



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

THAÍS TENÓRIO DOURADO

**TECNOLOGIA BIM APLICADA NA COMPATIBILIZAÇÃO**  
**DE PROJETOS – ESTUDO DE CASO**

RECIFE, 2016

*THAÍS TENÓRIO DOURADO*

**TECNOLOGIA BIM APLICADA NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS –  
ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Paulo de Araujo Regis

RECIFE, 2016

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

D739t	<p>Dourado. Thaís Tenório Tecnologia bim aplicada na compatibilização de projetos - estudo de caso. / Thaís Tenório Dourado. - 2016. 54folhas, Ils. e Tab.</p> <p>Orientador: Prof. Paulo de Araújo Regis.</p> <p>TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2016. Inclui Referências.</p> <p>1. Engenharia Civil. 2. BIM. 3. Compatibilização. 4. Modelagem. 5. Projeto. I. Regis, Paulo de Araújo (Orientador). II. Título.</p> <p>UFPE</p> <p>624 CDD (22. ed.)</p> <p>BCTG/2016-215</p>
-------	--



SERVICÓ PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.**

CANDIDATO(S): 1 –  
2 –

BANCA EXAMINADORA:

Orientador:

Examinador 1:

Examinador 2:

**TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:**

**LOCAL:**

**DATA:** 21/07/2016 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 14h.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: 9,33 (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1)  **aprovado(s) (nota  $\geq 7,0$ ),** pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo,  $3,0 \leq \text{nota} < 7,0$ , será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) ( ) **reprovado(s). (nota  $< 3,0$ )**

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 21. de julho de 2016

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Candidato 2:

*Dedicatória*

*Aos meus pais, Tânia e Marcos,  
à minha irmã, Aline, e a Ighor.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Paulo de Araujo Regis, por aceitar embarcar nesta aventura comigo e ter tido paciência e disponibilidade ao transmitir o conhecimento enquanto discutíamos o trabalho.

À Projetec – Projetos Técnicos Ltda e a equipe com quem tive a oportunidade de trabalhar e me aprofundar nos conhecimentos práticos da tecnologia BIM, sem os quais esse trabalho não teria sido possível.

Aos amigos que fiz durante essa caminhada, que compartilharam comigo as horas de estudo e participaram do incentivo mútuo para essa conquista.

A todos que me apoiaram e que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho, me dando suporte e incentivo.

A Deus, por permitir que eu chegasse até aqui, colocando pessoas e oportunidades maravilhosas em meu caminho.

**DOURADO, T. D. (2016). Tecnologia BIM Aplicada na Compatibilização de Projetos – Estudo de Caso. Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife / PE.**

## **RESUMO**

O presente trabalho se propõe a demonstrar e avaliar a tecnologia BIM quanto à compatibilização de projetos de obras de Engenharia Civil. O conceito BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção) é um sistema inovador que aprimora o processo de projetar. Possui ferramentas que possibilitam a compatibilização dos projetos, detectando futuros conflitos construtivos ainda na fase inicial de concepção do empreendimento, o que traz grandes benefícios para o mercado da construção civil. Inspirado por esses melhoramentos, o trabalho se dispôs a estudar a aplicação da ferramenta e a ajudar na sua divulgação. A metodologia de aplicação utilizada partiu da modelagem dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais do empreendimento escolhido como estudo de caso. Finalizados os modelos, fez-se a análise de interferências entre seus elementos através de software BIM especializado em compatibilização. Os resultados comprovaram a superioridade da tecnologia em comparação aos processos tradicionais de projeto. Projetar em BIM resulta em projetos mais consistentes, integrados e compatíveis e reduz o retrabalho de revisão de plantas e/ou de erros de execução cometidos por não-conformidades entre projetos. Para isso, a capacitação de estudantes e profissionais no assunto é muito importante. Espera-se que esse trabalho possa inspirar mais pesquisas, e ajudar na divulgação dos benefícios do BIM.

Palavras-chaves: BIM; Compatibilização; Modelagem; Projeto

**DOURADO, T. D. (2016). BIM Technology Applied To Project Compatibilization – Case Study. Final Course Work, Graduation in Civil Engineering, Department of Civil Engineering and Environmental (DECIV), Center of Technology and Geosciences (CTG), Federal University of Pernambuco (UFPE). Recife / PE.**

### **ABSTRACT**

This paper proposes to demonstrate and evaluate BIM technology applied to project compatibilization in Civil Engineering construction developments. The BIM (Building Information Modeling) concept is an innovative system, which enhances the process of design. It possesses tools that allow for the compatibilization of projects, detecting future constructive conflicts in the early phases of the enterprise conception, which brings great benefits to the construction market. Inspired by these improvements, the research set out to study the application of the tool and help with its propagation. The methodology consisted first of the modeling of architectural, structural and MEP projects of the building chosen as the study case. As the models were completed, an interference analysis of their elements was executed through a BIM software specialized in compatibilization. The outcomes confirmed the superiority of the technology in comparison to the traditional processes of design. Designing in BIM results in more consistent, integrated and compatible projects, and reduces the rework of revising drawings and/or execution mistakes that happen due to nonconformity between projects. In order to achieve that, it is important to capacitate students and professionals on the subject. It is expected that this work can inspire more research, and help towards divulging the benefits of BIM.

Keywords: BIM; Compatibilization; Modeling; Project.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Capacidade de influência das fases de desenvolvimento no custo final de um edifício.....	15
Figura 2 - Modelos federados.....	17
Figura 3 - BIM e o ciclo de vida de um empreendimento.....	21
Figura 4 - Consciência e utilização do BIM no Reino Unido, 2010 – 2014. ....	23
Figura 5 - Detecção de conflito no software Navisworks. ....	27
Figura 6 - Fluxo de compatibilização de projetos. ....	28
Figura 7 - Fluxo de atividades de compatibilização de projetos - ilustração. ....	28
Figura 8 - Análise da implantação do processo BIM num empreendimento. ....	29
Figura 9 - Corte do projeto arquitetônico – Edifício sede do Litpeg.....	30
Figura 10 - Níveis e plantas de piso do projeto no Revit. ....	31
Figura 11 - Definição de origem dos modelos. ....	32
Figura 12 - Modelagem de paredes. ....	33
Figura 13 - Modelagem de pisos. ....	33
Figura 14 - Família de porta.....	34
Figura 15 - Família de janela.....	34
Figura 16 - Modelo de arquitetura.....	35
Figura 17 - Blocos de fundação.....	35
Figura 18 - Vigas.....	36
Figura 19 - Lajes.....	36
Figura 20 - Modelo de estrutura.....	37
Figura 21 - Modelo de esgoto.....	38
Figura 22 - Modelo de esgoto – Detalhe. ....	38
Figura 23 - Modelo de drenos de ar condicionado.....	39
Figura 24 - Modelo de hidráulica – Detalhe.....	39
Figura 25- Modelo de hidráulica.....	40
Figura 26 - Modelo climatização: renovação de ar. ....	41
Figura 27 - Modelo climatização: exaustão.....	41
Figura 28 - Modelo de elétrica. ....	42
Figura 29 - Padronização de cores para compatibilização. ....	43
Figura 30 - Modelos importados para o Navisworks.....	44
Figura 31 - Modelos importados para o Navisworks – Instalações.....	44

Figura 32 - Detecção de conflitos por análise visual.....	45
Figura 33 - Início da detecção de conflitos no Navisworks. ....	45
Figura 34 - Modelo de esgoto com planta do térreo visível .....	50
Figura 35 - Modelo de esgoto com planta do 1º pavimento visível .....	50

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - LOD – Nível de desenvolvimento. Fonte: AsBEA .....	18
Tabela 2 – Relatório de Interferências. Fonte: Autores.....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	Justificativa e Motivação	11
1.2	Objetivos Gerais e Específicos	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>13</b>
2.1	O Que é BIM?	14
2.2	Projetando com o BIM	15
2.2.1	A Modelagem	16
2.3	As dimensões do BIM	20
2.4	Panorama BIM	21
2.4.1	Internacional	22
2.4.2	Nacional	23
2.5	BIM e a compatibilização de projetos	24
2.5.1	Tecnologias BIM – Detecção de conflitos	26
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>30</b>
3.1	Parâmetros e definições para a modelagem	31
3.2	Modelagem	32
3.2.1	Arquitetura	32
3.2.2	Estrutura	35
3.2.3	Instalações prediais	37
3.2.3.1	<i>Instalações Hidrossanitárias</i>	37
3.2.3.2	<i>Instalações de Climatização</i>	40
3.2.3.3	<i>Instalações Elétricas</i>	42
3.3	Análise de modelos para fins de compatibilização de projetos	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um empreendimento envolve muitos participantes, a começar pelo cliente, que busca projetistas e um construtor para materializar a sua ideia. O processo tradicional de elaboração de projetos para execução de um empreendimento segue um fluxo de projetos em 2D que tem início com a concepção arquitetônica, seguida dos projetos de estrutura e das instalações prediais (como hidrossanitárias, elétricas, de climatização e de proteção a incêndio).

Devido aos métodos utilizados para projetar e às dificuldades que os envolvidos no desenvolvimento do empreendimento normalmente encontram para se comunicar e trocar informações de forma consistente, esse processo resulta em projetos que apresentam incompatibilidades quando observados de forma conjunta. Muitas vezes, estas não-conformidades apenas são detectadas quando parte dos projetos já tem sido executada em obra, o que acarreta retrabalho e desperdício de material e tempo, sinônimos de aumento de custo na construção civil.

Com o intuito de evitar esses problemas e trazer melhorias para o mercado construtivo como um todo, surge um novo processo, que aplica tecnologia em técnicas inovativas nas áreas de projeto, planejamento, gerenciamento e operação de empreendimentos. Trata-se do conceito BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção), e esse trabalho pretende demonstrar e avaliar a aplicação dessa tecnologia na compatibilização de projetos de Engenharia Civil.

### 1.1 Justificativa e Motivação

O conceito BIM é um processo inovador no campo da construção civil, que, dentre muitas outras aplicações, faz uso de tecnologias para aprimorar técnicas de projetos. O uso dos procedimentos e ferramentas BIM elimina erros de projeto causados por desenhos 2D inconsistentes e possibilita a compatibilização dos projetos, detectando conflitos construtivos prévios à construção e evitando o retrabalho em obra. Dessa forma, estudar a tecnologia e testar sua aplicação traz grandes benefícios para o mercado da construção civil brasileira, ajudando a divulgar ferramentas que melhoram os produtos oferecidos pelos profissionais do mercado e que trazem reduções de custo para seus clientes.

## 1.2 Objetivos Gerais e Específicos

O trabalho tem por objetivo aprofundar os estudos da tecnologia BIM em relação à compatibilização de projetos por meio de um estudo de caso. A finalidade primordial é a aplicação das ferramentas da tecnologia para teste e divulgação de seus benefícios. A seguir, são listados os objetivos específicos do trabalho:

- Modelagem em *software* BIM de projetos de um edifício em construção no Campus Recife da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco);
- Análise dos modelos em busca de possíveis não-conformidades entre os projetos, fazendo uso de *software* BIM, para exemplificar problemas e situações que passam a ser percebidos e/ou detectados a partir da implantação da tecnologia BIM.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O setor da construção civil está em constante evolução tecnológica, sempre em busca de técnicas e procedimentos mais eficientes que impulsionem a produção e reduzam o custo de execução dos empreendimentos. Por isso, a discussão em busca de melhorias é constante. É possível fazer comparações entre a indústria manufatureira e a indústria da construção civil, como fizeram Eastman et al., autores do *BIM Handbook* (2011), em relação às eficiências que a primeira alcançou através da automação, do uso de sistemas de informação, de uma cadeia de suprimentos melhor gerenciada e de ferramentas colaborativas melhoradas, o que ainda não aconteceu na indústria da construção civil.

Eastman et al. (2011) levantaram alguns motivos que explicam essa disparidade entre os setores, e a lentidão e resistência com que mudanças tendem a ser implantadas na construção civil. Um deles é que a adoção de novas práticas de negócios em projeto e construção costuma ser limitada inicialmente a grandes firmas. Ainda, essa adoção é feita de forma fragmentada, fazendo-se necessário, muitas vezes, reverter a técnicas que já haviam se tornado obsoletas para que todos os envolvidos no desenvolvimento do empreendimento possam se comunicar. Outro ponto relevante é que enquanto a indústria manufatureira frequentemente possui acordos de longo prazo e costumam ter os mesmos parceiros, projetos de construção tipicamente envolvem parceiros diferentes que trabalham por um determinado período de tempo e depois se dispersam. Como resultado, existe pouca oportunidade de aplicar o aprendizado para realizar melhoramentos, e cada parte age apenas para se proteger de potenciais dificuldades legais, acomodadas a processos antiquados e demorados que dificultam ou impossibilitam a implementação rápida e eficiente de resoluções.

No contexto de mudanças e evoluções no cenário da construção civil, é possível citar o uso de computadores no aperfeiçoamento de processos. Com a era digital, o processo projetual tem passado por contínuas transformações nas últimas décadas. Da representação dos projetos por desenhos bidimensionais a lápis e depois a canetas a nanquim, passou-se para desenhos bidimensionais gerados em meio eletrônico por *softwares* para CAD – *Computer Aided Design* (AsBEA, 2013). Atualmente, o CAD é a ferramenta mais utilizada no processo de projetar e produzir documentações de projetos no mercado da construção civil brasileiro, o qual será discutido a seguir usando o *BIM Handbook* como base teórica majoritária.

O processo usualmente exercido é bastante fragmentado. É possível identificar na gestão de obras de engenharia a participação de diversos projetistas e consultores, cada um com a

responsabilidade restrita à sua área de conhecimento. Os projetos são executados e enviados a construtora em formato 2D, e é muito fácil ocorrer erros ou omissão acidental de informação nessa forma de projetar, visto que consiste de um desenho que representa a vista em planta do empreendimento a ser construído, fragmentando a informação entre as diversas especialidades e as documentações de projeto. O 2D deveria ser a síntese do projeto, com a função de documentá-lo, e não a sua única ferramenta de análise e concepção. Quando o projeto parte de um desenho, e não evolui para além disso, é fácil que questões construtivas passem despercebidas (Ferreira, 2007).

A comunicação é outro ponto que apresenta dificuldades. É preciso que todos os envolvidos no desenvolvimento de um empreendimento estejam cientes sobre alterações de projeto e tenham acesso às informações relacionadas, o que nem sempre ocorre. Constantemente, solicita-se a alteração de algum projeto através de *email* enviado diretamente ao projetista responsável por uma disciplina específica, geralmente com algum documento anexado que indique a alteração necessária, sem que os demais especialistas sejam informados. Essa separação e delimitação de responsabilidades traz um sério problema ao fluxo de desenvolvimento de projetos para execução.

Para tentar driblar essa deficiência na troca de informações, foram desenvolvidos *softwares* para envio e compartilhamento de projetos entre as equipes. Um exemplo são programas que funcionam como servidor para arquivamento dos projetos enviados, ao qual todos têm acesso e recebem avisos de novos *uploads* em tempo real. Já na tentativa de vencer a falta de dados dos desenhos, foram empregadas soluções como o CAD 3D. Porém, o CAD 3D traz apenas a informação de volumetria do elemento, na medida em que faz a extrusão da geometria 2D.

É nesse contexto de busca por melhorias e avanços nos processos de projeto e construção, almejando mais eficiência na troca de informação, redução de erros e não-conformidades entre projetos e maior consistência da informação concebida, que vem sendo desenvolvida a tecnologia BIM. Tida como marco na Engenharia Civil, ela propõe procedimentos inovativos em toda a cadeia produtiva da construção civil.

## 2.1 O Que é BIM?

O termo BIM (*Building Information Modeling*) foi traduzido para o português como Modelagem da Informação da Construção. É definido pelo NBIMS (*National Building Information Modeling Standard*) como um processo melhorado de planejamento, projeto,

construção, operação e manutenção que utiliza um modelo 3D de informação, o qual deve conter todas as informações que foram criadas ou reunidas sobre o empreendimento em um formato que possa ser usado por todos os envolvidos durante o seu ciclo de vida. Segundo Eastman et al. (2011), o BIM é um dos sistemas mais promissores na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). A aplicação da tecnologia faz a construção virtual da obra na forma desse modelo 3D, que auxilia as fases de projeto, permitindo melhor análise e controle do que os processos manuais. Quando finalizados, os modelos 3D possuem geometria e informações precisas para dar suporte às atividades de construção, fabricação e contratação envolvidas na execução do empreendimento.

## 2.2 Projetando com o BIM

A mudança de paradigma que o BIM traz na forma de projetar está alinhada com a concepção de Melhado e Agopyan (1995) sobre o que deve ser o processo de projeto. Segundo os autores, esse processo deve ser desenvolvido considerando os requisitos de todos os envolvidos, e não deve ser tratado como uma etapa isolada das demais atividades que compõem a produção de edifícios. Eles consideram que para garantir a qualidade do final do empreendimento, o empreendedor, o construtor e o usuário devem ser considerados clientes do projeto: todos os envolvidos no desenvolvimento no empreendimento importam para a sua concepção, e devem participar desta. A figura 1 ilustra as considerações feitas pela CII – *Construction Industry Institute*, concluindo que as decisões tomadas ainda na fase de projeto são as que têm maior capacidade de influenciar o custo final.

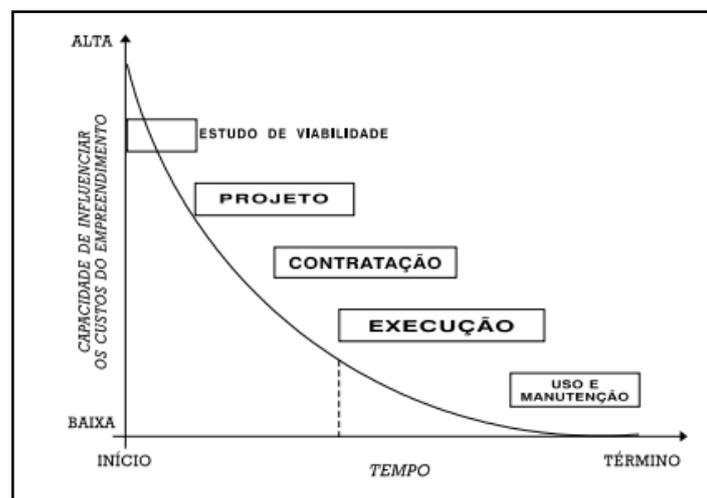


Figura 1 - Capacidade de influência das fases de desenvolvimento no custo final de um edifício.

O processo BIM traz o foco para as fases iniciais de desenvolvimento do empreendimento, e melhora a tomada de decisões de projeto com o auxílio da visualização tridimensional. A fase de projeto, no processo BIM, se torna mais densa, pois nela será realizada a construção virtual da obra, prevenindo e detectando conflitos antes de dar início a fase de execução. O conceito preza pelo desenvolvimento de projetos de forma mais integrada e colaborativa. Ele não almeja o que Melhado (2005) identificou como o processo de projeto tradicional, onde as disciplinas são segmentadas e os projetistas trabalham apenas dentro de suas especialidades, não se preocupando com o impacto que seus projetos podem ter nos demais. Nesse modelo tradicional e ainda bastante usual, especialistas tendem a perder a visão geral do desenvolvimento do empreendimento e tem-se como resultado um produto de menor qualidade.

Diferentemente do processo individualista baseado em CAD, em que cada projetista recebe diversos projetos para interpretar separadamente, no processo BIM toda a informação é centralizada em um único modelo, o qual é compartilhado entre a equipe ao longo do desenvolvimento do empreendimento (AsBEA, 2013), em torno do qual ocorre o fluxo de desenvolvimento de projeto em BIM. Antes de iniciar a modelagem, são feitas reuniões entre a construtora e os projetistas de todas as especialidades que participarão do desenvolvimento do empreendimento, para que a proposta arquitetônica básica seja passada para todos. É muito importante a participação e contribuição de todos os envolvidos nessas etapas iniciais de concepção, pois nelas são feitas as definições básicas de projetos. O processo colaborativo nessa fase, com espaço para discussão e apresentação do ponto de vista de todas as especialidades, minimiza problemas e, conseqüentemente, custos no futuro, pois essa é a fase onde alterações refletem de forma menos impactante em aspectos de custo e prazo (Durante, 2015).

### 2.2.1 A Modelagem

O modelo BIM 3D é feito em *softwares* para modelagem como o Revit, ArchiCAD e AECOSim, que são *softwares* BIM (*softwares* que habilitam o uso da tecnologia BIM). Atualmente, o processo de geração dos modelos ocorre de duas formas: execução de projeto diretamente em *software* BIM, ou modelado a partir de projeto feito em CAD 2D. Essa segunda situação ocorre devido a tecnologia BIM ainda se encontrar em estágio inicial de implantação, e por isso ainda não é prática de muitos projetistas realizar seus projetos BIM, ou falta capacitação para fazê-lo. Isso abre espaço para a terceirização da modelagem: empresas especializadas na tecnologia BIM recebem os projetos em formato “.dwg” e trabalham em cima dos desenhos para construir o modelo BIM 3D.

Para garantir a centralização das informações e que todos os agentes envolvidos tenham acesso a elas sempre que precisarem, existem formas de compartilhar os dados de modelagem das disciplinas. Uma delas é a utilização de modelos federados, conceito que foi definido por Lowe e Muncey (2009) como um modelo geral composto por modelos de diferentes especialidades que são ligados de forma lógica. O conceito encontra-se esquematizado na figura 2. É importante ressaltar que os modelos são independentes. Assim, alterações feitas em um dos modelos ou no modelo geral não provocam alterações nos demais. O desafio nesse método é manter a consistência e a compatibilidade (Manziona, 2013), trazendo à tona a importância da gestão para garantir a atualização dos modelos individuais no modelo geral.

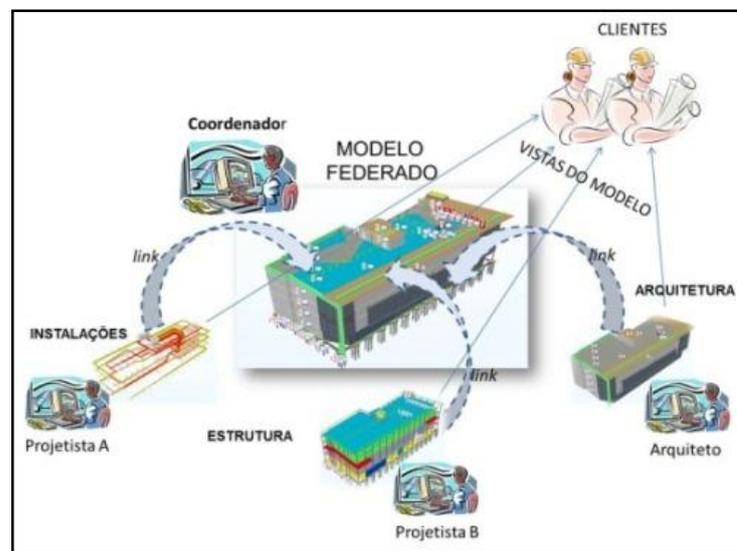


Figura 2 - Modelos federados.

Fonte: Coordenar

Nesse cenário, a interoperabilidade dos arquivos passa a ser muito importante para garantir o compartilhamento dos modelos e que os dados sejam consistentes, acurados e acessíveis por toda a equipe de projeto. Isso vai contribuir significativamente para a redução de atrasos e custos adicionais. A interoperabilidade permite que os modelos sejam produzidos em *softwares* diferentes, e ainda assim possam ser compartilhados para permitir o trabalho colaborativo. É possível fazer a troca de dados entre diferentes fabricantes de *softwares* utilizando o formato não proprietário “.ifc”. Dessa forma, os projetistas podem continuar a trabalhar com o programa que já tem experiência, e compartilhar o seu modelo em formato “.ifc” para que os projetistas de outras disciplinas, que trabalhem em *softwares* diferentes, possam ter acesso.

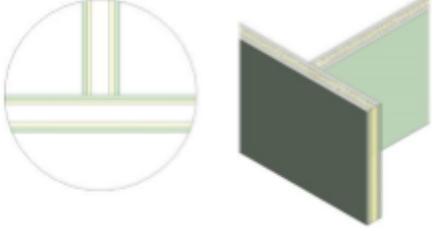
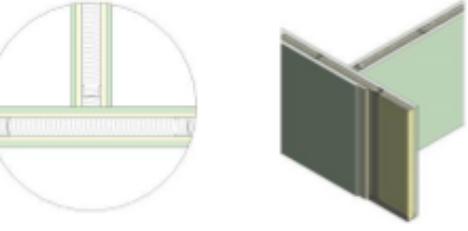
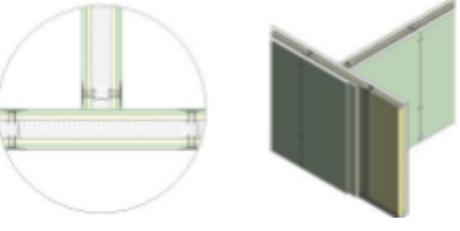
Outra forma de trabalho colaborativo e compartilhado está na possibilidade de todos os projetistas realizarem a modelagem em um único modelo. O *software Revit*, por exemplo,

apresenta a ferramenta *Workset*, que permite que inúmeros parceiros trabalhem em um mesmo modelo com um “*workset*” de trabalho definido. A partir de um arquivo central salvo em servidor, os membros da equipe trabalham em cópias desse arquivo, e suas alterações são enviadas como atualizações para todos. Para cada “*workset*” é determinada a responsabilidade sobre uma categoria de elementos de modelos, impedindo que essa categoria seja alterada por outros integrantes sem autorização.

Antes de iniciar a modelagem, é importante definir os usos do modelo BIM, para que os requisitos do projeto estejam claros e acordados entre as partes (AsBEA, 2013). As definições abrangem desde requisitos técnicos, como sistemas construtivos e características de desempenho, a características do processo BIM, como o nível de desenvolvimento do modelo (LOD – *Level of Development*). O LOD está dividido em 5 níveis progressivos de detalhamento e complementação, e identifica o conteúdo específico mínimo requerido para cada elemento do modelo (AIA, 2013). O nível de detalhamento necessário depende do objetivo final do modelo. Por exemplo, o LOD para modelos cuja função será apenas a coordenação e documentação de projeto é diferente de um modelo que será usado para extração de quantitativos (AsBEA, 2013). Na tabela 1, tem-se a descrição de cada um dos níveis, junto a esquemas representativos, extraídos do Guia BIM da AsBEA, Fascículo II (2013):

Tabela 1 - LOD – Nível de desenvolvimento. Fonte: AsBEA

<p><b>LOD 100</b> – O elemento pode ser representado graficamente no modelo com um símbolo ou outra representação genérica. Informação relativa ao elemento pode ser derivada de outros elementos modelados.</p>	
<p><b>LOD 200</b> – O elemento deve ser graficamente representado no modelo como um sistema, objeto ou montagem genérico, com quantidade, tamanho, forma, localização e orientação aproximados. Informações não gráficas adicionadas ao elemento devem constar nessa fase.</p>	

<p><b>LOD 300</b> – O elemento deve ser representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou montagem específico com quantidade, tamanho, forma, locação e orientação definidos. Informações não gráficas adicionadas ao elemento devem constar nessa fase.</p>	
<p><b>LOD 400</b> – O elemento deve ser representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou montagem específico, com quantidade, tamanho, forma, locação e orientação definidos, e suas interfaces com outros elementos do edifício. Informações não gráficas adicionadas ao elemento devem constar nessa fase.</p>	
<p><b>LOD 500</b> – O elemento deve ser representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou montagem específico, com quantidade, tamanho, forma, locação e orientação definidos, com informações relativas ao detalhamento, à fabricação, montagem e instalação. Informações não gráficas adicionadas ao elemento podem constar nessa fase.</p>	

A modelagem BIM é feita com elementos parametrizados, chamados de famílias. As famílias são os objetos, como as portas, janelas, tubulações, dutos e luminárias, que constituem o modelo. Elas abrigam propriedades e informações, como por exemplo dimensões, material e intensidade luminosa, que podem vir inerente a família, ou ser alimentadas pelo usuário.

No caso de projetos de instalações, por exemplo, quando desenvolvidos diretamente no software BIM, as famílias precisam conter todas as informações necessárias para o correto dimensionamento de tubulações. Quando isso ocorre, problemas como informações incompletas, redes desconectadas entre pavimentos e cálculo errado de vazão e pressão da rede são facilmente identificados no modelo virtual da construção (Batista, 2015). Ainda, como as informações de base dos cálculos do projeto estão incorporadas ao modelo, quaisquer

atualizações das características da rede são automaticamente transformadas em alterações na memória de cálculo e nos quantitativos dos materiais.

### 2.3 As dimensões do BIM

Além das melhorias na fase de projeto, a tecnologia BIM, conforme citado anteriormente, possui ferramentas que aprimoram os processos de planejamento, construção, operação e manutenção de um empreendimento, agindo como um sistema com sete dimensões atualmente definidas (PINI, 2014):

- O BIM 3D consiste na modelagem 3D dos projetos da obra, conforme já tratado anteriormente, com todos os elementos necessários para sua caracterização e posicionamento espacial. Ele engloba o *clash detection* (detecção de conflitos), que consiste na análise de interferência entre projetos, assunto que será aprofundado mais adiante no tópico 2.5 e que é foco deste trabalho.
- O BIM 4D é a simulação da construção virtual da obra, a partir do atrelamento do cronograma de construção aos elementos do modelo. Essa ferramenta é um recurso de grande utilidade pois permite ao gestor acompanhar o avanço físico da construção de forma mais fácil e com recurso visual. É possível ver a obra sendo construída como num filme, verificar atrasos em relação ao planejamento original, entender melhor o comportamento da obra e até desenvolver cronogramas mais coerentes e eficientes.
- O BIM 5D consiste na extração de quantitativos diretamente do modelo 3D. Cada elemento do projeto pode ser vinculado a dados de custo, e alterações na dimensão ou na quantidade de um determinado elemento são automaticamente propagadas para a planilha de quantitativos.
- O BIM 6D tem o foco em sustentabilidade, ajudando na análise de consumo energético da edificação que será construída. As estimativas de energia são mais completas e precisas quando se faz uso da tecnologia BIM desde a fase inicial de projetos.
- O BIM 7D é a fase de Operações / Manutenções do empreendimento. É o uso do BIM para gerenciar o ciclo de vida da edificação após a construção, a partir do modelo 3D e de todas as informações relevantes que forem recolhidas acerca do empreendimento. É possível controlar a garantia de equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes e fornecedores e custos de operação.

A figura 3 exemplifica o ciclo de vida da construção de um empreendimento. Ao longo deste ciclo, desde a fase de concepção de projeto e passando pela modelagem, planejamento, orçamentação, análises, construção e finalmente operação do empreendimento, o BIM é um sistema tecnológico inovador com procedimentos que alteram o paradigma da construção civil, integrando os processos e aprimorando o produto final.

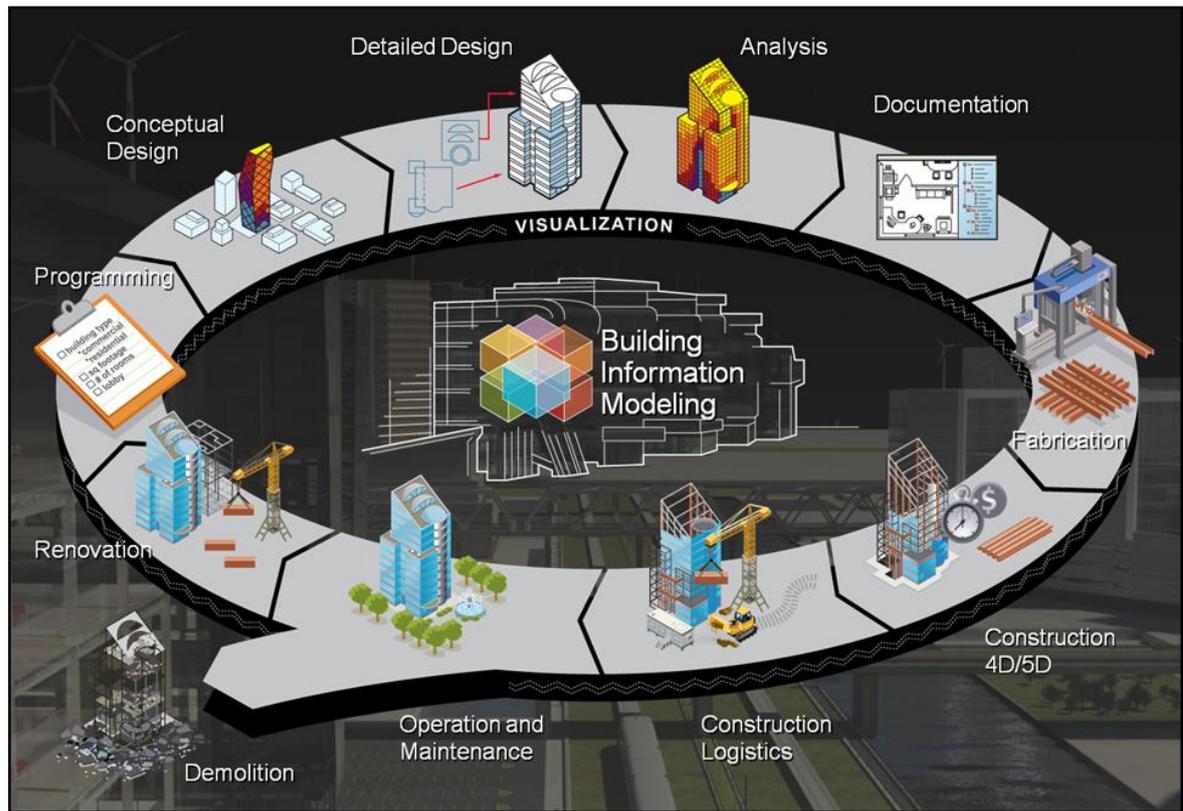


Figura 3 - BIM e o ciclo de vida de um empreendimento.

Fonte: Emedia

## 2.4 Panorama BIM

A importância do BIM para o setor da construção vem sendo reconhecida já há alguns anos, e a adoção da tecnologia vem crescendo nos países desenvolvidos. O *SmartMarket Report*, relatório elaborado pela *McGraw Hill Construction* em 2014, apontou que três quartos de todos os empreiteiros inquiridos tiveram um retorno positivo no investimento que fizeram com o BIM em suas empresas. A seguir, será apresentada uma visão geral do estágio de aplicação da tecnologia em alguns países.

### 2.4.1 Internacional

Desde 2003, a *General Services Administration* (GSA) nos Estados Unidos iniciou um programa nacional voltado para o suporte do uso da tecnologia BIM em obras públicas, chamado de *National 3D-4D-BIM Program*. Alguns destaques do programa são:

- Estabelecimento de uma política para obrigar a adoção do BIM em todos os grandes projetos da GSA;
- Fornecimento de suporte e recursos para que projetos capitais em andamento incorporem tecnologias BIM;
- Assessoramento na maturidade tecnológica da indústria;
- Parcerias com outras agências federais, associações profissionais, institutos acadêmicos e de pesquisa e fornecedores BIM;
- Publicação do *BIM Guide Series*, série de oito guias colaborativos com o intuito de disseminar as práticas e benefícios do BIM, auxiliando na divulgação e explicação da tecnologia e suas inúmeras facetas.

Já em 2006, a GSA decretou que novos edifícios públicos federais teriam que fazer uso do BIM na fase de projetos. Nesses últimos anos, houve um crescimento dramático na adoção do BIM por empreiteiros nos Estados Unidos: de 2009 para 2012, a utilização saltou de 40% para 71% (McGraw Hill, 2014).

No Reino Unido, em 2011, foi estabelecida uma política governamental estratégica para que a partir de 2016 todas as obras públicas passassem a ser licitadas em BIM (HM Government, 2012). O objetivo principal da iniciativa foi a redução em 20% dos custos de projeto de construção e diminuição na intensidade da emissão de carbono. Com essa decisão, o governo visualizou incentivar a indústria, para colocar o Reino Unido como um líder BIM mundial. Desde então, a discussão tem proliferado, e o número de pessoas utilizando o BIM aumentou consideravelmente (NBS National BIM Report, 2015). A figura 4, extraída do NBS National BIM Report 2015, mostra a mudança no cenário de utilização do BIM no Reino Unido após a instituição da política governamental. Entre os anos de 2010 e 2014, a utilização subiu de 13% para 48%. Além disso, o BSI (*British Standards Institute*) publicou especificações de padronização para o gerenciamento de informações do BIM: a PAS 1192-2 e a PAS 1191-3, em 2013, além da norma BS 8541, para especificação da biblioteca de objetos BIM.

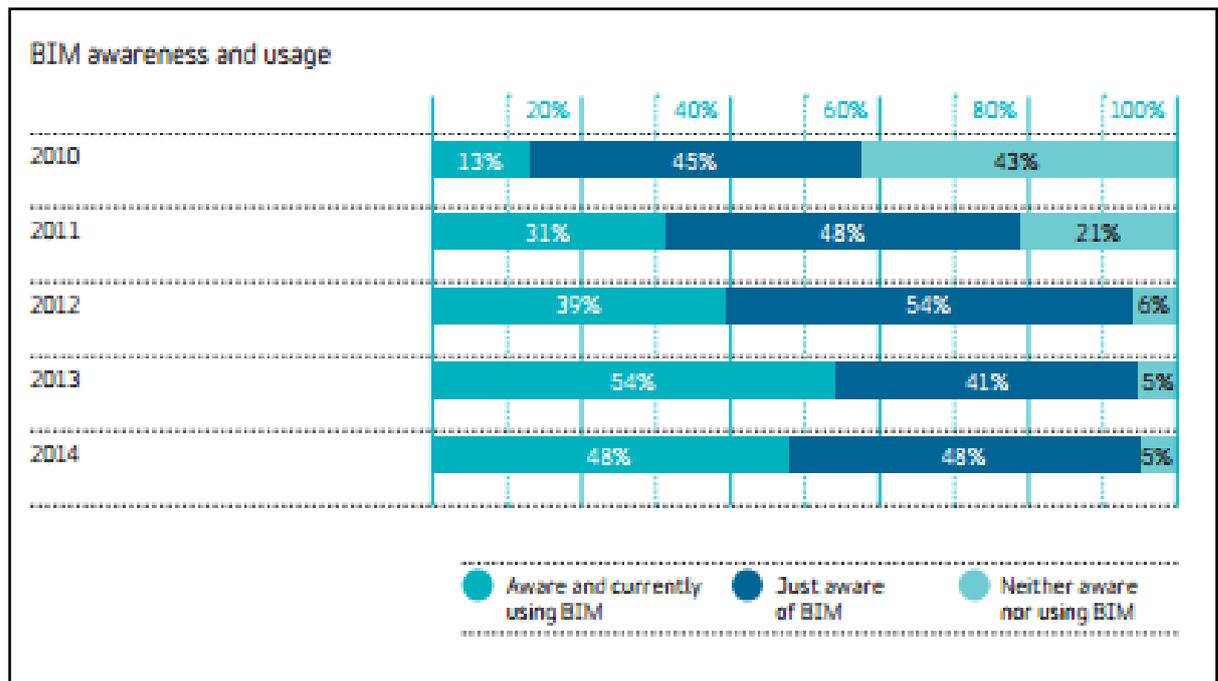


Figura 4 - Consciência e utilização do BIM no Reino Unido, 2010 – 2014.

Fonte: NBS

#### 2.4.2 Nacional

Na esfera nacional, o *SmartMarket Report* apontou um ROI (retorno no investimento) positivo de 85% no BIM, segundo os empreiteiros entrevistados, que citaram os maiores benefícios alcançados com o uso da tecnologia: melhoria da imagem organizacional da empresa, redução nos custos de construção, redução de erros e omissões e melhor controle e previsão de custos.

Apesar da expressão ser menor e mais recente, o BIM já se faz presente em alguns estados, projetos e órgãos de pesquisa no Brasil. No campo normativo, desde 2009, vem sendo estudada a Norma BIM da ABNT, a NBR 15965, que já está em vigor. Atualmente com quatro partes disponíveis para consulta, a Norma busca padronizar o sistema de classificação da informação da construção.

Escritórios de Arquitetura, Engenharia e consultorias nessas áreas já trabalham com a tecnologia BIM no Brasil, no desenvolvimento de empreendimentos. Dentre os órgãos públicos, é válido citar a Petrobrás, que vem tentando exigir o BIM na construção de seus edifícios. Ela obteve sucesso no edital para a construção da Unidade de Operações da Bacia de Santos, que exigiu os projetos executivos de arquitetura, estrutura, instalações prediais e

fundações modelados em BIM (PINI, 2011). A exigência impôs desafios aos contratados, que precisaram se reestruturar com a aquisição de *softwares* e organização física e pessoal da equipe envolvida no projeto.

Em Santa Catarina, foram lançados editais para o desenvolvimento de projetos em BIM em 2014. Os editais contemplavam os projetos de construção do novo Instituto de Cardiologia de Santa Catarina e do anexo do Hospital Regional Hans Dieter Schmidt. A Secretaria de Planejamento do Estado publicou ainda um caderno de especificações para nortear as concorrências de obras licitadas em BIM.

Na esfera governamental brasileira, tem destaque o Plano Brasil Maior com agenda estratégica setorial para a construção civil, cujo objetivo é a intensificação do uso da tecnologia da informação aplicada à construção e a implantação do sistema de classificação da informação da construção. O Acordo de Cooperação Técnica do plano tem como medidas principais a modelagem da biblioteca de componentes da construção civil; a disponibilização dessas bibliotecas em um portal na internet; o apoio à implantação da tecnologia BIM no sistema de obras do Exército Brasileiro; e a divulgação das bibliotecas de componentes BIM.

É importante destacar a presença do governo na disseminação do uso da tecnologia BIM no mercado construtivo dos países. Foi com essa percepção que o Reino Unido lançou sua estratégia para alavancar a indústria da construção, pois sabia que os fornecedores, projetistas e empreiteiros iriam em busca de atualização e especialização no assunto. A possibilidade de não poder concorrer a licitações de obras públicas pela falta do domínio num processo impulsionou os profissionais a irem em busca do conhecimento, trazendo melhorias para toda a cadeia produtiva e para os usuários dos produtos.

## **2.5 BIM e a compatibilização de projetos**

Um dos principais motivos que geraram a necessidade de se compatibilizar os projetos de um empreendimento foi a separação conceitual entre as atividades de projeto e execução. Essa separação leva a erros originados na etapa de projetos, e a compatibilização é uma solução para essa falta de integração, na procura por minimizar conflitos existentes.

O BIM Handbook discute benefícios do uso do BIM na fase de projetos, e a seguir são relatados alguns dos benefícios que apresentam relação com a minimização de erros de projetos e consequente compatibilização.

- **Parametrização e visualização:**

O modelo produzido em software BIM é paramétrico e projetado tridimensionalmente, podendo ser utilizado para visualização do projeto em qualquer etapa do processo. Devido à parametrização, as vistas do projeto, como por exemplo plantas baixas e cortes, são geradas automaticamente a partir do modelo, garantindo a precisão e a consistência de informações e dimensões. Isso reduz o tempo e o número de erros associados a produção de desenhos de construção.

- **Colaboração prévia de múltiplas disciplinas de projeto:**

A tecnologia BIM favorece o trabalho simultâneo por múltiplas disciplinas de projeto. Mesmo que a colaboração por meio de desenhos seja possível, ela é mais difícil e consome mais tempo do que trabalhar com um ou mais modelos 3D coordenados, onde o controle das alterações pode ser melhor administrado. Isso também fornece uma introspecção prévia dos problemas de projeto e apresenta oportunidades para que este seja continuamente melhorado. Isso é mais eficiente em termos de custo do que esperar até que um projeto esteja quase completo para então estudar as possíveis alternativas que venham a melhorá-lo.

- **Reação rápida a modificações de projeto:**

Uma modificação de projeto sugerida pode ser aplicada ao modelo e alterações a outros objetos dentro do projeto serão atualizadas automaticamente, com base nas regras paramétricas estabelecidas. As consequências de uma modificação são refletidas no modelo e em todas as suas vistas. Ainda, modificações de projeto podem ser resolvidas mais rapidamente em um sistema BIM porque essas alterações podem ser compartilhadas, visualizadas, estimadas e solucionadas sem o uso das transações de papel, que consomem muito tempo.

- **Descoberta de erros e omissões de projeto antes da construção:**

Por causa do modelo de construção virtual tridimensional ser a fonte de todos os desenhos em 2D e em 3D, erros de projeto causados por desenhos em 2D inconsistentes são eliminados. Adicionalmente, visto que modelos de todas as disciplinas podem ser colocados juntos e comparados, conflitos e problemas construtivos são identificados antes que sejam detectados no campo. A coordenação entre projetistas e construtores participantes é aumentada e erros e omissões são reduzidos significativamente. Isso

acelera o processo construtivo, reduz custo, minimiza a probabilidade de ocorrência de disputas legais e fornece um processo mais suave para toda a equipe.

O BIM Handbook faz ainda uma comparação com os métodos de compatibilização de projetos mais tradicionais, que não fazem uso do BIM, onde a compatibilização é feita através da superposição de projetos em plantas físicas ou de forma digital, utilizando o CAD 2D. Segundo Eastman et al. (2011), esses métodos manuais são lentos, custosos e possuem bastante inclinação ao erro. Para resolver essas questões, e tornar o processo menos manual, algumas organizações usam aplicações customizadas para detectar automaticamente o conflito de elementos de desenho que tenham sido desenhados em *layers* (camadas, no CAD) diferentes, com base no princípio de que dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço. Existe ainda a detecção de conflitos em 3D, porém essa baseia-se apenas na geometria dos objetos. Dessa forma, se um elemento é vazado, não será detectada a presença de um objeto em seu interior, a não ser que ocorra o choque de superfície de suas volumetrias.

No caso da detecção de conflitos que usa o sistema BIM como base, as ferramentas de detecção de conflito permitem que a análise de interferência seja aliada a parâmetros de semântica e a regras para que sejam identificados apenas *clashes* qualificados e estruturados. Como cada componente do modelo deve estar associado a um sistema, a ferramenta permite ainda que o responsável pela verificação selecione entre quais sistemas quer fazer a análise de interferências, como por exemplo os sistemas mecânico e estrutural. Assim, é possível realizar a detecção de conflitos em diferentes níveis de detalhe e entre qualquer número de sistemas.

### 2.5.1 Tecnologias BIM – Detecção de conflitos

Existem duas tecnologias predominantes na detecção de conflitos com o sistema BIM: dentro do próprio *software* de modelagem BIM, ou através da integração do modelo com um *software* de compatibilização compatível. Opções de *softwares* BIM para compatibilização são o *Navisworks*, o *Solibri* e o *Tekla BIMsight*. A figura 5 exemplifica a detecção de um conflito entre uma viga estrutural e uma esquadria realizada no *Navisworks*. A utilização de um software externo apresenta vantagem pois o grande número de elementos que compõe o modelo pode deixar o arquivo no *software* de modelagem bastante pesado, dificultando o processo. Porém, a desvantagem está em sua característica de sentido único: é feita a identificação do conflito e o local em que ele ocorre, porém não é possível solucionar o problema dentro do *software* de

compatibilização. É necessário retornar ao *software* utilizado para modelagem para solucionar o problema.

É importante ressaltar que os projetistas são responsáveis por verificarem interferências entre as disciplinas ao longo do desenvolvimento de seus modelos. Porém, para complementar essa análise individual e garantir um projeto geral final mais consistente, recomenda-se que seja apontado um responsável pela compatibilização geral dos projetos (AsBEA, 2013). Esse responsável será identificado a seguir como coordenador.

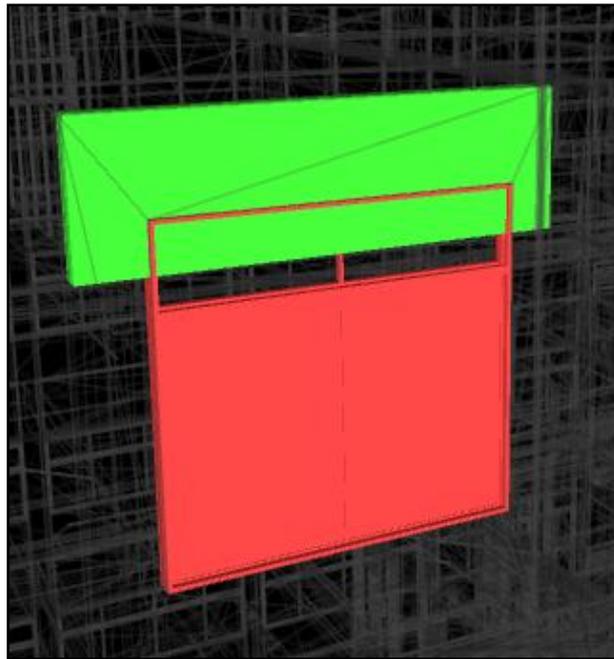


Figura 5 - Detecção de conflito no *software* Navisworks.

Dessa forma, o fluxo da compatibilização de projetos com o uso da tecnologia BIM normalmente ocorre como está esquematizado na figura 6: após a modelagem das disciplinas, o coordenador importa os modelos para o *software* de compatibilização, onde será realizada a análise de interferências. O *software* gera um relatório automático com todos os conflitos detectados. Porém, é muito importante a figura do coordenador para analisar esse relatório e determinar quais *clashes* são realmente interferências de projetos. Feito isso, é produzido um relatório com as interferências encontradas. Neste relatório, é interessante que estejam contidas imagens dos conflitos, a identificação do local onde ele está ocorrendo e das disciplinas envolvidas. O relatório deve ser apresentado em reunião com os projetistas de interesse, onde as soluções para as interferências deverão ser dadas e os responsáveis por solucioná-las, designados. A figura 7 ilustra esse fluxo de atividades.

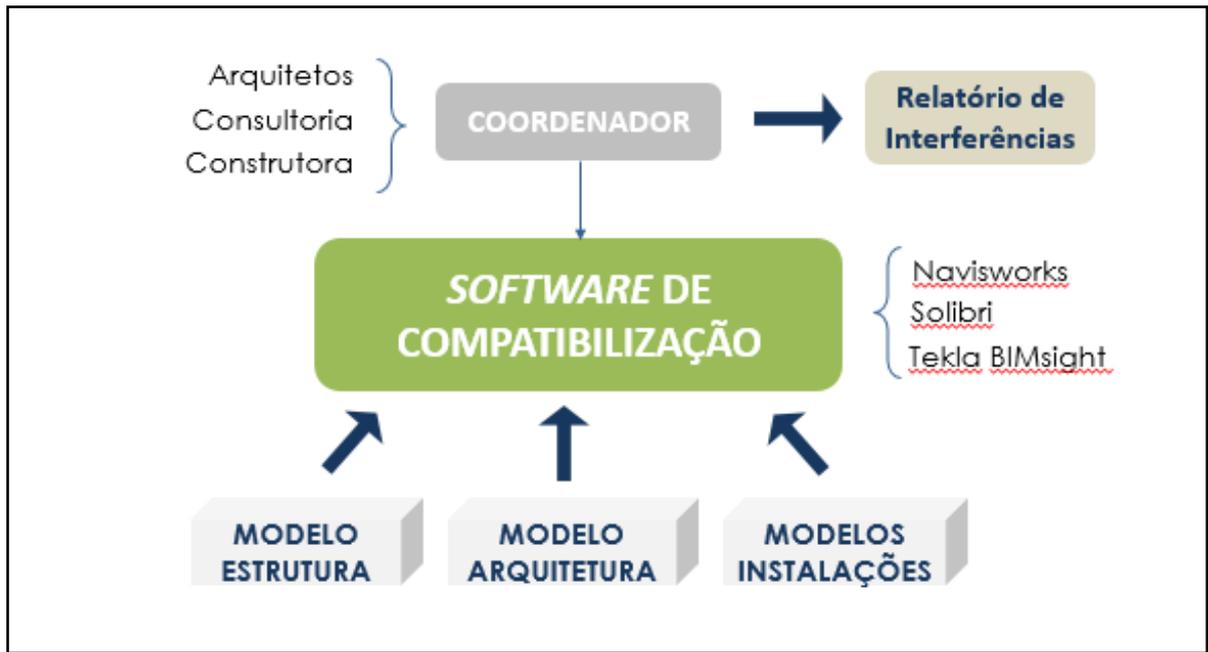


Figura 6 - Fluxo de compatibilização de projetos.

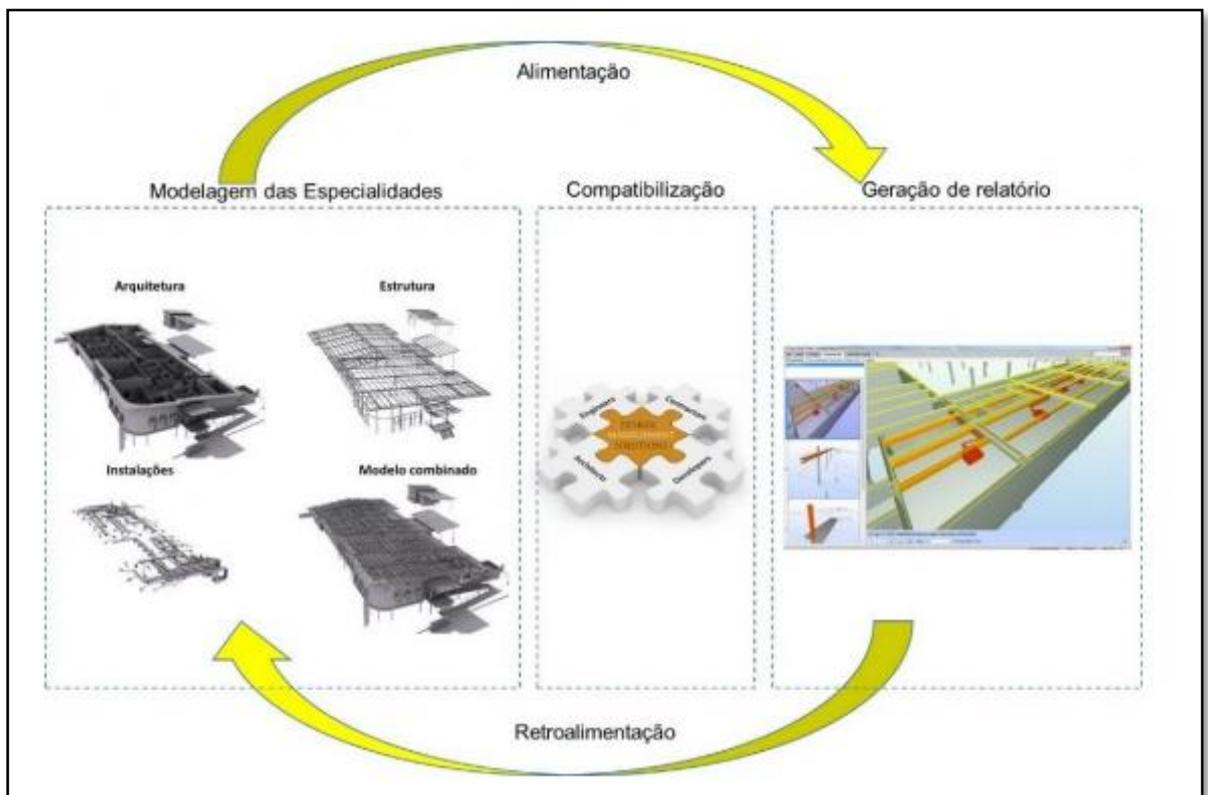


Figura 7 - Fluxo de atividades de compatibilização de projetos - ilustração.

Fonte: Coordenar

A detecção de conflitos é relatada como um dos maiores benefícios do BIM, pois ocasionou considerada redução do retrabalho e economia dos custos de projeto. A comunicação e a retroalimentação são fatores muito importantes para garantir isso, evitando que um projeto seja liberado para execução sem que antes esteja totalmente ajustado com os demais projetos que compõem o empreendimento. A figura 8 faz uma análise interessante do que ocorre com a fase de projetos na prática tradicional em relação a execução dessa fase com a aplicação das técnicas de compatibilização do BIM. A implantação da tecnologia traz o maior esforço para as fases iniciais de projeto, liberando a fase de construção. O gráfico ainda reforça dois conceitos que foram citados ao longo desse estudo: que as fases iniciais do desenvolvimento são as que apresentam maior capacidade de influenciar o custo final da obra, e que o custo de alterações de projeto quando este ainda está em fase de concepção é o mais baixo, crescendo exponencialmente com o desenrolar da obra.

Explicada a tecnologia BIM e as vantagens em se produzir projetos integrados e compatibilizados com o uso da ferramenta, o próximo tópico irá descrever a metodologia e os materiais empregados no desenvolvimento do trabalho.

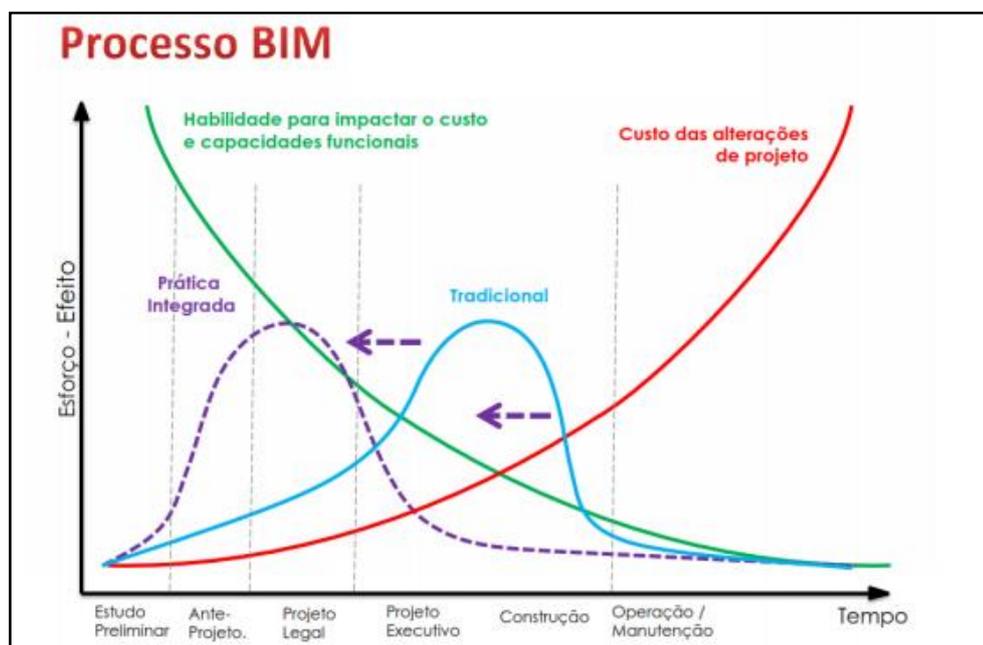


Figura 8 - Análise da implantação do processo BIM num empreendimento.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho consistiu na modelagem BIM de projetos de um edifício em construção, para posterior compatibilização. O empreendimento trata-se do prédio sede do Litpeg – Laboratório Integrado de Tecnologia em Petróleo, Gás e Biocombustíveis, localizado no Campus Recife da Universidade Federal de Pernambuco. Consiste em uma edificação de laboratórios acadêmicos com térreo mais seis pavimentos, e um pavimento técnico onde ficam localizados reservatórios e a casa de máquinas. Ver corte da edificação na figura 9.



Figura 9 - Corte do projeto arquitetônico – Edifício sede do Litpeg

Fonte: Adaptado de ATP ENGENHARIA

O desenvolvimento do trabalho foi dividido em três etapas. Na primeira, buscou-se entender os projetos e determinar definições e parâmetros essenciais para a modelagem. Na segunda, foram desenvolvidos os modelos tridimensionais a partir dos projetos em CAD 2D escolhidos. Na última etapa, os modelos foram reunidos para análise de incompatibilidades do empreendimento.

Os *softwares* BIM escolhidos foram o Revit, para a modelagem, e o Navisworks, para a compatibilização, ambos da Autodesk. A opção foi feita com base na experiência com o manuseio destes *softwares* e na facilidade de acesso a eles, visto que a Autodesk permite a utilização com licença estudantil para atividades acadêmicas.

É importante ressaltar que o intuito dessa pesquisa foi mostrar o poder do BIM na compatibilização, oferecendo auxílio ao coordenador de projetos, se houver, ou diretamente aos

projetistas, e não fazer a compatibilização dos projetos do Litpeg. Dessa forma, nas ocasiões em que houve falta de informação de projeto, como a não especificação de cotas de dutos ou tubulações (o que costuma ocorrer nos projetos de instalações), os elementos foram modelados acima do forro, mas sem a preocupação de procurar desviar da estrutura ou de outras instalações. A intenção foi imitar o que ocorre no processo não integrado de projetar, quando cada especialidade foca apenas em seu projeto, e assim gerar conflitos para exemplificar situações recorrentes em obras, as quais demandam estudo, consultas a projetistas e, muitas vezes, retrabalho.

### 3.1 Parâmetros e definições para a modelagem

Inicialmente, foi definido o LOD dos modelos. Como o objetivo da modelagem era apenas a compatibilização, foi escolhido o LOD 200. Dessa forma, paredes e pisos foram criados sem camadas de revestimento, com a espessura atendendo ao que foi definido nas plantas e cortes de arquitetura.

Antes de iniciar a modelagem, o arquivo foi preparado, com a definição de níveis, importação do arquivo “.dwg” que serviu de base para a modelagem e definição da origem. A definição de níveis é feita de forma simples: a partir das informações contidas no corte de arquitetura, foram criados os níveis dos pavimentos no projeto do Revit, que já oferece a opção de criação de plantas de piso nesses níveis. Ver figura 10.

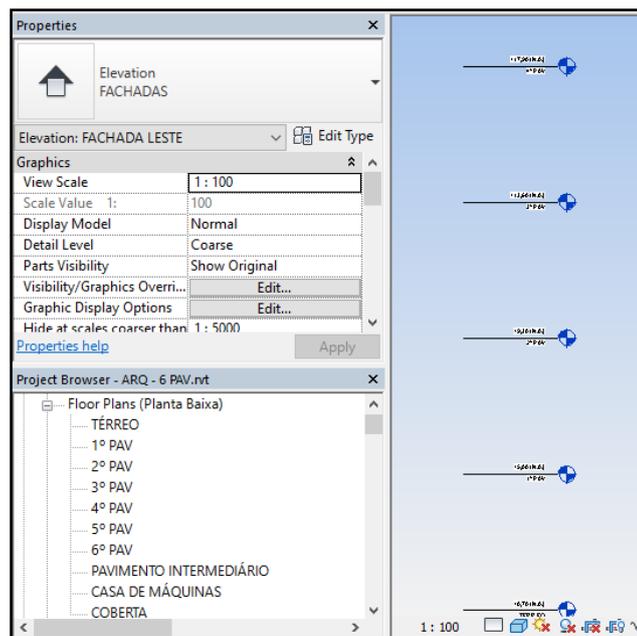


Figura 10 - Níveis e plantas de piso do projeto no Revit.

Em seguida, é possível importar as plantas em “.dwg” diretamente para os pavimentos correspondentes no projeto. Após a importação, foi escolhido um ponto em comum entre os projetos (vértice de um pilar cuja seção se mantém constante ao longo dos pavimentos) para colocar a origem, como mostra a figura 11. Isso foi feito porque o trabalho fez uso de modelos federados, que seriam importados para o Navisworks para a compatibilização. Dessa forma, foi necessário que a origem fosse definida em um mesmo ponto para garantir a superposição correta dos modelos no *software*.

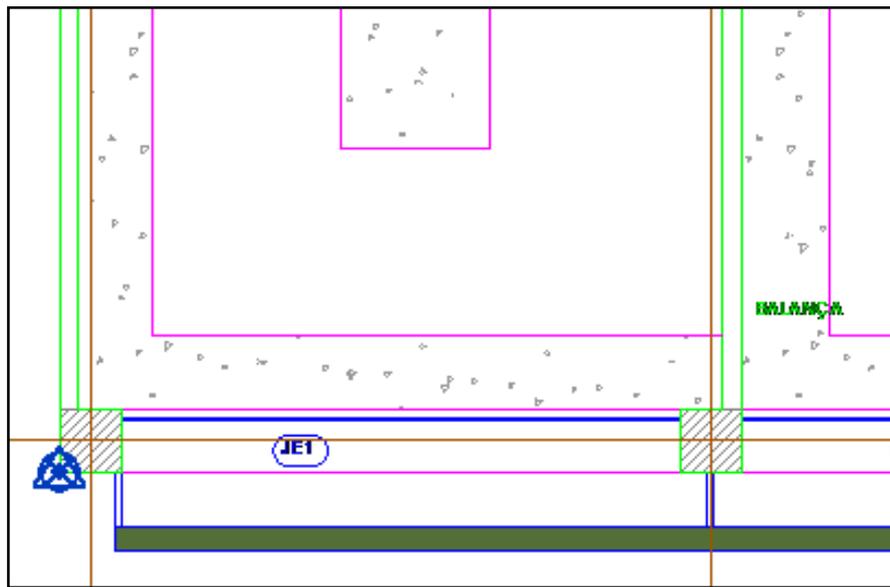


Figura 11 - Definição de origem dos modelos.

## 3.2 Modelagem

A modelagem, para criação dos modelos BIM 3D, foi feita sobre os projetos de arquitetura, estrutura, instalações hidrossanitárias (esgoto, hidráulica e drenos de ar condicionado), climatização e elétrica. A seguir, será apresentada a metodologia de modelagem de cada um desses projetos individualmente.

### 3.2.1 Arquitetura

O primeiro modelo criado foi o de arquitetura. Iniciou-se com a colocação das paredes, que como mencionado anteriormente, não tiveram camadas de revestimento definidas. A parametrização permitiu a definição automática da altura das paredes, ao se determinar suas restrições de base e superior como atreladas aos níveis previamente definidos. Ver figura 12.

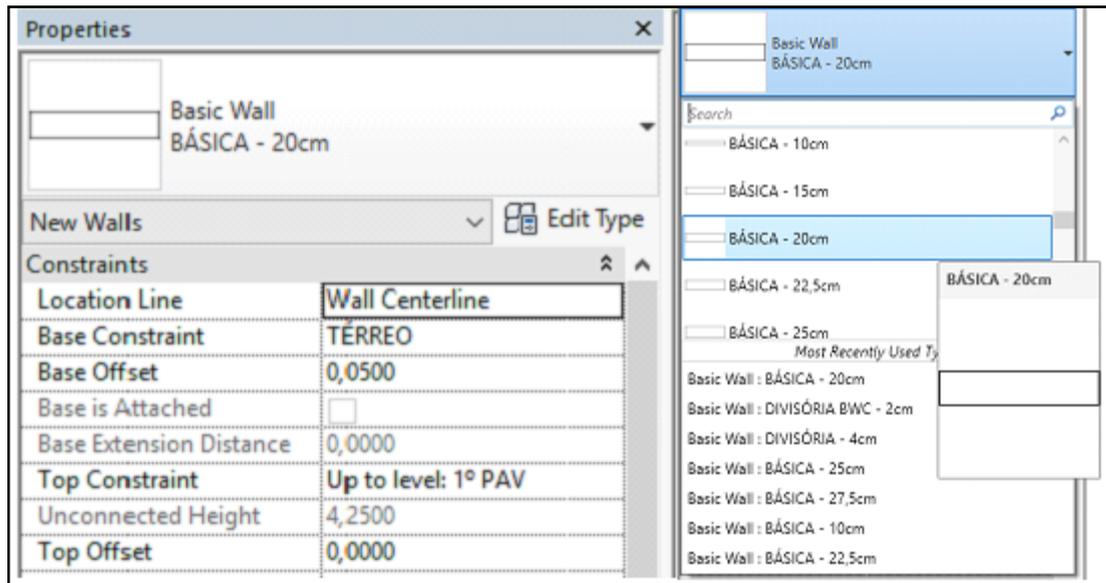


Figura 12 - Modelagem de paredes.

Prosseguiu-se então com a inserção dos pisos. Como seriam colocadas as lajes no projeto de Estrutura, o piso aqui foi colocado com 5cm de espessura, considerado apenas o revestimento. No Revit, são desenhados os limites do piso e determinado o nível em que ele deve ser colocado, levando-se em conta que esse nível é tomado pela face superior do piso. Ver figura 13.

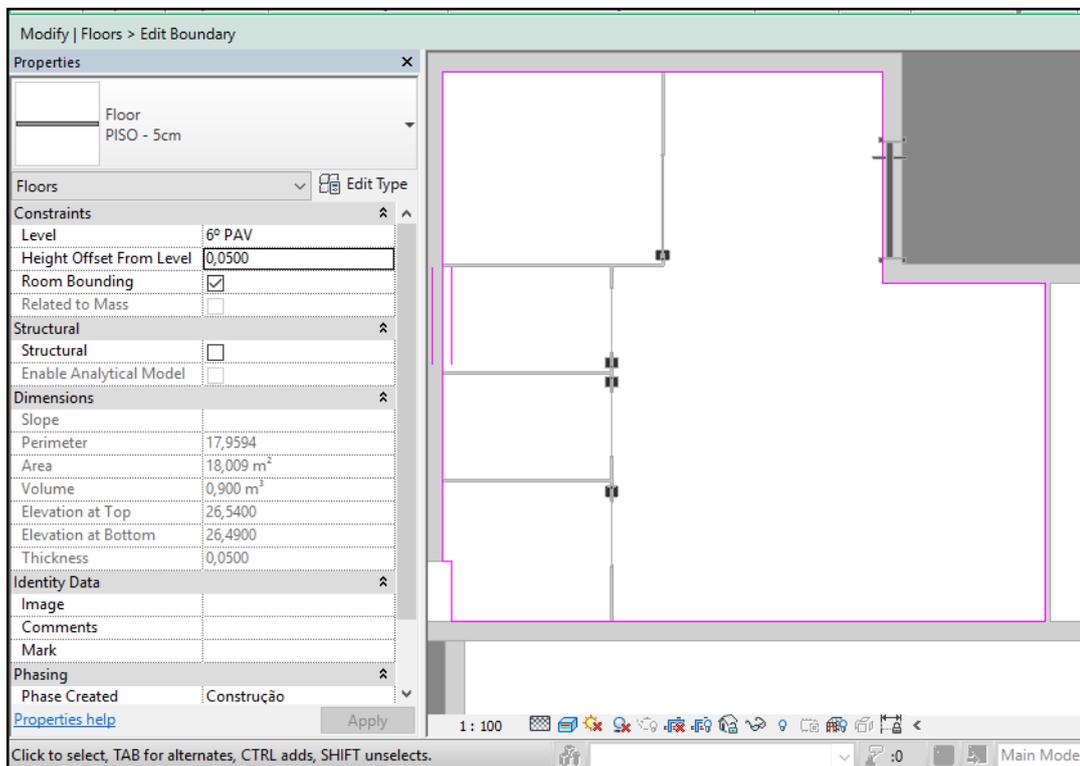


Figura 13 - Modelagem de pisos.

As figuras 14 e 15 mostram duas famílias que foram criadas para o desenvolvimento do modelo, uma de porta e uma de janela, respectivamente. Essas famílias foram desenvolvidas de acordo com o projeto de esquadrias, respeitando-se as dimensões de altura e largura e a altura do peitoril.

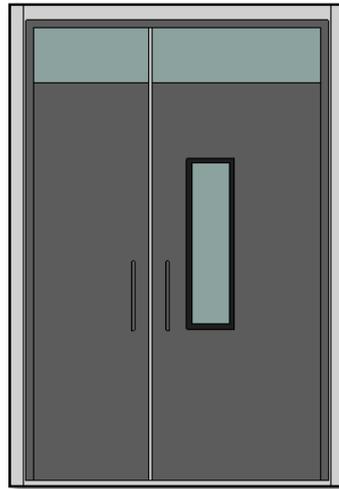


Figura 14 - Família de porta



Figura 15 - Família de janela.

Os forros são modelados de forma semelhante aos pisos, a partir do desenho do limite e determinação do nível, que nesse caso é referenciado pela face inferior do forro. A altura do forro foi tomada pelos cortes, mas, em alguns casos, houve divergência de informação entre dois cortes diferentes sobre a altura do forro em um ambiente. Nessas situações, foi considerada a maior altura.

Os pavimentos foram modelados em arquivos separados, para evitar arquivos muito pesados que dificultassem a execução dos modelos. Ao final da modelagem de todos os pavimentos, foi criado um arquivo novo onde foi feito o *link* de todos os modelos executados, para fins de visualização do modelo geral de arquitetura e de verificação de possíveis erros de modelagem, conforme figura 16.

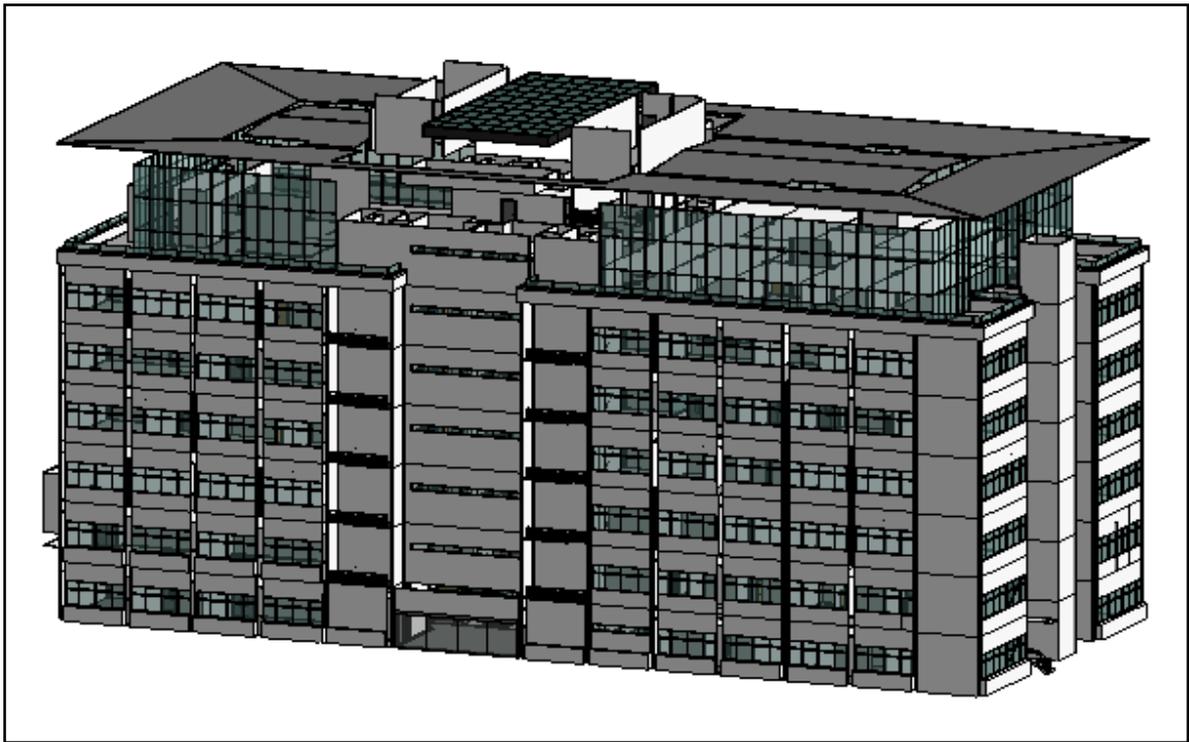


Figura 16 - Modelo de arquitetura.

### 3.2.2 Estrutura

O modelo de estrutura teve início com a modelagem dos blocos de fundação. Na ausência da família específica desses elementos de fundação, e para não extrapolar o cronograma da pesquisa na elaboração de uma, os blocos foram modelados como laje maciça, definindo para a espessura da laje a altura do bloco especificada em projeto. Esse recurso foi possível dado que o intuito do modelo era apenas a compatibilização. Ver figura 17.

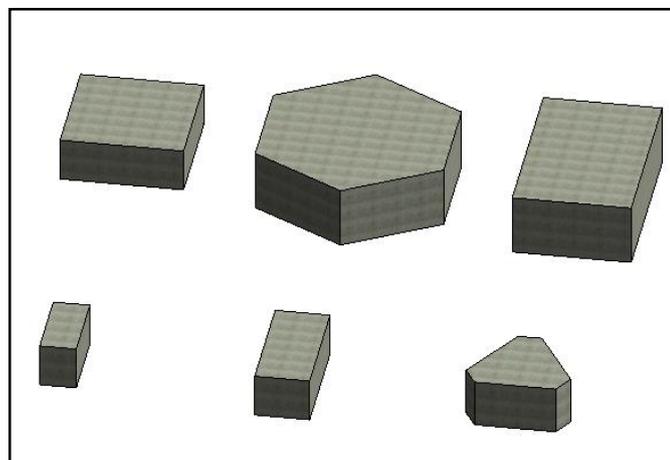


Figura 17 - Blocos de fundação.

Em seguida, cada pavimento foi modelado sobre o projeto em CAD 2D importado para o Revit, primeiro as vigas e depois as lajes. No caso das vigas, o Revit possui família de viga retangular, bastando apenas criar o tipo com as dimensões de projeto. As lajes são modeladas de forma parecida com o piso, a partir da definição do limite e do nível de colocação. Foi utilizada laje maciça no modelo, definindo a espessura como a altura da nervura quando o projeto especificava laje nervurada. Esse artifício foi possível devido ao foco de compatibilização do trabalho, sendo feita a consideração de que não seriam admitidos furos nas nervuras, e que portanto toda e qualquer instalação seria colocada abaixo das nervuras. Ver figura 18, para vigas, e 19, para lajes.

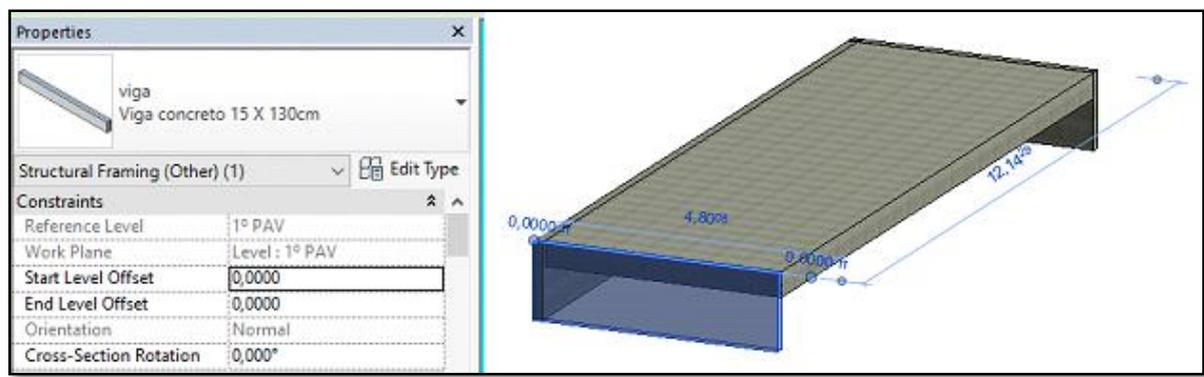


Figura 18 - Vigas.

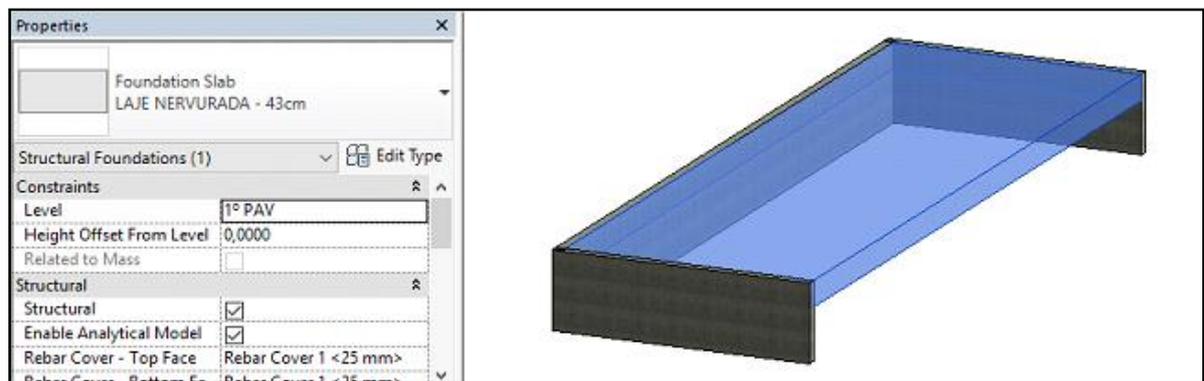


Figura 19 - Lajes.

Optou-se por fazer a modelagem dos pilares ao final, definindo sua altura pela restrição dos níveis inferior e superior que a seção alcançava. Como a destinação do modelo se restringia apenas a compatibilização, não foi preciso modelar os trechos do pilar a cada pavimento. A figura 20 mostra o modelo de estrutura finalizado.

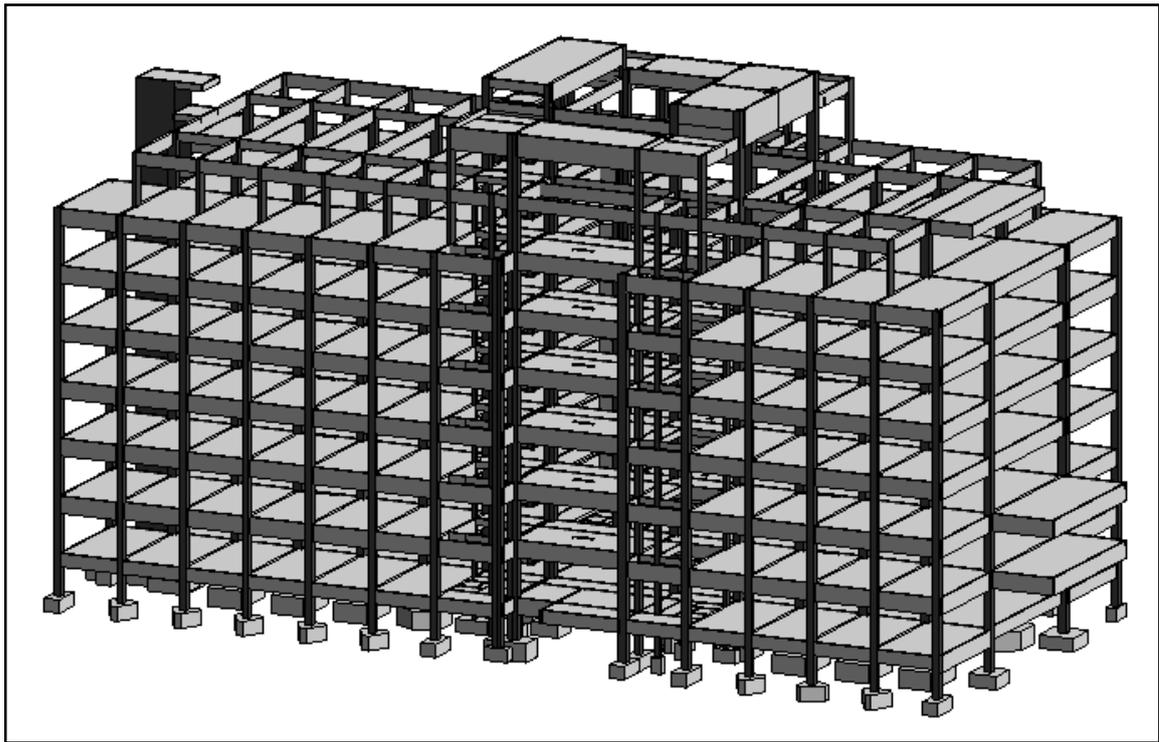


Figura 20 - Modelo de estrutura.

### 3.2.3 Instalações prediais

#### 3.2.3.1 Instalações Hidrossanitárias

Dentre as instalações prediais projetadas para o Litpeg, foram escolhidos alguns projetos para modelar. O primeiro foi o projeto de instalações hidrossanitárias, e a partir dele foram feitos modelos de instalações de esgoto, hidráulica e drenos de ar condicionado. Para essas modelagens, foram utilizadas as famílias de tubos, conexões e peças como ralos e caixas sifonadas disponibilizadas pela Tigre.

Foi feito o *link* dos modelos de estrutura e de arquitetura para os arquivos onde seriam desenvolvidos os modelos de instalações hidrossanitárias, pois a visualização auxilia no posicionamento vertical dos elementos. Isso foi importante pela falta de informação da cota das tubulações no projeto.

O Revit oferece a opção de definir as conexões para as situações de curvas, cruzamentos, uniões e reduções no caminhamento das tubulações. Assim, com a tubulação selecionada, é possível seguir o caminho definido em projeto que as conexões vão sendo criadas automaticamente. Nos

modelos de esgoto e drenos de ar condicionado, foram colocadas as inclinações das tubulações de acordo com o projeto. Nas figuras 21 a 25, tem-se as imagens dos modelos de esgoto, hidráulica e drenos de ar condicionado.



Figura 21 - Modelo de esgoto.

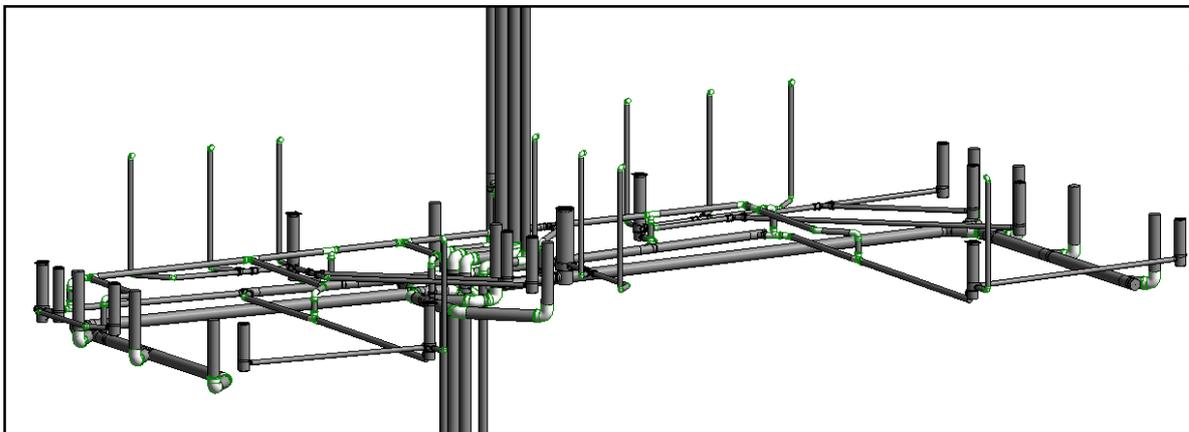


Figura 22 - Modelo de esgoto – Detalhe.

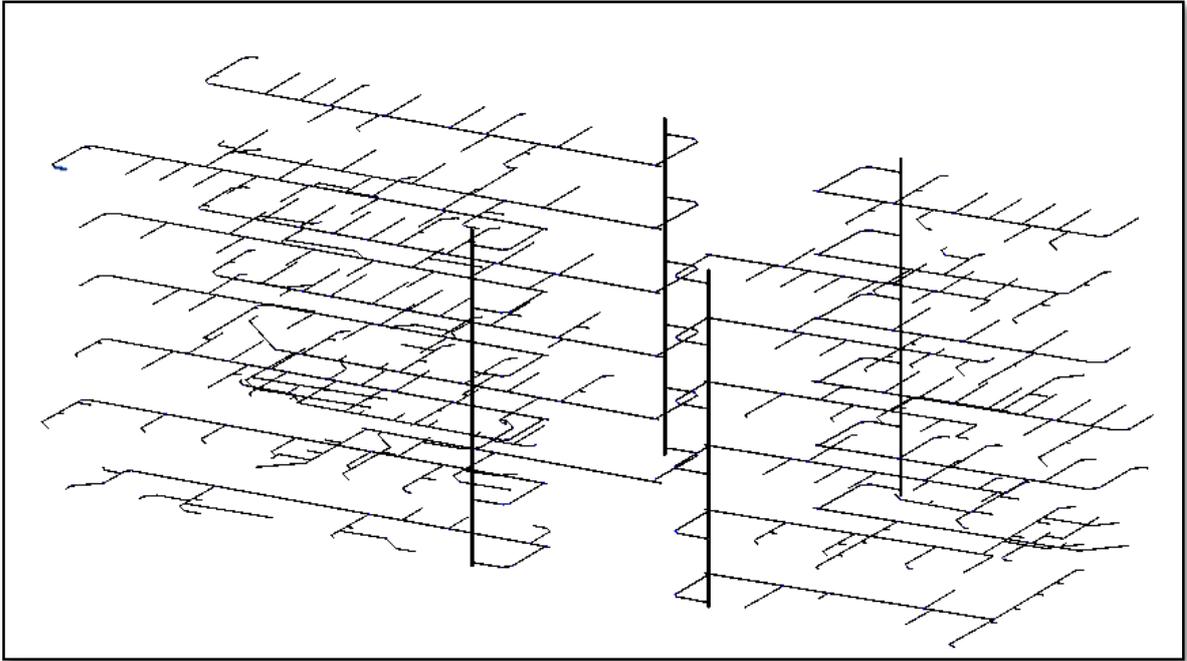


Figura 23 - Modelo de drenos de ar condicionado.

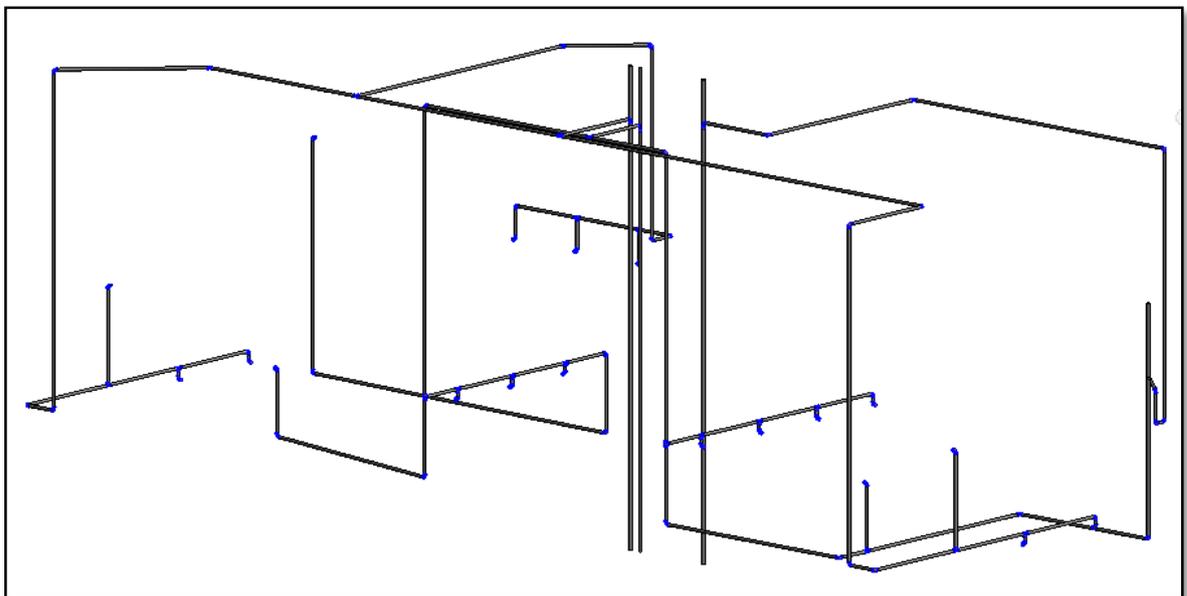


Figura 24 - Modelo de hidráulica – Detalhe.

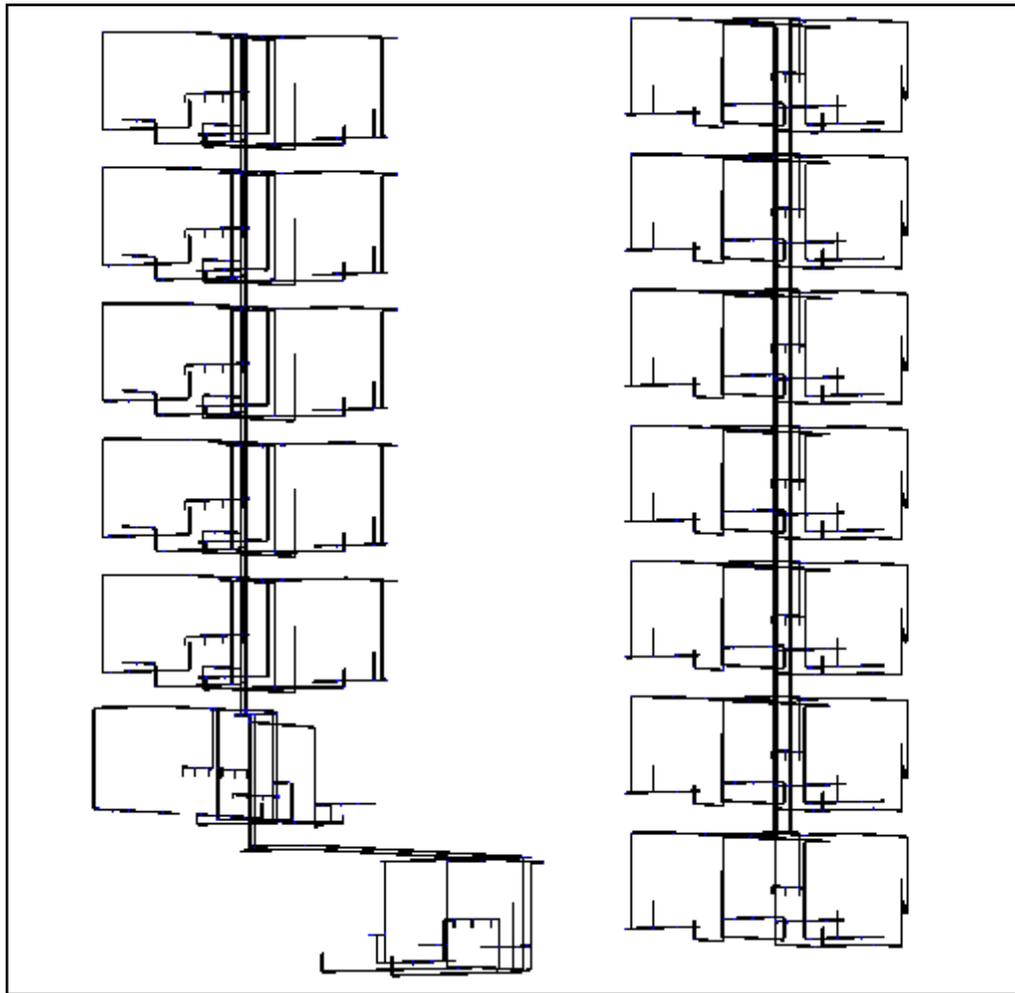


Figura 25- Modelo de hidráulica.

### 3.2.3.2 Instalações de Climatização

Dentre os projetos de climatização, foram modelados os dutos de renovação de ar e de exaustão, em modelos separados. Para isso, foi feito o *link* dos modelos de arquitetura e estrutura. A informação sobre o posicionamento vertical de dutos no projeto estava restrita a um corte junto ao shaft de exaustão, mostrando os dutos que chegam a esse shaft rentes a viga nessa região, dado que foi seguido na modelagem. Os dutos de renovação de ar foram colocados acima, para permanecer no entreferro. As famílias de dutos e conexões estão disponíveis no Revit, que possui o mesmo recurso de colocação automática de conexões mencionado anteriormente para as tubulações dos modelos de instalações hidrossanitárias.

As figuras 26 e 27 mostram os modelos de dutos de renovação de ar e de exaustão de ar, respectivamente.

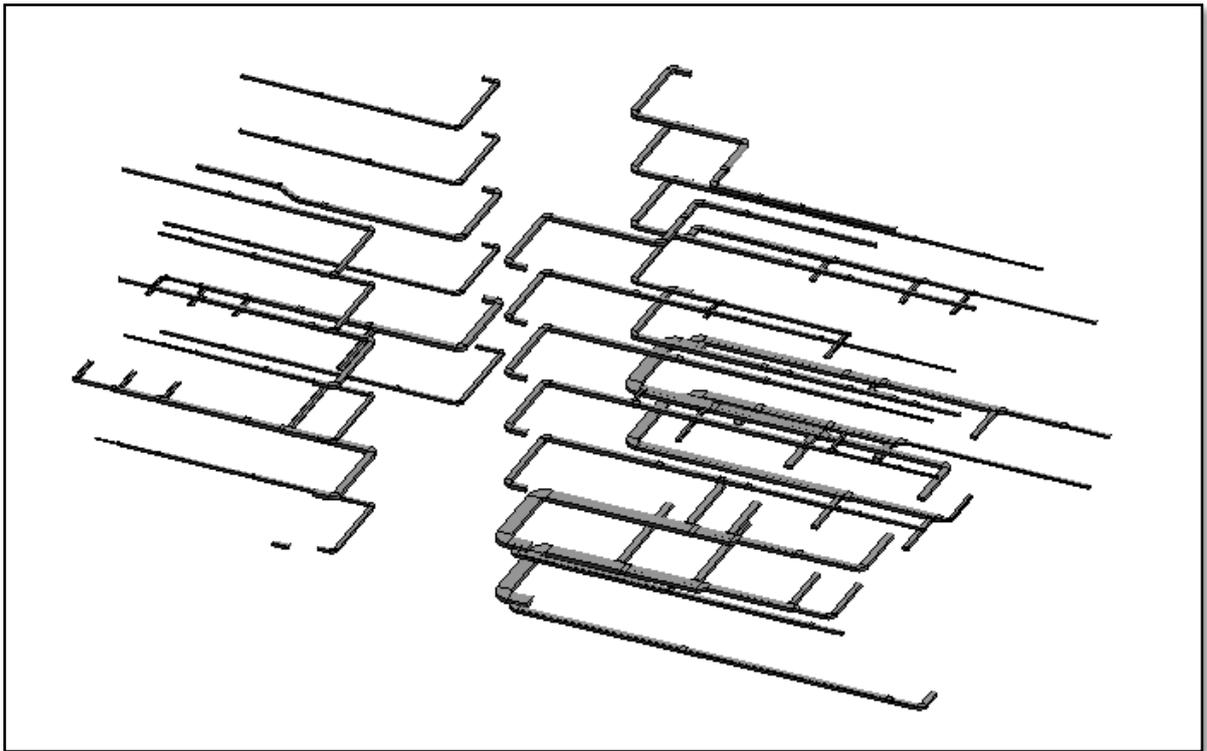


Figura 26 - Modelo climatização: renovação de ar.

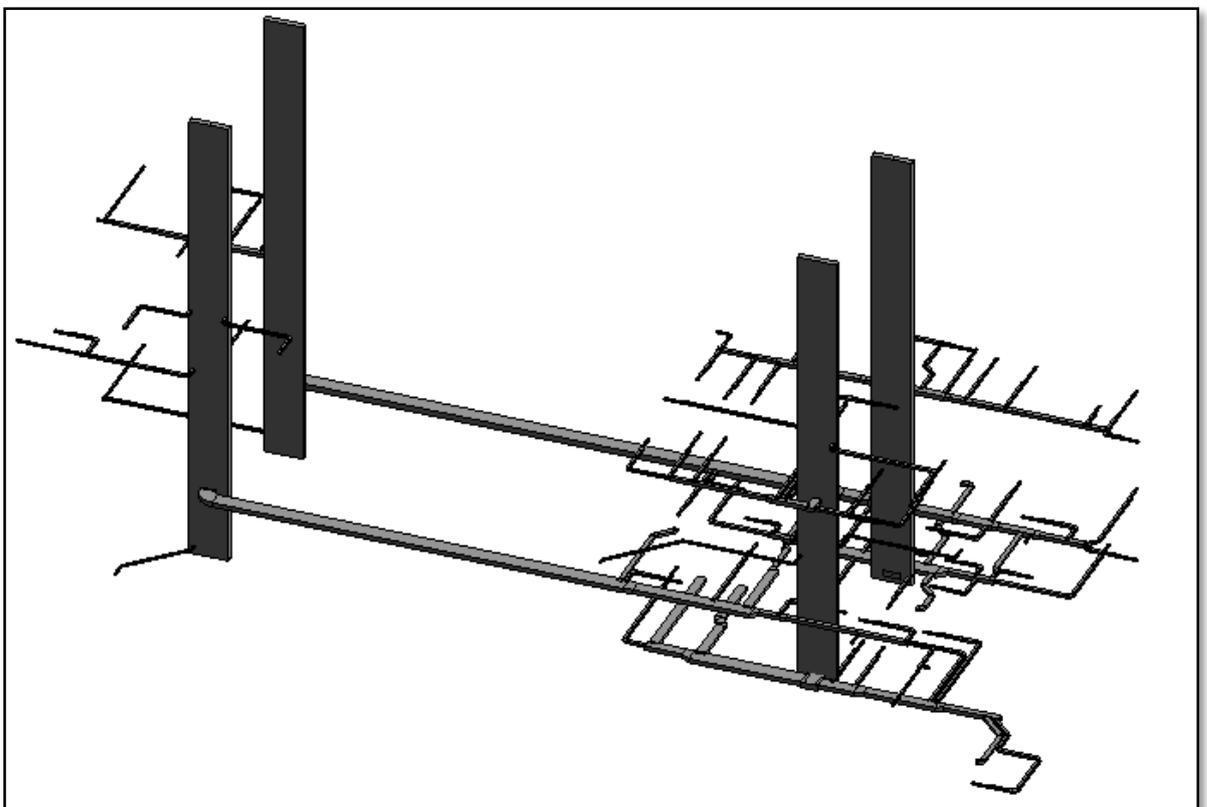


Figura 27 - Modelo climatização: exaustão.

### 3.2.3.3 Instalações Elétricas

O projeto de elétrica está dividido em plantas de tomadas, iluminação e encaminhamento das eletrocalhas. Para os fins do trabalho, foi escolhido o projeto de eletrocalhas para modelagem. Assim como nos outros projetos, não há indicação de cota, pois não havia nenhum corte indicativo da distribuição vertical dos elementos do projeto, o que deu liberdade para o posicionamento dos objetos acima do forro. Ver modelo finalizado na figura 28.

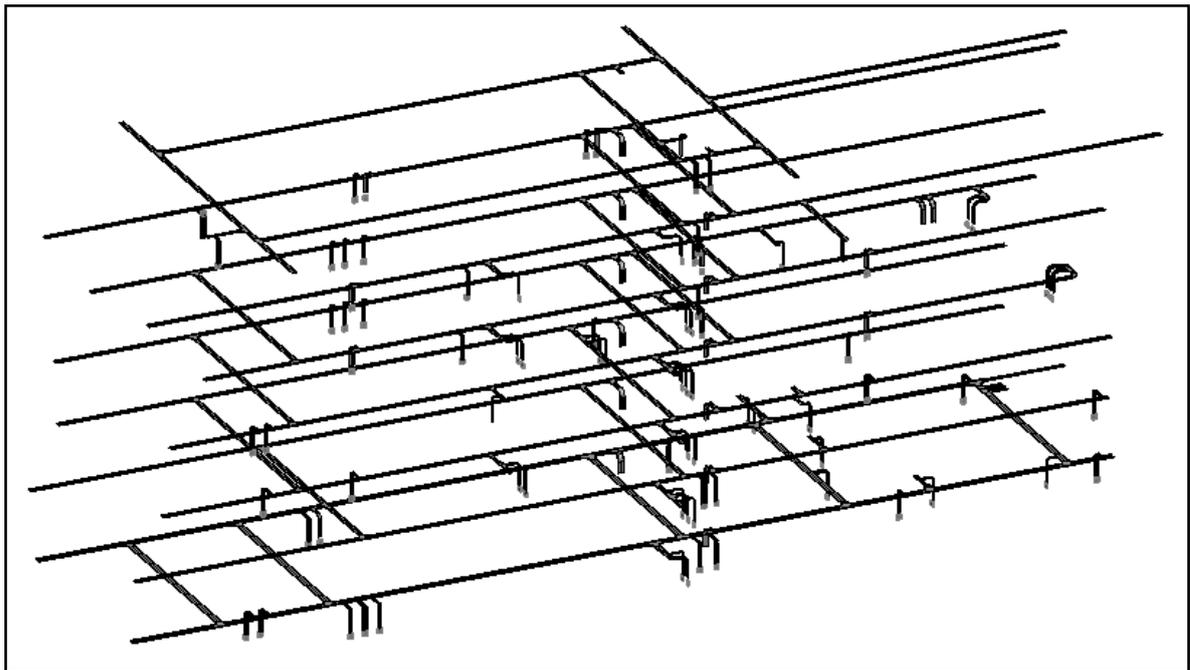


Figura 28 - Modelo de elétrica.

Durante a modelagem dos projetos de instalações, foi interessante a utilização do recurso do *link* de modelos do Revit. Com certeza, para a situação em que o projeto está sendo feito diretamente em BIM, esse método auxilia no posicionamento de elementos em compatibilidade com a arquitetura e estrutura do empreendimento.

### 3.3 Análise de modelos para fins de compatibilização de projetos

Finalizada a etapa de modelagem, os modelos foram importados para o Navisworks. Como a origem havia sido definida num mesmo ponto, a superposição dos modelos no *software* foi perfeita. Para efeito de facilitar a visualização dos modelos, foi definida uma cor para cada um deles, seguindo a proposta da AsBEA / ABRASIP para padronização de cores, conforme a figura 29 extraída do Guia BIM da AsBEA, Fascículo II (2013).

	Sistema	RGB		
Arquitetura		245	205	165
Estrutura de Concreto		166	166	166
Estrutura Metálica		155	50	0
Hidráulica	Água não-Potável	35	79	51
	Água Potável (Fria)	119	187	17
	Água Pressurizada	0	158	73
	Água Quente	238	0	102
	Água Quente Pressurizada	153	33	53
	Água Servida	89	63	61
	Águas Pluviais	4	38	227
	Alimentação Aquecedor	249	130	127
	Alimentação Aquecedor Pressurizado	234	107	191
	Alimentação Predial	127	186	0
	Alimentação Válvulas	186	232	96
	Aspiração Piscina	112	206	226
	Chuveiros Automáticos	255	0	0
	Dreno	0	135	137
	Esgoto	128	64	0
	Extravasão-Aviso	249	229	38
	Extravasão-Reservatório	255	198	30
	Limpeza-Reservatório	216	181	17
	Recalque	33	91	51
	Recalque Água Pluviais	63	0	119
	Recalque Água Servida	181	168	153
	Recalque Esgoto	114	91	38
	Respiro Água Quente	226	61	40
	Retorno Água Gelada	100	0	140
	Retorno Água Quente	237	122	158
	Retorno Piscina	0	188	226
Sucção	94	221	193	
Ventilação	238	85	0	
Gás	Gás Combustível	255	170	0
	Ventilação Gás	249	155	12
Elétrica	Alimentadores	255	155	0
	Iluminação	0	153	0
	Telecomunicações	118	147	60
	Pára-raios	255	63	0
Hidrantes		255	0	0
Sprinkler		205	0	0
Detecção de Incêndio		255	51	0
Segurança		0	105	205
Automação		255	125	125
Drenagem		153	51	136
Ar Condicionado	Dutos de Exaustão	64	128	128
	Dutos de Ventilação	0	127	0
	Dutos de Ar Externo	82	165	0
	Duto de Retorno	128	128	255
	Duto de Ar Pressurizado	240	98	237
	Duto de Insuflamento	255	255	128
	Extração de Fumaça	64	64	192
	Ar Comprimido	237	0	145
	Água Gelada	0	255	205
	Frigorigena	0	255	205

Figura 29 - Padronização de cores para compatibilização.

Fonte: AsBEA / ABRASIP

Além da definição de cores, foi usado o recurso de transparência nos modelos de arquitetura e estrutura, para permitir a visualização das instalações prediais internas à construção. Ver as figuras 30 e 31.

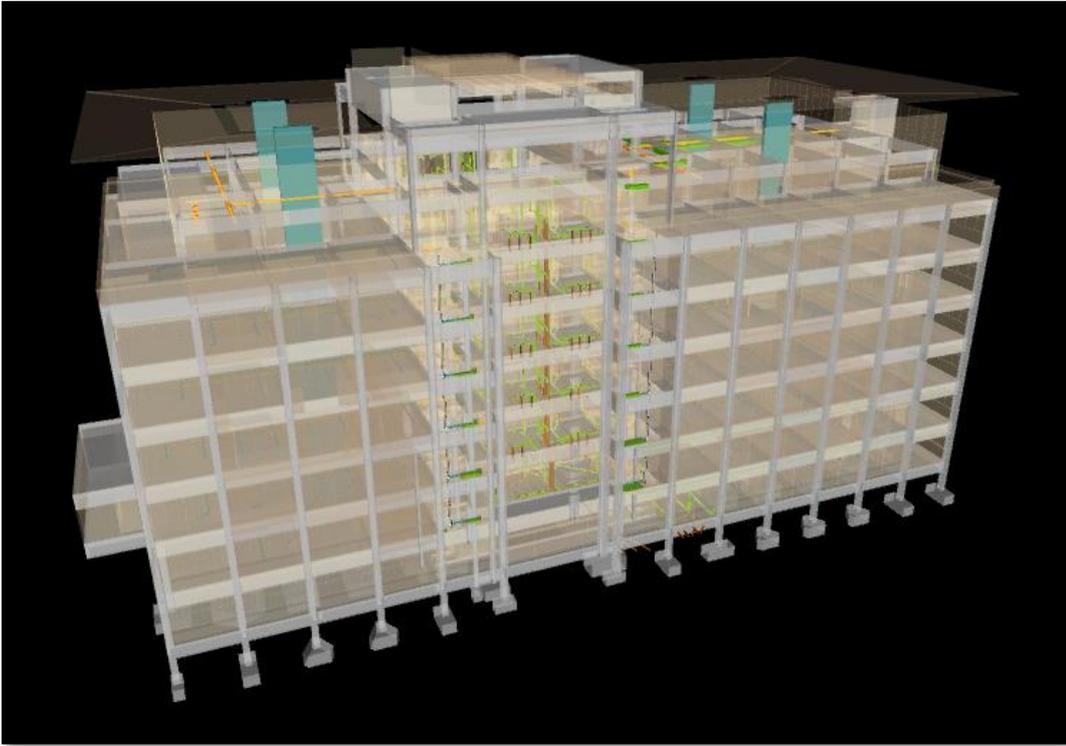


Figura 30 - Modelos importados para o Navisworks.

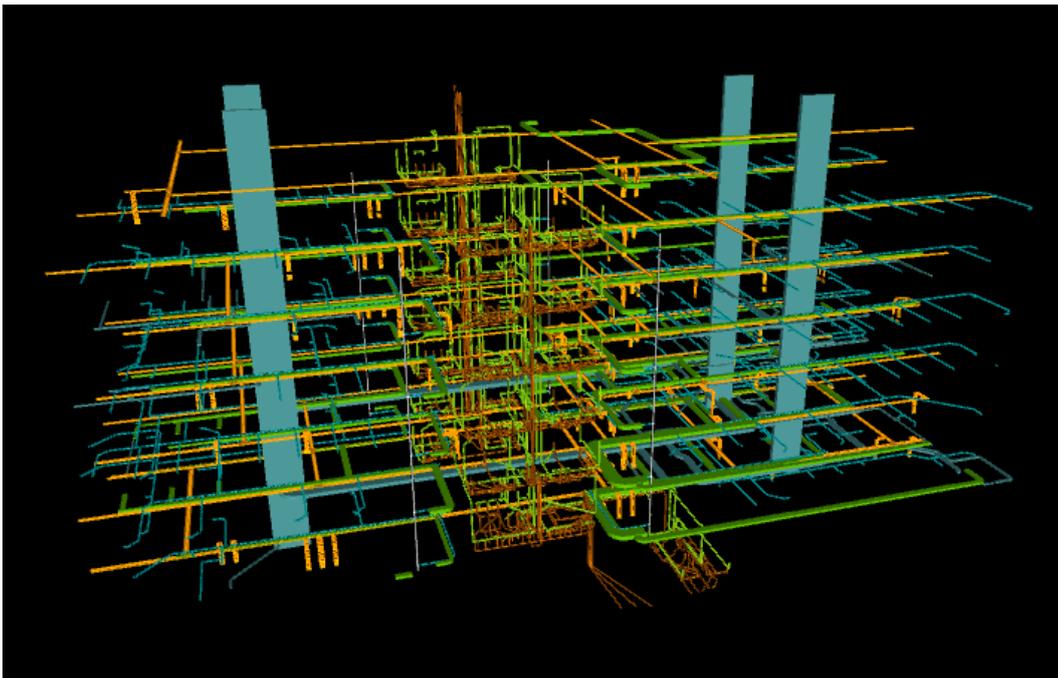


Figura 31 - Modelos importados para o Navisworks – Instalações.

Antes de iniciar o “*clash detection*”, que é a ferramenta do software que executa a detecção de conflitos, foi feita uma análise visual dos modelos integrados, que já permitiu a identificação de alguns conflitos. As imagens apresentadas na figura 32 exemplificam algumas dessas interferências.

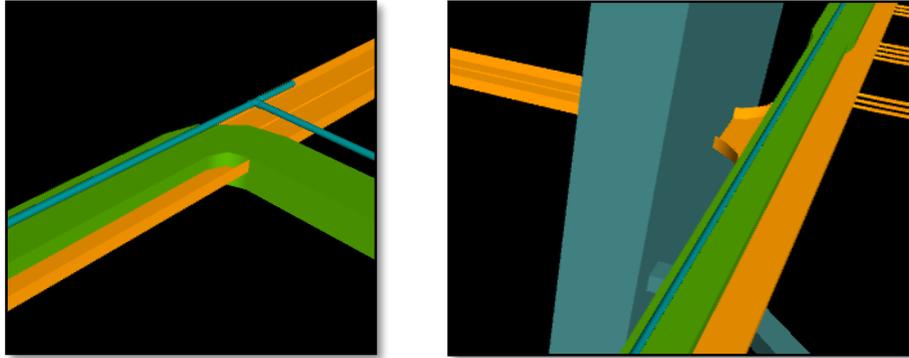


Figura 32 - Detecção de conflitos por análise visual.

Em seguida, foi iniciado o “*clash detection*”. Os testes para detecção de interferência foram feitos sempre entre duas disciplinas, como por exemplo Arquitetura x Estrutura, Climatização x Estrutura e Elétrica x Climatização. Essa divisão facilita o gerenciamento dos conflitos. A tolerância a partir da qual a interferência é considerada um conflito foi definida em 3cm, como pode ser visto na figura 33. No próximo tópico, serão apresentados alguns dos conflitos detectados durante a compatibilização.

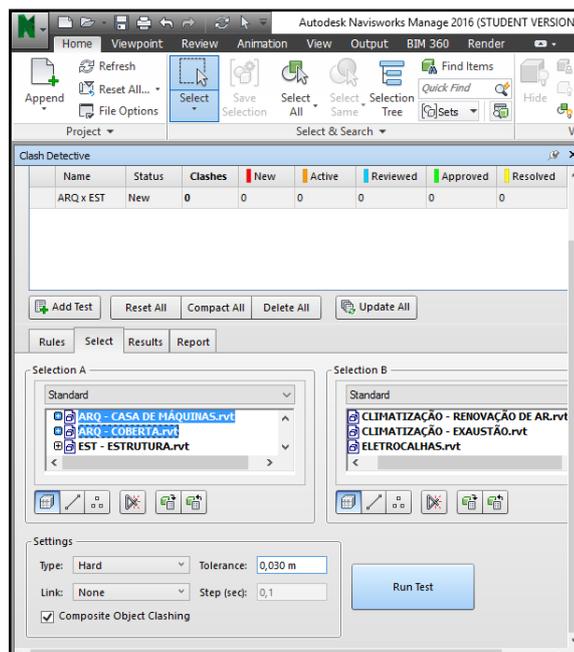
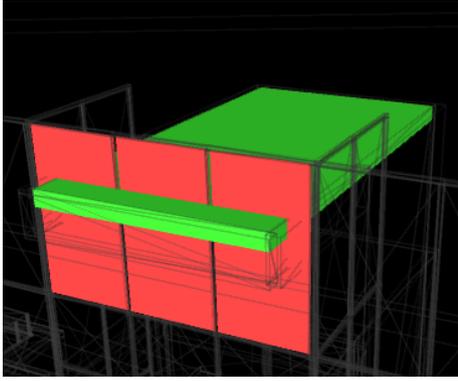
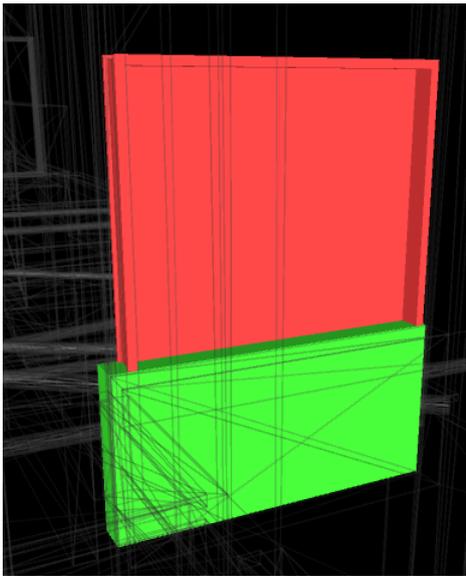


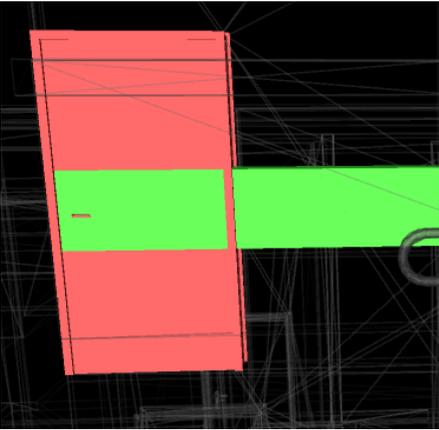
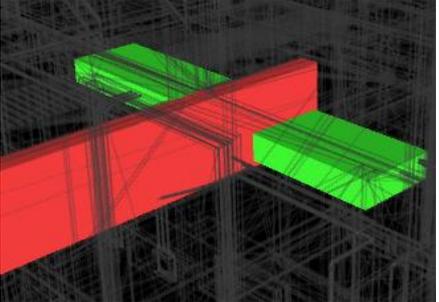
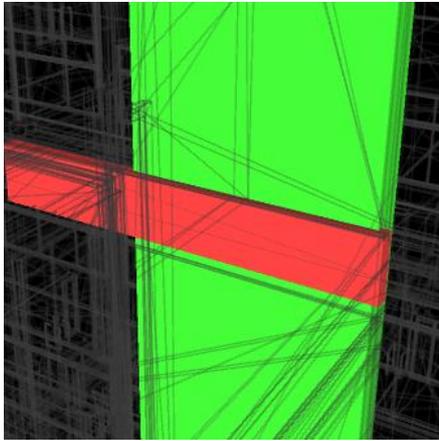
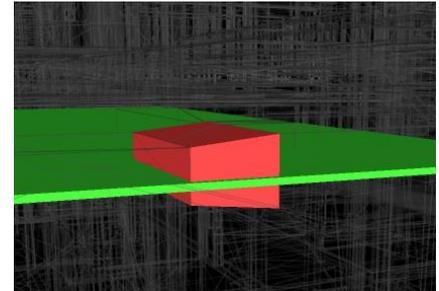
Figura 33 - Início da detecção de conflitos no Navisworks.

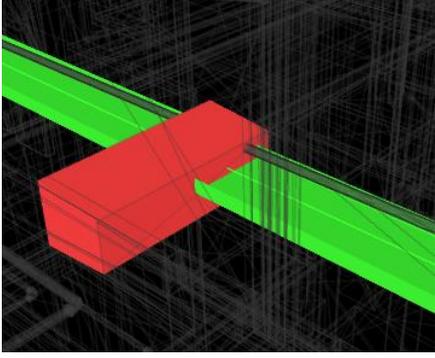
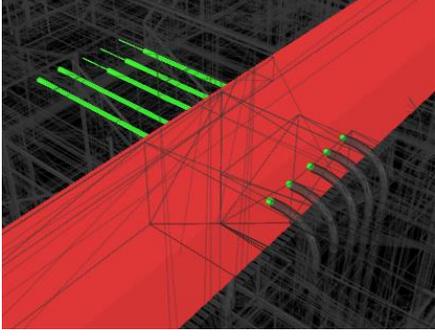
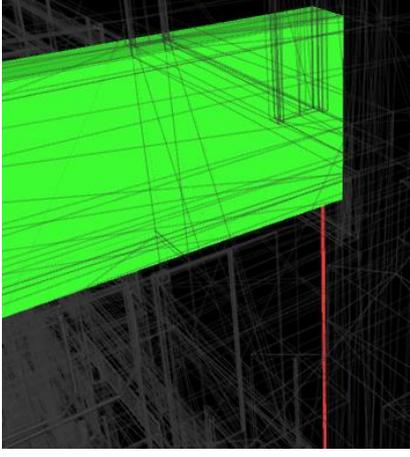
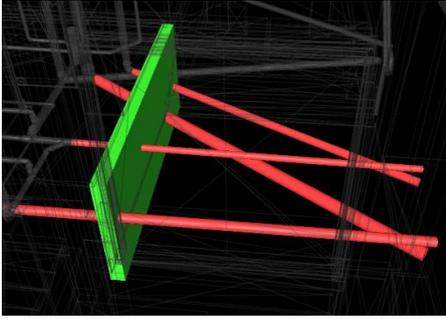
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

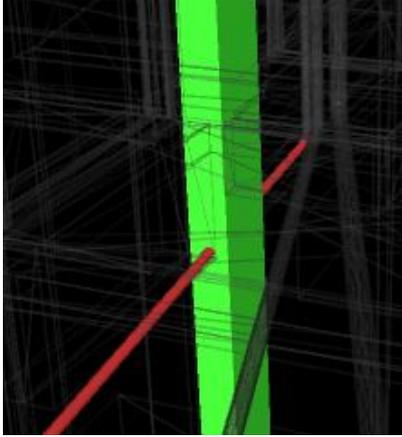
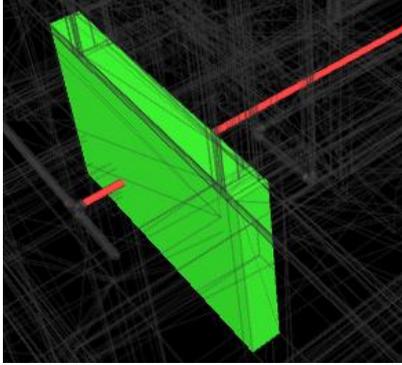
Os projetos foram compatibilizados através da ferramenta de detecção de conflitos do Navisworks, e a análise do relatório gerado pelo *software* permitiu a identificação de interferências entre diversos elementos de projeto. Além dos conflitos detectados automaticamente, não conformidades puderam ser identificadas ainda na etapa de modelagem, devido ao recurso de visualização tridimensional e integração de modelos. Na tabela 2 estão apresentados alguns dos principais conflitos identificados, reportados em estrutura de um simples relatório, com a identificação das disciplinas e dos elementos envolvidos em cada situação, com as imagens geradas pelo Navisworks.

Tabela 2 – Relatório de Interferências.

1		<p><b>ARQUITETURA x ESTRUTURA</b></p> <p>Laje do projeto estrutural em conflito com o pano de vidro da fachada do edifício, na coberta.</p>
2		<p><b>ARQUITETURA x ESTRUTURA</b></p> <p>Viga do projeto estrutural apresenta interferência com porta, no térreo. O projeto estrutural não considerou o desnível da Área Técnica de 55cm em relação ao térreo, indicado no projeto de Arquitetura.</p>

3		<p><b>ARQUITETURA x ESTRUTURA</b></p> <p>Conflito entre viga e porta corta-fogo no acesso aos reservatórios, no nível da Casa de Máquinas.</p>
4		<p><b>ESTRUTURA x CLIMATIZAÇÃO</b></p> <p>Interferência do duto de climatização com viga.</p>
5		<p><b>ESTRUTURA x CLIMATIZAÇÃO</b></p> <p>Interferência transversal de vigas com os dutos de exaustão que sobem pelo shaft do térreo até a coberta.</p>
6		<p><b>CLIMATIZAÇÃO x ARQUITETURA</b></p> <p>Interferência de dutos de climatização com o forro.</p>

7		<p><b>CLIMATIZAÇÃO x ELÉTRICA</b></p> <p>Conflito entre dutos de climatização e eletrocalhas.</p>
8		<p><b>CLIMATIZAÇÃO x ELÉTRICA</b></p> <p>Interferência entre dutos de climatização e eletrodutos.</p>
9		<p><b>HIDRÁULICA x ESTRUTURA</b></p> <p>Conflito entre viga e tubulação de hidráulica.</p>
10		<p><b>ESGOTO x ESTRUTURA</b></p> <p>Conflito entre viga e tubulações de esgoto que vão para as caixas de inspeção.</p>

11		<p style="text-align: center;"><b>ESGOTO x ESTRUTURA</b></p> <p>Conflito entre tubulação de esgoto que vai para a caixa de inspeção e pilar</p>
12		<p style="text-align: center;"><b>DRENOS x ESTRUTURA</b></p> <p>Interferência entre drenos de ar condicionado e viga estrutural</p>

Apesar de nem todos os projetos terem sido modelados, pois o tempo extrapolaria o cronograma de execução desse trabalho, os resultados acima relatados corroboram a intenção da pesquisa em demonstrar a importância da tecnologia BIM para se alcançar compatibilização de projetos. Com os modelos de arquitetura, estrutura, esgoto, hidráulica, drenos de ar condicionado, climatização (renovação de ar e exaustão) e elétrica (caminhamento de eletrocalhas) já foi possível detectar um bom número de interferências, o qual provavelmente aumentaria com o acréscimo de modelos de instalações prediais.

Conforme mencionado no referencial teórico, o processo de projetar de forma segregada, bidimensional, em plantas divididas por pavimentos é um dos principais agentes ocasionadores de não conformidades de projetos. Durante a modelagem, foi possível perceber algumas situações que confirmam isso, como a que está representada nas figuras 34 e 35, extraídas do modelo de esgoto. Nelas, é possível identificar que algumas tubulações no primeiro pavimento apresentam indicação de descida para o térreo, porém a planta do térreo não mostra

essas tubulações sendo recolhidas. Isso é algo fácil de acontecer em projetos feitos em CAD, onde o projeto consiste de um desenho, diferentemente daquele que é executado em BIM.

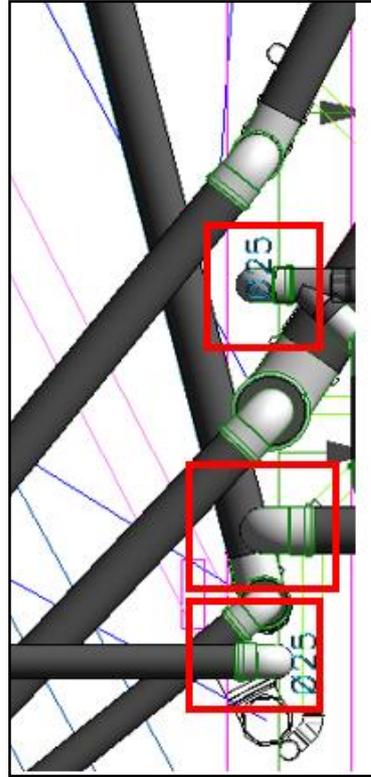


Figura 34 - Modelo de esgoto com planta do térreo visível

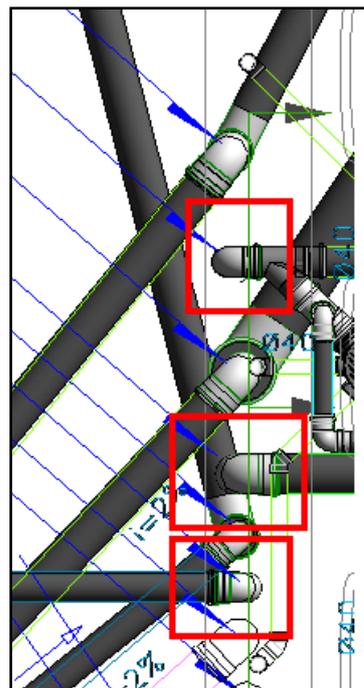


Figura 35 - Modelo de esgoto com planta do 1º pavimento visível

O processo de projetar em modelagem BIM é mais atencioso, e exige mais informações do projetista. Ele precisa alimentar o modelo com essas informações. No exemplo do modelo de climatização, diferentemente do projeto em CAD, as dimensões dos dutos não serão apenas escritas junto às linhas que representam os limites do duto. Elas serão inseridas na instância do duto que será colocado naquela posição, e que assumirá essas dimensões. Ao criar uma vista em corte automática no Revit, passando por esse elemento, será possível verificar sua altura. O mesmo vale para sua cota.

Se o projeto de climatização do Litpeg tivesse sido feito em BIM, seria mais fácil perceber que colocar os dutos rentes às vigas próximas às saídas do shaft de exaustão, como informado no corte do projeto, não seria suficiente para evitar a interferência dos dutos com vigas e com o forro em outras regiões dos pavimentos, como mostram os conflitos 4 e 6 na Tabela 2 – Relatório de interferências. As alturas das vigas e dos forros não são constantes ao longo do percurso que os dutos fazem, bem como a altura desses dutos também variam. Um corte que mostra o comportamento dos dutos em uma região não é suficiente para considerar compatível todo o projeto. É importante analisar todos os pontos do projeto de forma integrada, e não vistas individualizadas deste.

Após tudo o que foi exposto e estudado no trabalho, é evidente que a compatibilização de projetos ocorre de forma melhor e mais eficiente quando os projetos já são realizados em BIM. Para isso, é importante capacitar os profissionais na tecnologia e incentivar a sua implantação nas empresas brasileiras. É de grande importância também que o BIM comece a fazer parte das grades curriculares, para que os estudantes de Engenharia e Arquitetura passem a conhecer o conceito e o potencial da tecnologia.

## 5 CONCLUSÕES

O trabalho se propôs a demonstrar os benefícios da aplicação da tecnologia BIM na esfera de compatibilização dos projetos de um empreendimento. Através da modelagem a partir de projetos feitos em CAD 2D, foi possível analisar as interferências entre os projetos e constatar o importante papel da tecnologia BIM como ferramenta de compatibilização de projetos.

Durante a modelagem, foram encontradas algumas dificuldades por falta de informação no projeto, em sua maioria a falta de informação precisa sobre o posicionamento vertical das instalações prediais. Esse tipo de problema é reduzido com a utilização da tecnologia BIM, pois o programa precisa de determinadas informações, como a cota para colocação dos elementos, para permitir a realização da modelagem.

Foi possível demonstrar, através do estudo, o potencial da tecnologia BIM em trazer melhorias ao campo da construção civil ao alterar o processo de pensar e produzir os projetos de um empreendimento. Além dos projetos compatibilizados, o BIM evita o retrabalho da revisão da documentação de projeto, visto que esta é extraída diretamente do modelo e será atualizada automaticamente após qualquer alteração.

Apesar de pequena, a expressão do BIM no país vem crescendo, impulsionada pela adoção positiva registrada em outros países. Com o aumento da divulgação da tecnologia, por meio de pesquisas acadêmicas, publicações e redes sociais, o número de profissionais e empresas em busca de se capacitar tenderá a aumentar. E a concorrência por licitações públicas que requisitem projetos feitos em BIM, as quais já começaram a despontar pelo país, estimulará mais fortemente a busca pelo aprendizado.

Para futuros trabalhos, deixa-se a sugestão de exploração das outras facetas de aplicação do BIM, como a simulação 4D para o planejamento e a extração de quantitativos diretamente do modelo (5D).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIA AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **AIA Document G202 – 2013: Project Building Information Modeling Protocol Form.** Disponível em <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099086.pdf>> acesso em 20/03/2016.

ASBEA. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM – Fascículo II**, 2013

BATISTA, LIDIANE M.; FERREIRA, SERGIO L. **Avanços no intercâmbio de dados do projeto de instalações do CAD3D ao BIM em experiências representativas.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7, 2015, Recife. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2015.

DURANTE, F. K.; MENDES JR, R.; SCHEER, S.; GARRIDO, M. C.; **Avaliação de aspectos fundamentais para a gestão integrada do processo de projeto e planejamento com uso do BIM.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7, 2015, Recife. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2015.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM HANDBOOK: A guide to building information modeling for owners, managers, architects, engineers, contractors, and fabricators.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

FARINA, H., COELHO, K.M. **Impactos na coordenação de projetos assistida pela modelagem da informação da construção.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7, 2015, Recife. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2015

FERREIRA, R. C. **O uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FIESP. **Atualização do Processo BIM na Construção Brasileira.** Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=142263>> Acesso em: 05/07/2016.

GSA. **3D-4D Building Information Modeling**, 2016. Disponível em <<http://www.gsa.gov/portal/category/21062>> Acesso em: 20/06/2016.

HMGVERNMENT. **Industrial strategy: government and industry in partnership – Building Information Modeling**, Londres, 2012. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/publications/building-information-modelling>> Acesso em: 15/01/2015.

LOWE, R. H.; MUNCEY, J. M. **Consensus DOCS 301 BIM Addendum**, 2009.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MCGRAWHILL. **SmartMarket Report. The business value of BIM for construction in major global markets – How contractors around the world are driving innovation with building information modelling**, 2014.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle.** In: Boletim Técnico PCC, n. 139. São Paulo: EPUSP, 1995.

MELHADO, S. B. et al. **Coordenação de projetos de edificações.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

NBS. **NBS National BIM Report 2015,** 2015. Disponível em: <<https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2015>> Acesso: 27/06/2016.

PINI. **BIM 3D, 4D, 5D e 6D,** 2014. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>> Acesso em: 10/07/2016.