caracterização destas, com algumas sugestões em interferências específicas.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Como foi mostrado no item 1.2, a coordenação 3D é apenas um dos diversos usos que o *BIM* pode apresentar. Logo, é possível combinar diversos usos, como o planejamento 4D, por exemplo, que une tanto a representação gráfica anteriormente vista no modelo 3D com um cronograma proposto, apresentando uma visão mais fiel daquela que será construída, com todo o seu sequenciamento e detecção de interferências físicas.

Outro tema que pode ser abordado, que vai além da coordenação 3D e do planejamento 4D, é a união tanto do modelo tridimensional e do sequenciamento de atividades com a estimativa de custos, implicando em um modelo de planejamento 5D. Dessa forma é possível desenvolver trabalhos através de análises, utilizando e combinando cada uso do *BIM* representado anteriormente.

A fim de promover uma simulação mais fiel ao processo de compatibilização real, poderia ser proposto, também, o desenvolvimento dos projetos de cada disciplina em softwares específicos de dimensionamento, e a união destes em um software de revisão de projetos para realização dos testes de interferência, a fim de testar tanto a compatibilização quanto a interoperabilidade das plataformas *BIM* de diferentes fornecedores, através de arquivos *ifc*.

REFERÊNCIAS

AISH, ROBERT. (1986). **Building modelling the key to integrated construction CAD**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531: Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas**. Rio de Janeiro, nov. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-1:2011: Sistema de classificação da informação da construção**. Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, jun. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-2:2012: Sistema de classificação da informação da construção**. Parte 2: Características dos objetos da construção. Rio de Janeiro, jun. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-2:2012: Sistema de classificação da informação da construção**. Parte 7: Informação da construção. Rio de Janeiro, dez. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-3:2014: Sistema de classificação da informação da construção**. Parte 3: Processos da construção. Rio de Janeiro, dez. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12006:2018: Construção de edificação - Organização de informação da construção**. Parte 2: Estrutura para classificação. Rio de Janeiro, fev. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, nov. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: Sistemas de gestão de qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro, nov. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - AsBEA. **Guia de Boas Práticas em BIM – Fascículo II – Fluxo de projetos em BIM: planejamento e execução**. Disponível

em: <http://www.asbea.org.br/download/Guia_Bim_AsBEA_Fasciculo_2.pdf> Acesso em: 02 jul. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA – AsBEA. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.manuaisdeescopo.com.br>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS GESTORES E COORDENADORES DE PROJETO – AGESC. **Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos. São Paulo, 2012.** Disponível em: <<http://www.manuaisdeescopo.com.br>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

AUTODESK. Arquitetura, Engenharia e Construção. Disponível em: <<https://autodesk.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BENNING, P., DUMOULIN, C.; DEHLIN, S.; TULKE, J.; ABERG, P.; FRISTEDT, S.; HOLOPAINEN, R.; SCHUMACHER, S.; BRANDT, T., ROMMEN, L. (2010). **Report - Collaboration processes; Framework for collaboration.** InPro Consortium.

BERDEJA, Edgar Preto. **Análise de conflitos num projeto de base BIM.** 2014. 100 f. Dissertação de mestrado (Engenharia civil) - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2014. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mec/dissertacao/565303595499644>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018.**

Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 24 jul. 2018.

CALLEGARI, Simara. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares.** 2007. 145 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - UFSC, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/89863>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

CBIC, **Colaboração e Integração BIM (Volume 3).** Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, Câmara Brasileira da Indústria e da Construção. 2016c. Disponível em <<http://cbic.org.br/bim/>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

CBIC, **Fundamentos BIM (Volume 1).** Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, Câmara Brasileira da Indústria e da Construção. 2016a. Disponível em <<http://cbic.org.br/bim/>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

CBIC, **Implementação BIM (Volume 2).** Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, Câmara Brasileira da Indústria e da Construção. 2016b. Disponível em <<http://cbic.org.br/bim/>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

CBIC, SENAI. **BIM: inovação e tecnologia modernizam a indústria da construção.** Especial Tecnologia na Construção. Jornal O Estado de São Paulo. São Paulo, 22 mar. 2018.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES – CTE. **Programa de gestão da qualidade no desenvolvimento de projeto na construção civil.** São Paulo: SINDUSCON / CTE, 1997.

CHOUGULE, N.S.; KONNUR, B.A. **A Review of Building Information Modeling (BIM) for Construction Industry.** International Journal of Innovative Research in Advanced

Engineering (IJIRAE), [S.l.], v. 2, n. 4, p. 98-102, abr. 2015. Disponível em:
<<http://www.ijirae.com/volumes/Vol2/iss4/17.APAE10106.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

COELHO, Karina Matias. **A implementação e o Uso da Modelagem da Informação da Construção em Empresas de Projeto de Arquitetura**. 2017. 286 f. Dissertação de mestrado (Ciências)- Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2017. Disponível em:
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-13032017-100600/pt-br.php>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - UFOP, Ouro Preto, 2013.

CRUZ, G. P. **Coordenação e compatibilização de projetos para construção de edifícios: Estudos de caso em instituições públicas e privadas**. 2011. 94 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - UFV, Viçosa, 2011. Disponível em:
<<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3750>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

CUNHA, G.C. **A importância do Setor de Construção Civil para o desenvolvimento da economia brasileira e as alternativas complementares para o *funding* do crédito imobiliário no Brasil**. 2012. 81 f. Monografia (Bacharelado) – UFRJ, 2012. Disponível em:
< www.pantheon.ufrj.br>. Acesso em: 16 ago. 2018.

DIÁLOGOS SETORIAIS PARA BIM – **Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília/DF, 2015. Disponível em
<<http://sectordialogues.org/sites/default/files/aco/es/documentos/bim.pdf>>. Acesso em 02 jul. 2018.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. & LISTON, K. (2008), **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**, First Edition, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. & LISTON, K. (2011). **BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Second Edition . New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

EASTMAN, CHARLES. (1975). **The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design**. AIA Journal. 63.

EUBIM, Task Group. **Manual relativo à aplicação da Modelação da Informação da Construção no Setor Público Europeu**. 2016. Disponível em: <<http://www.eubim.eu>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

FERREIRA, Romário. **Eficiência na aprovação de projetos**. Construção Mercado – Negócios de incorporação e construção civil. Edição 144. Julho /2013. Disponível em:
<<http://construcaomercado17.pini.com.br>>. Acesso em: 11 jul. 2018

FIRJAN. **Construção Civil: Desafios 2020**. Rio de Janeiro/RJ, 2014. Disponível em <<http://www.firjan.com.br/construcao-civil/desafios.htm>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

GEROLLA, Giovanni. **Coordenador de projetos**. Revista Técnica. Edição 190. Novembro/2012. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br>>. Acesso em: 04 jul. 2018

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES JR., Francisco. **Guia para compatibilização de projetos com BIM**. AltoQI. 2016. Disponível em <<http://maisengenharia.altoqi.com.br>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

GSA (U.S GENERAL SERVICES ADMINISTRATION). **GSA BIM Guide Series 01**. Washington, DC, 2007. Disponível em <<http://www.gsa.gov/bim>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

KREIDER, R.; MESSNER, J.; DUBLER, C. **Determining the frequency and impact of applying BIM for different purposes on projects**. In: International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction (AEC), 6., 2010, Penn State University, University Park. Anais... University Park, Pennsylvania, 2010. 10 p.

MAGIAG, Geovane, ROMANHA, Mateus, DA SILVA, Rafael, MORAIS, Rodrigo. Artigo. **A Construtibilidade e sua relação como a Tecnologia de Building Information Modeling (BIM)**. Disponível em: <<https://pmkb.com.br/artigo/a-construtibilidade-e-sua-relacao-como-a-tecnologia-de-building-information-modeling-bim>>. Acesso em 02 jul. 2018.

MARSICO, M.L.; MEDEIROS, R.; DELATORRE, V.; COSTELLA, M.F.; JACOSKI, C.A (2017). **Aplicação do BIM na compatibilização de projetos de edificações**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 7, n. 17, p. 19-41.

McGRAW Hill Construction. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How contractors around the world are driving innovations with Building Information Modelling**. Smart MarketReport, 2014.

McGRAW Hill Construction. **The Business Value of BIM for Construction in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012)**. Smart MarketReport, 2012a

McGRAW Hill Construction. **The Business Value of BIM for Construction South Korea: How Building Information Modeling Is Driving Positive Change in the South Korean Construction Industry**. Smart MarketReport, 2012b.

MELHADO, S. B. (coord.) **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MENEZES, Gilda Bakker Batista. (2011). **Breve histórico de implantação da plataforma BIM**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. 18. 152-171. 10.5752/P.2316-1752. 2011 v18 n.22 p.152.

MIKALDO JR, J.; SCHEER, S. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução?** Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 79-99, maio. 2008. Disponível em:
<<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/download/50928/55010>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

NBIMS, **National BIM Standard - United States**. Disponível em:
https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf, acesso em novembro, 2018.

NOVAES, C. C. **Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios**. In: Workshop nacional gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos. Anais... São Carlos: USP, 2001.

PAIVA, D. C. S. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora**. 2016. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, UFRN, Natal, 2016.

PELLANDA, Paulo, FITZNER DO NACIMENTO, Alexandre, CABRAL FERREIRA, Edilberto. (2015). **OPUS: o Sistema de Gestão de Obras do Exército Brasileiro Baseado em BIM – Building Information Modeling**. 55-72.

PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. **Building Information Modeling Project Execution Planning Guide**. Pennsylvania-USA, 2010.

PINTO, Paula Cristina Araújo. **Análise de compatibilização de projetos: Estudo de caso em um edifício multifamiliar em João Pessoa**. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

PMI. **Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. *Guia PMBOK* 6ª ed. – EUA: Project Management Institute, 2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge** – *PMBOK* Guide 2000 Edition, Pennsylvania-USA 2000

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **A construtibilidade no processo de projeto de edificações**. In: Workshop nacional gestão do processo na construção de edifícios, 2., 2002. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2002.

SENA, Thiago Silva de. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

SILVA, M. V. M. F. P. **As atividades de coordenação e a gestão do conhecimento nos projetos de edificações.** 2005. 202 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SILVA, M.; NOVAES, C. **A coordenação de projetos de edificações: estudos de casos. Gestão & Tecnologia de Projetos.** v.3, n.1, p.44-78. 2008.

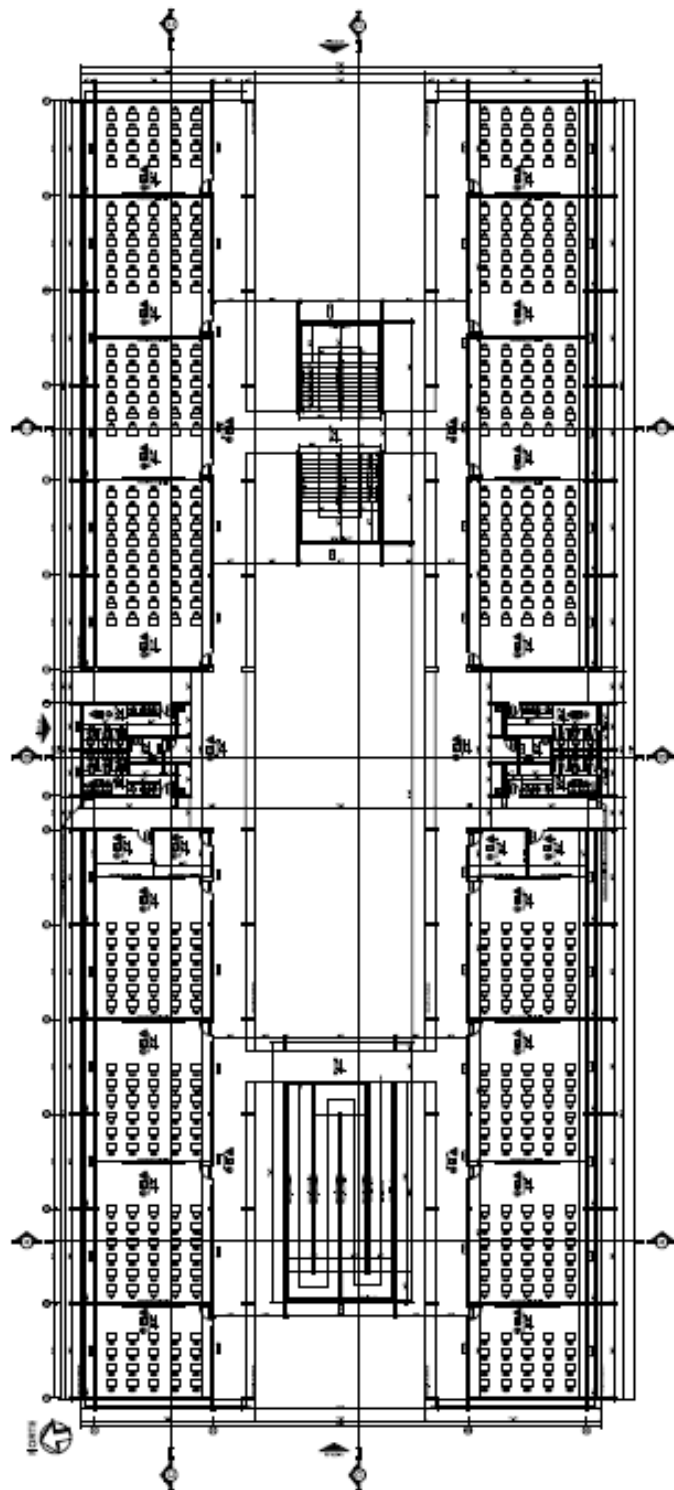
SOUSA, F.J. (2010). **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco. Recife-PE

TASCA, A.; BEDIN, A. M.; CZARNOBAY, F. E.; FEBRAS, F. S. **Análise do uso da compatibilização de projetos em construtoras do município de Chapecó-SC.** In: ANAIS UCEFF. v.1, n.1,p. 31-47.2016

TEIXEIRA, J. D. **Compatibilização de projetos através da modelagem 3D com uso de software em plataforma BIM.** 2016. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - UFSC, Florianópolis, 2016. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/164583>>.Acesso em: 28 jun. 2018.

VAN NEDERVEEN, G.A.; TOLMAN, F.P. (1992) **Modelling Multiple Views on Buildings.** Automation in Construction, 1, 215-224.

ANEXO A – Planta baixa de arquitetura do pavimento térreo



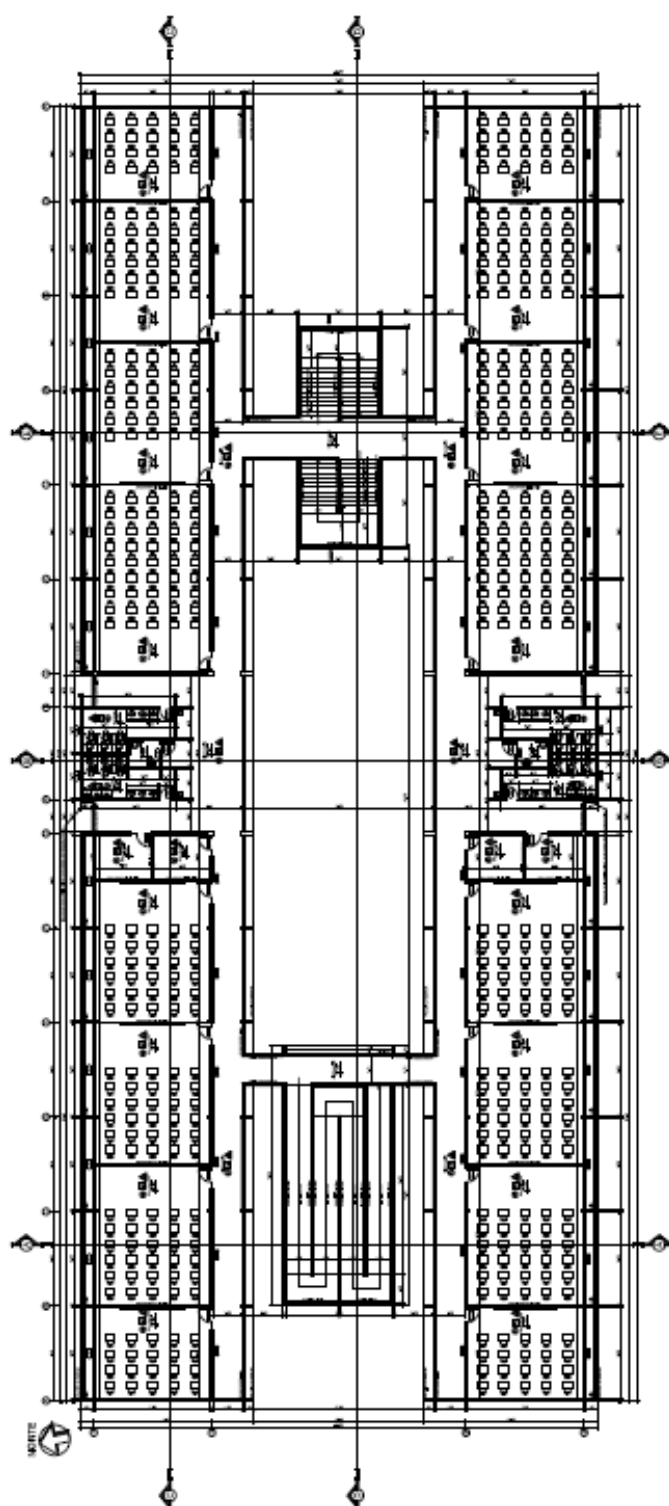
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

ARQUITETÔNICO - PLANTA BAIXA (TÉRREO) - BLOCO DE SALAS DE AULA

ESCALA NÃO INDICADA



ANEXO B – Planta baixa de arquitetura do primeiro pavimento

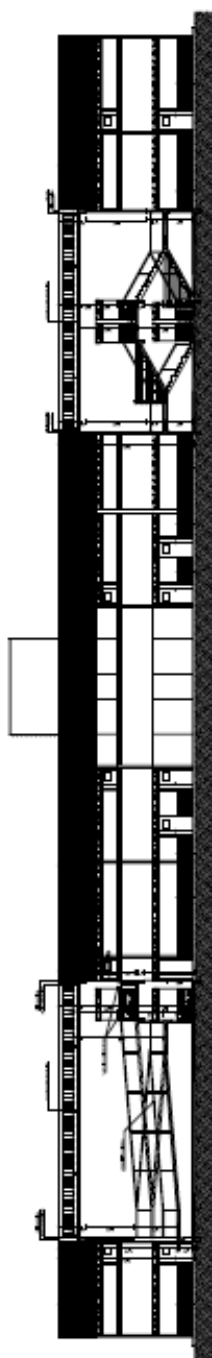


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
ARQUITETÔNICO - PLANTA BAIXA (1º PAVIMENTO) - BLOCO DE SALAS DE AULA

ESCALA NÃO INDICADA



ANEXO C – Corte DD do projeto de arquitetura



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

ARQUITETÔNICO - CORTE DD - BLOCO DE SALAS DE AULA

ESCALA NÃO INDICADA

