

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**FELIPE ALVES DE MENDONÇA SILVA**

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DA TECNOLOGIA BIM**

**FORMIGA – MG**

**2018**

FELIPE ALVES DE MENDONÇA SILVA

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DA TECNOLOGIA BIM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Mariana Del Hoyo Sornas

FORMIGA – MG

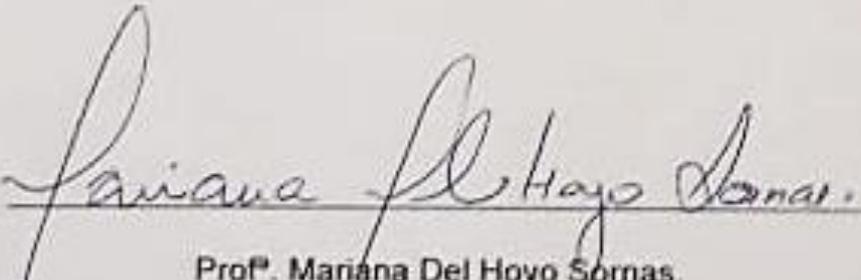
2018

Felipe Alves de Mendonça Silva

## COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DA TECNOLOGIA BIM

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Formiga do UNIFOR - MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

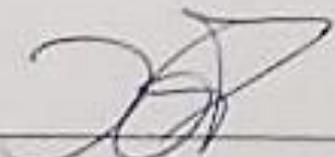
### BANCA EXAMINADORA



---

Profª. Mariana Del Hoyo Sornas.

Orientadora



---

Prof. M. e Henrique Garcia Paulinelli.

UNIFOR-MG



---

Kênio Cassemiro Corrêa

Engenheiro Civil

Formiga, 30 de outubro de 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca UNIFOR-MG

S586 Silva, Felipe Alves de Mendonça.  
Compatibilização de projetos com o uso da tecnologia BIM / Felipe  
Alves de Mendonça Silva. – 2018.  
65 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-  
Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Compatibilização. 2. Projeto. 3. BIM. I. Título.

CDD 690

Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária  
Rosana Guimarães Silva – CRB 6-3064

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ser a fonte de força de vontade para não desistir diante dos desafios encontrados durante o trabalho.

Aos meus pais Dimas e Zélia, por seu apoio incondicional aos meus estudos, mesmo nas dificuldades estando sempre ao meu lado.

À minha família, por ser o norte protetor de todas as minhas realizações.

À minha querida Marina, por possibilitar que este trabalho fosse concluído, oferecendo além do apoio, forneceu o projeto para o estudo de caso.

Ao Mário Sérgio, Célio, Edna e todos os outros colegas da Construtora Resende Vieira, que possibilitaram e influenciaram diretamente na escolha do tema para o estudo.

Aos meus colegas de classe que sempre presentes ao longo do curso fizeram parte para que esta realização pudesse se concretar.

À todos os meus professores que participaram diretamente ou indiretamente para a obtenção de conhecimento para que tudo isso fosse possível.

Em especial à minha orientadora Mariana, que não mediu esforços para corrigir e nortear toda a proposta apresentada neste trabalho.

Agradeço a todos com muita admiração e carinho!

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo demonstrar a compatibilização de projetos de uma residência unifamiliar médio/alto padrão através da plataforma BIM (*Building Information Modeling*). O trabalho se deu por estudo de caso, realizado com um projeto de edificação residencial, não compatibilizado, modelando-o dentro de um *software* BIM em duas disciplinas distintas, arquitetura e estrutura. A partir de projetos previamente elaborados em CAD 2D (*Computer Aided Design*), realizou-se a modelagem 3D e posteriormente a verificação dos conflitos construtivos apresentados entre eles. Durante o processo ficou evidenciado que a compatibilização pode trazer economia evitando retrabalhos e melhorando a qualidade executiva dos projetos em campo. Dessa etapa pode-se concluir que o BIM, aplicado à modelagem 3D para a compatibilização, é vantajoso desde que utilizado por todos os profissionais envolvidos nos desenvolvimento dos projetos. Também concluiu-se que a capacidade de visualização do *software* empregado é um dos principais pontos positivos no processo. Acredita-se que esta pesquisa possa servir como ponto de partida para estudos futuros envolvendo as demais disciplinas de projetos na construção civil.

**Palavras-chave:** Compatibilização. BIM. Modelagem 3D. Projeto

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to demonstrate the compatibility of projects of a single-family dwelling medium / high standard through the BIM (Building Information Modeling) platform. The work was done by a case study, carried out with a project of residential construction, non-compatibilized, modeling it within a software BIM in two distinct disciplines, architecture and structure. From previous designs prepared in CAD 2D (Computer Aided Design), the 3D modeling was carried out and later the verification of the constructive conflicts presented between them. During the process it was evidenced that the compatibilization can bring economy avoiding reworking and improving the executive quality of the projects in the field. From this step it can be concluded that BIM, applied to 3D modeling for compatibilization, is advantageous since it is used by all the professionals involved in the development of the projects. It was also concluded that the visualization capacity of the software used is one of the main positive points in the process. It is believed that this research can serve as a starting point for future studies involving the other disciplines of projects in civil construction.

**Keywords:** Compatibility. BIM. 3D modeling. Project

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Relatório de interferência.....	37
Quadro 2 – Número de incompatibilidades.....	37
Quadro 3 – Incompatibilidades por inspeção visual.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico nível de influência de projeto x avanço das etapas .....	17
Figura 2: Utilização da plataforma BIM na indústria da construção civil.....	20
Figura 3: As 7 dimensões do BIM .....	21
Figura 4: Interface Revit – Componentes parametrizados .....	23
Figura 5: Desenho 3D (A) e fotografia renderizada (B) .....	24
Figura 6: Interface do AutoCAD .....	25
Figura 7: Planta do Pavimento Térreo.....	27
Figura 8: Planta do Pavimento Superior.....	28
Figura 9: Fluxograma seguido para a modelagem 3D .....	31
Figura 10: Perspectiva 1 do modelo estrutural.....	32
Figura 11: Perspectiva 2 do modelo estrutural.....	33
Figura 12: Fachada frontal do modelo arquitetônico .....	34
Figura 13: Perspectiva 1 do modelo arquitetônico .....	34
Figura 14: Perspectiva 2 do modelo arquitetônico .....	35
Figura 15: Perspectiva 3 do modelo arquitetônico .....	35
Figura 16: Verificação de Interferências.....	37
Figura 17: Janela x Pilar.....	39
Figura 18: Janela x Vigas.....	40
Figura 19: Porta x Pilar.....	41
Figura 20: Telhado x Pilar .....	42
Figura 21: Telhado x Viga (20x70) .....	43
Figura 22: Telhado x Viga (20x30) .....	43
Figura 23: Parede externa acabada com 25 cm .....	45
Figura 24: Parede externa projetada com 20 cm .....	46
Figura 25: Laje desconectada das vigas .....	46

Figura 26: Laje desconectada das vigas .....	48
Figura 27: Telhado construído sem a obstrução da estrutura .....	48

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	12
1.1	Objetivo geral .....	13
1.2	Objetivos específicos .....	13
1.3	Justificativa.....	14
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	Projeto.....	15
2.2	Compatibilização de projetos .....	16
2.3	Plataforma BIM .....	18
2.3.1	Dimensões do BIM.....	20
2.4	Autodesk Revit .....	22
2.5	Autodesk AutoCAD .....	24
3.	METODOLOGIA .....	26
3.1	O projeto arquitetônico .....	26
3.2	O projeto estrutural.....	29
3.3	A modelagem 3D .....	29
3.3.1	Dificuldades e limitações encontradas .....	29
3.3.2	Etapas da modelagem 3D.....	30
3.3.3	Os modelos 3D .....	32
3.3.3.1	O modelo estrutural.....	32
3.3.3.2	O modelo arquitetônico .....	33
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	36
4.1	Detecção pelo relatório de interferências.....	36
4.1.1	A compatibilização dos projetos.....	37
4.1.1.1	Janelas X Estrutura .....	39
4.1.1.2	Portas X Estrutura .....	41
4.1.1.3	Telhados X Estrutura.....	42

4.2	Detecção pela inspeção visual.....	44
4.3	Avaliação do método.....	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
5.1	Conclusões .....	50
5.2	Sugestões para trabalhos futuros .....	51
	REFERÊNCIAS.....	52
	ANEXOS .....	55
	Anexo A – Implantação – Adaptado.....	55
	Anexo B – Corte AA – Adaptado.....	56
	Anexo C – Corte BB – Adaptado.....	57
	Anexo D – Corte CC – Adaptado .....	57
	Anexo E – Planta de Cobertura – Adaptado .....	58
	Anexo F – Fachada em perspectiva sem o gradil – Adaptado .....	59
	Anexo G – Fachada em perspectiva com gradil – Adaptado .....	59
	Anexo H – Nota sobre as dimensões das sapatas, pilares e vigas baldrame .....	60
	Anexo I – Locação de pilares – Adaptado.....	61
	Anexo J – Vigas baldrame (cintas) – Adaptado .....	62
	Anexo K – Vigas e lajes do piso do pavimento superior – Adaptado .....	63
	Anexo L – Vigas e lajes da cobertura do pavimento superior – Adaptado .....	64

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos principais setores da economia brasileira, sendo grande responsável pela geração de empregos diretos e indiretos. Nota-se, por outro lado, determinada resistência quanto ao uso de novas tecnologias, informática e sistemas construtivos que destoem dos tradicionais métodos conhecidos pelos profissionais da área.

O aumento da demanda por projetos em prazos cada vez menores e expansão do setor, tornaram os profissionais mais especializados, passando a trabalhar cada um em uma disciplina específica. A complexidade dos projetos, devido a evolução tecnológica e hábitos modernos segmentou as etapas de seu desenvolvimento, de modo que a comunicação e a integração das equipes de projeto ficou prejudicada (MIKALDO JR., 2006 *apud* COSTA, 2013).

A partir daí começaram a surgir problemas de incompatibilidade entre diferentes projetos de uma edificação que, na maioria das vezes, só eram percebidos e solucionados no canteiro de obras, ocasionando gastos não planejados e alongamento no tempo final de execução da obra (COSTA, 2013).

O processo de compatibilização de projetos está em fase de transição de uma metodologia bidimensional para uma tridimensional mais completa, já que esta última é capaz de verificar interferências de forma mais precisa e rápida que os tradicionais desenhos 2D. Utilizando-se de um banco de dados central de modelagem do edifício para todos os projetos, o tempo de projeto é reduzido e os erros são minimizados, além dos desenhos 3D permitirem melhor interpretação.

A construção civil é um setor econômico que apresenta dificuldade em implantar novas tecnologias, ocasionando perdas e retrabalho. A expectativa com os projetos em BIM é que os profissionais tenham um maior controle sobre as obras eliminando as incompatibilidades entre os projetos, pois não será mais necessário esperar-se detectá-las durante a etapa de construção para contatar os profissionais responsáveis para corrigi-las (TEIXEIRA, 2016).

Diferente dos modelos CAD, em que o profissional deve revisar todos os desenhos e alterá-los um a um, demandando mais tempo e maior propensão à erros e omissões, os modelos 3D gerados pelos *softwares* BIM, possibilitam uma melhor experimentação de diversas soluções para um mesmo processo construtivo em menor tempo, aumentando a produtividade e conseqüentemente diminuindo conflitos entre elementos construtivos.

### **1.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem o objetivo geral de demonstrar a compatibilização dos projetos arquitetônico e estrutural de uma residência unifamiliar de dois pavimentos de médio/alto padrão, com o auxílio da plataforma BIM, utilizando o *software* Revit da Autodesk.

### **1.2 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos destacam-se:

- Realizar a compatibilização entre os projetos arquitetônico e estrutural;
- Detectar as incompatibilidades entre os projetos e verificar o impacto causado na etapa executiva da edificação;
- Procurar soluções para as interferências encontradas;
- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os principais tópicos que envolvem a compatibilização de projetos através do uso da plataforma BIM.

### 1.3 Justificativa

A evolução dos processos construtivos passou por diversas mudanças nos últimos anos, destacando-se a sua constante industrialização. Edificações que eram executadas anteriormente, em sua maioria, no próprio canteiro de obras, agora grande parte de seus elementos são pré-fabricados em indústrias especializadas e levados ao local, em tempo determinado, direto para a montagem.

Como consequência os erros de execução num canteiro de obras não são permitidos, pois são praticamente irreversíveis.

Em grande parte dos casos, esses erros vêm da incompatibilidade entre os projetos e para que não aconteçam, é necessário um estudo de compatibilização dos mesmos. Porém o processo de compatibilização é tido por muitas empresas como gasto desnecessário, que aumenta o investimento inicial, pois implica na contratação de profissionais específicos para este fim, embora o custo-benefício compense o valor final da obra.

Por outro lado, para Santos (2013), compatibilizar projetos requer de 1% a 1,5% do custo da obra, entretanto pode gerar uma economia de 5% a 10% devido à redução de tempo, desperdício e principalmente a eliminação de retrabalho.

A partir do exposto, é possível notar que o uso da tecnologia BIM na compatibilização de projetos gera uma economia considerável no custo final da obra. Na tentativa de suprimir as limitações bidimensionais do CAD, a tecnologia tem potencial para agregar todo o processo de projeto, permitindo maior colaboração entre os projetistas, implementando simulações virtuais, abrangendo todo o processo projetual.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta etapa, foram abordados os principais temas relevantes para a elaboração do trabalho, através do embasamento teórico obtido por meio de pesquisa em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso, artigos acadêmicos e dissertações de mestrado.

### 2.1 Projeto

Projeto é um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único, no qual temporário significa que cada projeto tem um começo e um fim bem definidos e único significa que o produto ou serviço produzido é de alguma forma diferente de todos os outros produtos ou serviços semelhantes (PMBOK, 2000).

Os projetos são desenvolvidos em todos os níveis da organização. Eles podem envolver uma única pessoa ou milhares delas. Podem requerer menos do que 100 horas de trabalho ou até 10.000.000 ou mais para se completarem. Os projetos podem envolver uma unidade isolada da organização ou atravessar as fronteiras organizacionais, como ocorre com consórcios e parcerias. Os projetos são frequentemente componentes críticos da estratégia de negócios da organização (PMBOK, 2000).

Segundo Romano (2003), o sucesso de um projeto de construção civil está relacionado ao aspecto **técnico** – conclusão dentro do prazo, orçamento previsto, utilização racional dos materiais disponíveis e performance da mão de obra – quanto ao **organizacional** – conclusão com o mínimo de alterações possíveis no seu escopo, boa aceitação por parte do contratante, execução com bom gerenciamento e planejamento.

Nesse sentido, para Monteiro (2017) o prazo da obra pode ser afetado por vários fatores, dentre eles: clima, topografia, geologia, disponibilidade de materiais, equipamentos e sobretudo problemas causados por incompatibilidade de projetos. Segundo a autora supracitada, deve-se focar na fase de elaboração de projetos para que o grau de organização dos processos seja otimizado e o uso de tecnologias podem auxiliar para que se obtenha maior interação entre os vários projetos existentes na obra.

## 2.2 Compatibilização de projetos

Compatibilização de projetos pode ser compreendida como uma forma de interação dos diversos tipos de projetos da obra com o objetivo de identificar as interferências que possam existir na etapa de execução, para então eliminá-las, a fim de diminuir o retrabalho, tempo e desperdício de material (MONTEIRO, 2017).

A compatibilização de projetos de engenharia tende a crescer na construção civil, pois qualquer tipo de edificação exige projetos como topográfico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, de refrigeração, arquitetônico, entre outros; geralmente feitos separadamente e pode haver conflitos entre eles (SANTOS, 2013).

Nakamura (2011) explica que a compatibilização consiste em sobrepor diferentes projetos de maneira que as interferências entre eles sejam percebidas e assim corrigidas.

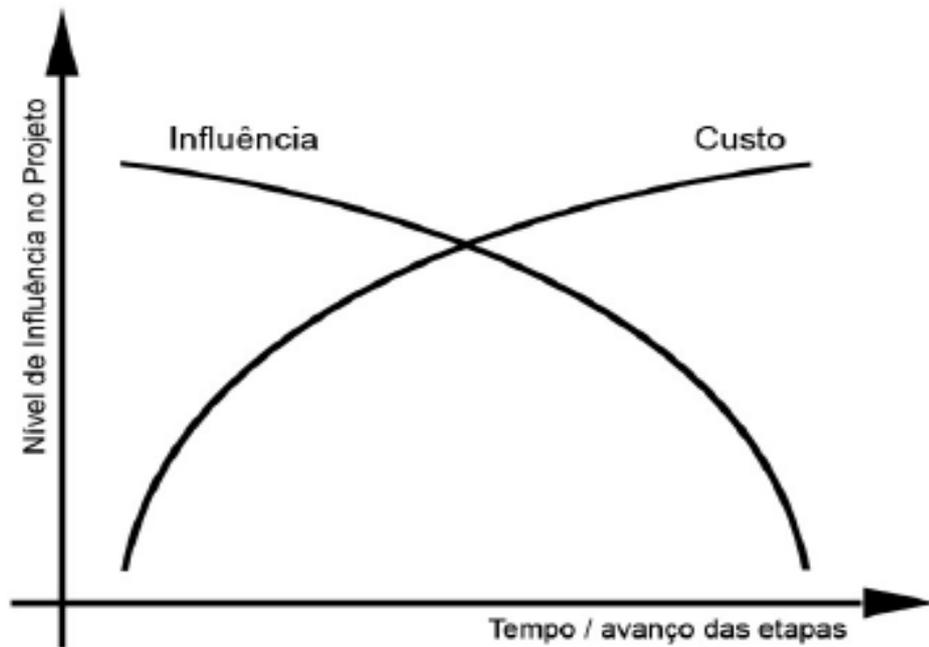
Monteiro (2017) esclarece que a compatibilização pode ser realizada de diversas formas, através da sobreposição de desenhos, manualmente ou com a utilização de desenhos CAD 2D. No entanto a autora ressalta que apesar da prática ser bastante difundida, pode ser muito improvável que se consiga analisar todas as interferências entre os inúmeros projetos da obra com precisão.

É uma atividade que tem como resultado a integração das interfaces entre os projetos do edifício, com o objetivo de resolver com sucesso os problemas históricos da fragmentação dos projetos no setor de edificações e reduzir – ou até eliminar – alguns dos seus principais problemas: as interferências físicas e perdas de funcionalidade, que geram retrabalho no canteiro de obras, decorrentes da incompatibilidade de projetos. (SANTOS, 2013)

Segundo Novaes e Silva (2008) a compatibilização inicia-se na fase de estudos preliminares, segue na fase de anteprojetos e termina na fase de projetos executivos fazendo-se necessária para que as diversas soluções técnicas sejam compatíveis entre si e no conjunto dos projetos. De acordo com os autores citados, após as avaliações propostas nas diversas etapas, pode-se processá-la por meios digitais ou manuais e é facilitado quando inicia-se a partir dos estudos preliminares, o que significa uma maior interação entre os diversos setores que compõem o processo projetual.

Sperandio (2016) ressalta que as decisões tomadas durante as fases iniciais do empreendimento têm maior capacidade de influenciar o custo final do mesmo, é nessa etapa que se concentra boa parte das chances de redução da existência de falhas e conseqüente perda de qualidade do edifício. Ainda segundo o autor, assim como ilustrado no gráfico da figura 1, soluções propostas no início do projeto são mais baratas quando comparadas àquelas apresentadas próximas de seu fim.

Figura 1: Gráfico nível de influência de projeto x avanço das etapas



Fonte: Castro, 2011 *apud* SPERANDIO, 2016

A coordenação de projetos é realizada por profissionais de reconhecido nível técnicos, tanto engenheiros civis quanto arquitetos e a competência do coordenador, para desempenhar esta atividade, vão além da sua formação acadêmica e depende muito da sua experiência profissional (NOVAES; SILVA, 2008).

A compatibilização, segundo Monteiro (2017), apesar de ser uma ferramenta que busque uma execução eficiente e econômica, pode vir a enfrentar desafios devido aos prazos cada vez menores, os quais a competição pelo mercado leva os profissionais envolvidos a deixar esta atividade de lado por ser um processo de análise lento e minucioso.

Por outro lado, uma segunda tecnologia tem se mostrado de suma importância para o trabalho. Monteiro (2017) afirma que o surgimento da tecnologia/conceito BIM (*Building Information Modeling*) pode ser considerado de grande avanço na resolução de diversos problemas na construção civil.

### **2.3 Plataforma BIM**

Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling* – BIM) é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (EASTMAN *et al*, 2014).

Com a tecnologia BIM um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital quando completo o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção (EASTMAN *et al*, 2014).

É um novo processo de projeto que usa vários programas de computador capazes de reunir em um único banco de dados às informações de todos os projetos que compõem a obra, reduzindo o tempo de construção e possibilitando ver como a obra ficará antes mesmo de seu início (PORTAL BRASIL ENGENHARIA, 2016).

De acordo com Andrade e Ruschel (2009) a plataforma BIM diferencia-se do sistema CAD pelo fato de a primeira permitir a representação dos objetos de projeto (paredes, vigas, pilares, fundações, mobiliário, instalações elétricas, instalações hidráulicas, instalações especiais, entre outros) por modelos paramétricos associados à sua geometria, além de ser capaz de adicionar propriedades não geométricas e características a esses objetos.

Andrade e Ruschel (2009) ainda afirmam que aplicativos computacionais que empregam o conceito de modelos paramétricos permitem ao projetista explorar diferentes soluções de projeto de forma rápida e segura, já que novos objetos podem ser criados e reconstituídos sem a necessidade de se apagar ou criar outros objetos. Para os autores a parametrização consiste em integrar as informações entre os vários projetos dentro da plataforma (ou arquivo), pois qualquer alteração realizada em um dos projetos irá ser automaticamente atualizada nos outros.

Para Burgadt, Kindle e Reis (2011) o BIM é capaz de alavancar também o setor de orçamentos, pois fornece os dados para os orçamentistas de maneira automatizada, sendo possível reduzir os prazos para conclusão do levantamento de quantitativos, fazer estudos de várias soluções e analisar o impacto das alterações no custo de um empreendimento rapidamente, o que torna a engenharia de custos algo muito mais qualitativo que quantitativo.

Além disso segundo Burgadt, Kindle e Reis (2011) o BIM proporciona aos fornecedores o desafio do lançamento de um diferencial competitivo: a criação de bibliotecas de componentes e produtos em modelagem 3D. Para os autores com os modelos paramétricos, os catálogos de materiais podem abranger não apenas especificações técnicas e características dos materiais, como também informações relativas às normas técnicas, desempenho, manual de instruções, entre outros; tudo em uma base virtual eletrônica compatível com os mais diferentes programas utilizados para construção.

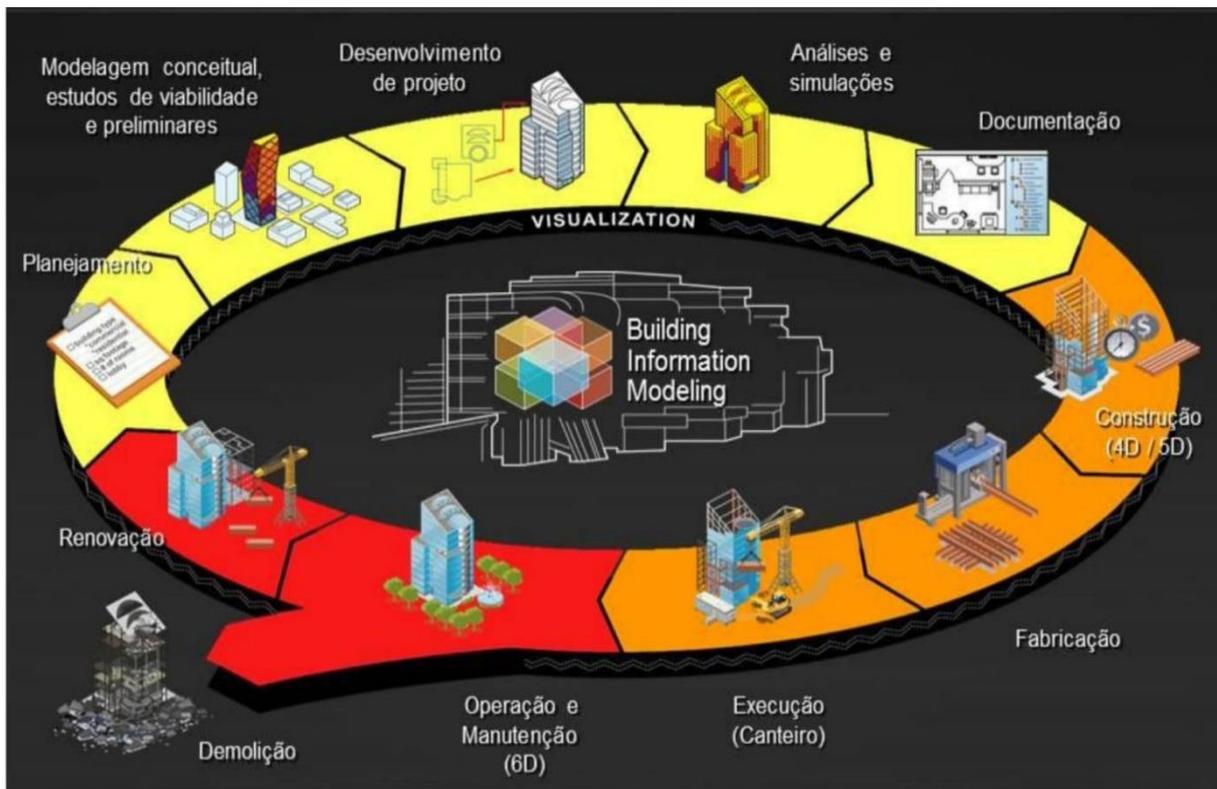
A tecnologia está presente em toda a cadeia produtiva da construção civil. É uma das principais aliadas das incorporadoras no planejamento, eficiência, produtividade e transparência dos processos de gestão, da execução das obras e apresentação dos produtos ao mercado. Por tudo isso, representa um diferencial competitivo relevante. E a grande novidade, que deve ser absorvida no curto prazo pelas empresas do setor, é o BIM (*Building Information Modeling*) (SANTA, 2018).

Justi (2008) relatou exemplos numéricos das necessidades que forçaram a criação dessa tecnologia, são eles:

- Ineficiências, enganos e atrasos chegam a U\$200 bilhões dos \$650 bilhões gastos em construção nos EUA todo ano (New wiring, The Economist, January 13th, 2000);
- O processo de construção é por si mesmo repetitivo na sua essência de projeto para projeto; pesquisas atestam que até 80% das tarefas numa construção são repetitivas (Justi 2008).

Segundo Monteiro (2017) após se instalar no Brasil o BIM ficou conhecido apenas pela compatibilização de projetos, mas esta ferramenta não se resume apenas nisso, podendo estar presente desde o levantamento topográfico até a pós entrega como mostrado na figura 2.

Figura 2: Utilização da plataforma BIM na indústria da construção civil



Fonte: Mello (2012) *apud* Monteiro (2017)

### 2.3.1 Dimensões do BIM

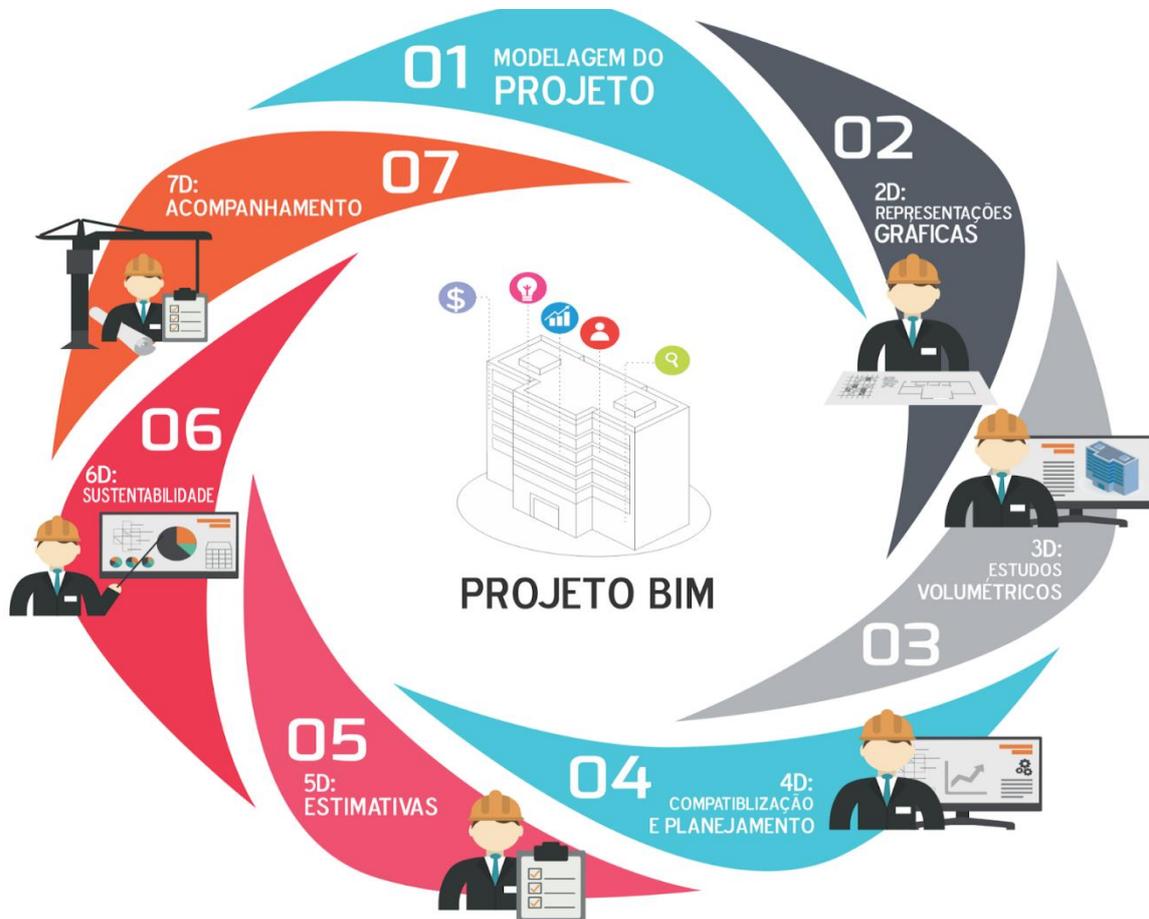
A adoção de sistemas BIM aponta para a necessidade de revisão do processo de projeto e sua gestão na construção civil, pois a colaboração entre os membros das equipes projetistas, passa a girar em torno de um modelo baseado nas informações necessárias para o planejamento e construção de um edifício. (NOVAES; COELHO, 2008)

De acordo com Hamed (2015) as dimensões do BIM podem ir desde o 3D até o 7D, que são:

BIM 3D – Gira em torno de um modelo de dados integrados na mesma plataforma em três dimensões, que permitem a visualizar em tempo real as modificações feitas em uma parte do projeto. Os principais benefícios são: a melhoria da visualização do projeto, facilidade de início da compatibilização multidisciplinar e a redução do retrabalho.

A figura 3, ilustra como as dimensões progridem no processo projetual.

Figura 3: As 7 dimensões do BIM



Fonte: Leite (2016)

BIM 4D – É acrescido ao 3D as atividades relacionadas ao planejamento cronograma. A quarta dimensão permite aos envolvidos no projeto extrair informações sobre o progresso das atividades por meio do ciclo de vida do projeto. Os principais benefícios são: desenvolvimento da compatibilização, otimização do planejamento, coordenação de equipes de construção.

BIM 5D – É acrescentado o orçamento da obra e das atividades relacionadas ao modelo. A quinta dimensão associada com o 3D e o 4D permite aos envolvidos visualizar o andamento das atividades. Também é possível gerar cenários e simulações, para análise de várias soluções para uma mesma obra, uma vez que as alterações feitas no 3D serão atualizadas no orçamento. Benefícios: desenvolvimento de construções mais eficientes e rentáveis, menor retrabalho na obra e, portanto maior sustentabilidade.

BIM 6D – Nesta dimensão é feita a análise de energia e consumo, estando relacionada à sustentabilidade. A sexta dimensão pode resultar em estimativas de energia mais precisas, permitindo a escolha de instalações de alto desempenho. É nesta etapa que pode-se associar o BIM com o *Green Building*, chamado por alguns autores de *Green BIM*. Benefícios: redução no consumo geral de energia na edificação desde a construção até o uso.

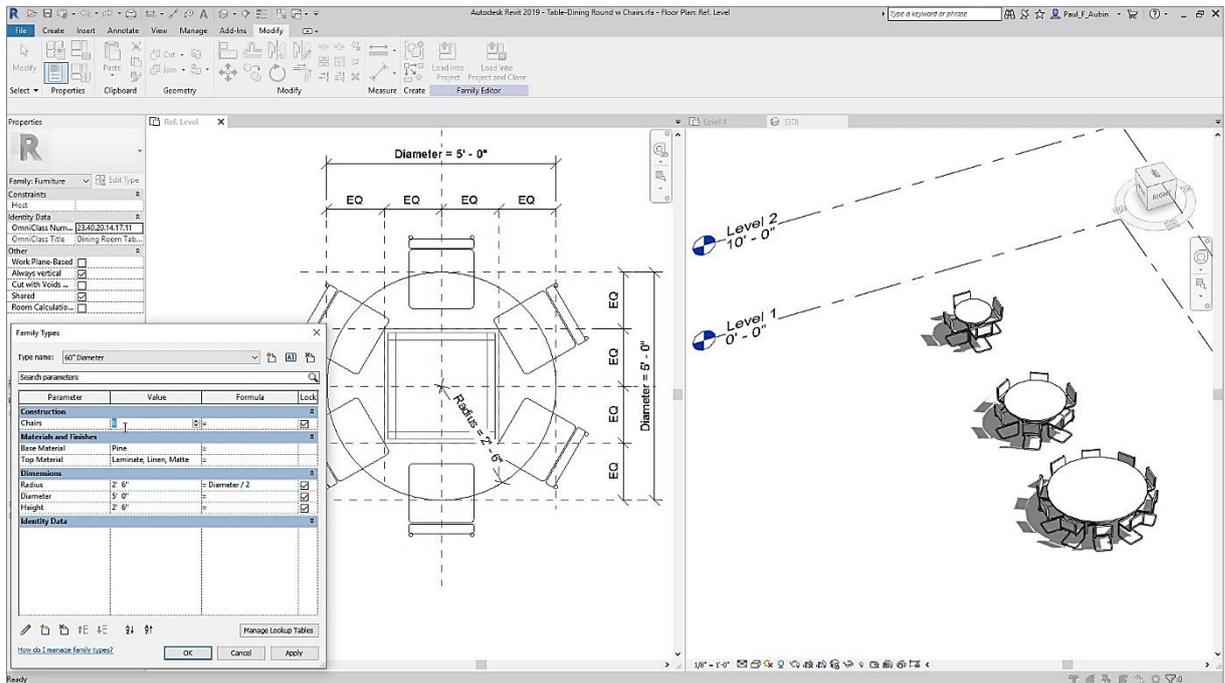
BIM 7D – É utilizado pelos gestores na operação e manutenção das instalações durante todo seu ciclo de vida. A sétima dimensão permite a extração de dados relativos ao estado dos componentes na edificação, pode resultar em mais fácil e rápida substituição de peças. Esta etapa, ainda não muito utilizada no Brasil é que se enquadra a norma de desempenho das edificações NBR 15575. Benefícios: otimização da gestão de ativos, desde a concepção até a demolição.

## **2.4 Autodesk Revit**

Segundo Monteiro (2017) o Autodesk Revit – considerado um dos principais *softwares* BIM do mercado sendo o mais popular entre as demais ferramentas – anteriormente ficou conhecido apenas por Revit *Architecture*, por se tratar de uma ferramenta voltada para a arquitetura, hoje o software oferece recursos para todas as especialidades envolvidas em um projeto e dispõe de ferramentas como Revit *MEP* (para redes e instalações) e Revit *Structures* (para engenharia estrutural).

Duarte (2016) *apud* Teixeira (2016) afirma que uma das principais vantagens do Revit está na velocidade de execução do projeto, obtenção de quantitativos e totalização de custos, portanto em termos de desenho por exemplo, é possível obter automaticamente os cortes, elevações e visualizações 3D, como é possível observar no exemplo da Figura 4.

Figura 4: Interface Revit – Componentes parametrizados



Fonte: Autodesk (2018)

Crespo e Ruschel (2007) afirmam que o sistema Revit possui famílias de objetos da construção, como: paredes, pisos, coberturas e esquadrias, elementos selecionados na barra de desenho são representados em 3D, porém a vista 2D pode ser solicitada a qualquer momento. Ainda segundo os autores as famílias seriam para o BIM o equivalente aos blocos no sistema CAD.

De acordo com Reis (2017) antigamente, para desenvolver soluções, o projetista precisava fazer suas representações em papel, com o surgimento do CAD os desenhos passaram a ser automatizados e agora com o conceito BIM, representado pelo Revit, não é necessária a criação de desenhos, tabelas e imagens separadas; sendo criado um modelo digital central único que mostra todas as informações necessárias.

Com o programa é possível trabalhar de forma intuitiva e eficiente, fazendo com que o profissional desenvolva projetos até 70% mais rápidos, além de ter informações variadas, como planilhas orçamentárias, quantitativos, cortes automáticos, vistas automáticas, perspectivas eletrônicas de qualidade, entre outros. (REIS, 2017).

A Figura 5 mostra o nível de detalhamento que é possível se obter com o *software* Revit.

Figura 5: Desenho 3D (A) e fotografia renderizada (B)



Fonte: Autodesk (2018)

Na Figura 4 a imagem “A” foi obtida através do desenho dos elementos arquitetônicos realizado simplesmente através do Revit, já na imagem “B” é possível ver os elementos após a renderização da imagem “A” em *software* específico para este fim.

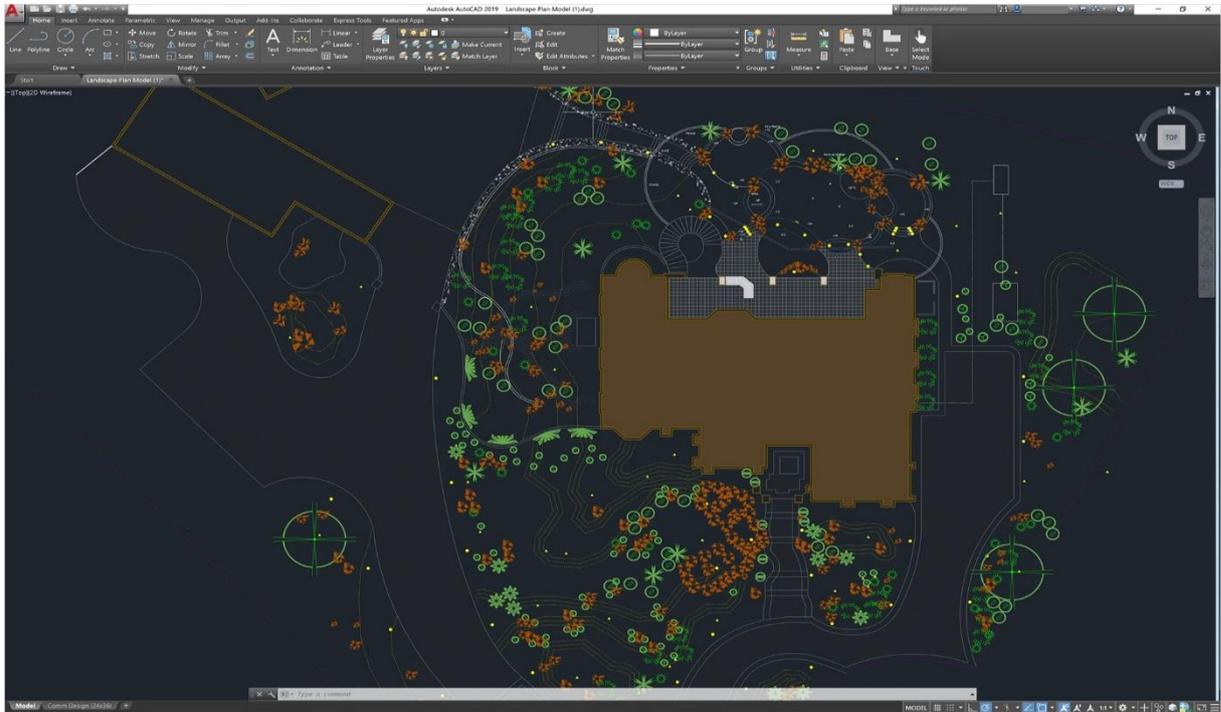
## 2.5 Autodesk AutoCAD

CAD – *computer aided design* – ou Desenho Auxiliado por Computador em português – se constitui, segundo a Autodesk (2018), como o próprio nome diz, ao uso da tecnologia computacional para desenho e documentação de projetos, de modo a substituir o rascunho manual, sendo o AutoCAD um dos pioneiros em plataforma CAD.

A maior parte das empresas que trabalham com compatibilização de projetos utiliza o processo tradicional, através da sobreposição de diferentes disciplinas em um único arquivo no AutoCAD desligando os componentes que não fazem parte dos sistemas, determinando a olho nu as possíveis interferências (COSTA, 2013).

A Figura 6 mostra a interface do software AutoCAD da Autodesk e como o desenho pode ser facilitado com o uso da ferramenta.

Figura 6: Interface do AutoCAD



Fonte: Autodesk (2018)

O AutoCAD é comercializado pela Autodesk desde 1982, e nas versões atuais, permite ao usuário a realização de desenhos 2D com a utilização de gráficos vetoriais e em 3D com modelagem de superfícies sólidas. (VOLPATO, 2015 *apud* TEIXEIRA, 2016)

### **3. METODOLOGIA**

Este trabalho foi elaborado com o intuito de demonstrar a compatibilização entre os projetos arquitetônico e estrutural de uma edificação residencial através do *software* Revit da Autodesk.

A escolha de dois projetos para a compatibilização, o arquitetônico e o estrutural, se justifica pelo fato da tecnologia BIM promover o trabalho em equipe, desvinculando-se da ideia de um único projetista exercer todas as funções em um processo de projeto. Portanto outros projetos, como o hidrossanitário, elétrico e de climatização, não foram inclusos, pois demandariam uma equipe separada para cada disciplina.

Os critérios de seleção foram: residência unifamiliar, de dois pavimentos de médio/alto padrão, ainda na fase de projetos. A opção por esta concepção, e não um projeto predial multifamiliar de múltiplos pavimentos, justifica-se pelo fato de que neste último as incompatibilidades encontradas provavelmente se repetiriam.

Os relatórios de interferências gerados pelo *software* Revit, foram listados em quadros para facilitar a sua quantificação. Então realizou-se as recomendações julgadas importantes para a execução da obra, de modo que as alterações gerassem melhoria técnica e econômica.

#### **3.1 O projeto arquitetônico**

O projeto arquitetônico constitui-se em uma casa residencial unifamiliar de dois pavimentos com área total de 318,57 m<sup>2</sup>. Deste total tem-se que: 155,47 m<sup>2</sup> são em laje no pavimento térreo, 34,20 m<sup>2</sup> da varanda sem laje, também no pavimento térreo, e 128,90 m<sup>2</sup> são em laje no pavimento superior.

As paredes externas no projeto arquitetônico possuem 20 cm acabadas e as internas 15 cm acabadas, com a função única de vedação, não possuindo paredes estruturais. As esquadrias são divididas em janelas do tipo veneziana e vidro temperado, e as portas são em madeira e vidro temperado.

As figuras 7 e 8 representam as plantas adaptadas do projeto original. A retirada de algumas informações foi necessária para melhor visualização. O projeto completo, também adaptado, encontra-se nos Anexos A, B, C, D, E, F e G deste trabalho.





### **3.2 O projeto estrutural**

O projeto estrutural desta edificação foi totalmente concebido em concreto armado, para vigas e pilares serem moldados *in loco* e lajes treliçadas serem pré-fabricadas.

O uso do concreto armado é muito comum na região onde a obra será executada, portanto existe boa disponibilidade de mão de obra para a construção e, para a aquisição de materiais, considerável quantidade de fornecedores, de modo que a possibilidade de muitas cotações de preço viabiliza o seu uso em larga escala.

No projeto estrutural, não há informações sobre a torre de caixa d'água e alguns outros elementos, como os níveis das lajes. Para este trabalho a influência foi bastante considerável, podendo gerar problemas técnicos e futuros prejuízos.

A compatibilização tem a função de detectar exatamente esse tipo de carência projetual que ocorre durante a execução da obra. O projeto estrutural completo, adaptado do original, encontra-se nos Anexos H, I, J, K e L deste trabalho.

### **3.3 A modelagem 3D**

A modelagem no *software* Revit é uma das mais detalhadas dentre os demais programas que utilizam o BIM, porém o presente estudo não tem a pretensão de criar quantitativos de materiais ou projetos executivos para a obra, perfazendo-se na demonstração de uma técnica bastante usual na área de coordenação de projetos, a compatibilização.

Para a compatibilização basta apenas a geometria dos elementos contidos nos projetos e que estes estejam dimensionados conforme serão executados em obra.

#### **3.3.1 Dificuldades e limitações encontradas**

Os projetos de arquitetura e engenharia são imprescindíveis para a execução de uma obra na construção civil. Um grande obstáculo ao desenvolvimento dos projetos (senão o maior) é o tempo limitado de que os projetistas dispõem.

Os prazos cada vez menores, tanto para a aprovação nos órgãos públicos quanto para o início da obra, fazem o processo de projeto ser cada vez mais acelerado, conseqüentemente e frequentemente ocorrendo ausência de informações (TEIXEIRA, 2016).

Uma grande quantidade de edificações residenciais são executadas sem o projeto estrutural. Os motivos variam desde tempo disponível para elaboração dos projetos, falta de recursos financeiros, indiferença dos construtores e até desconhecimento da sua importância, tanto da parte profissional quanto da parte contratante. Neste caso houve a elaboração do projeto estrutural, mas a falta de informação fez com que vários elementos fossem adaptados do projeto arquitetônico.

Na modelagem 3D da estrutura, optou-se por seguir o quanto possível o projeto original, para que as incompatibilidades pudessem ser demonstradas ao máximo. Porém para a modelagem da laje utilizou-se a espessura de 10 cm e um pé direito de 3 m, assim como representado no projeto arquitetônico.

Além disso a torre de caixa d'água está representada no projeto arquitetônico e compõe a estética volumétrica da fachada. Na modelagem 3D da arquitetura, a mesma foi desenhada seguindo o projeto original.

Após essas considerações pode-se ter uma breve noção da importância da compatibilização de projetos.

### **3.3.2 Etapas da modelagem 3D**

A modelagem no *software* Revit pode ser realizada de forma livre, em que todo o processo de projeto é realizado dentro do ambiente virtual do *software*, ou através de seus vínculos com a plataforma CAD. Para este trabalho, os projetos foram recebidos em formato de arquivo DWG – formato gerado pelo *software* AutoCAD da Autodesk.

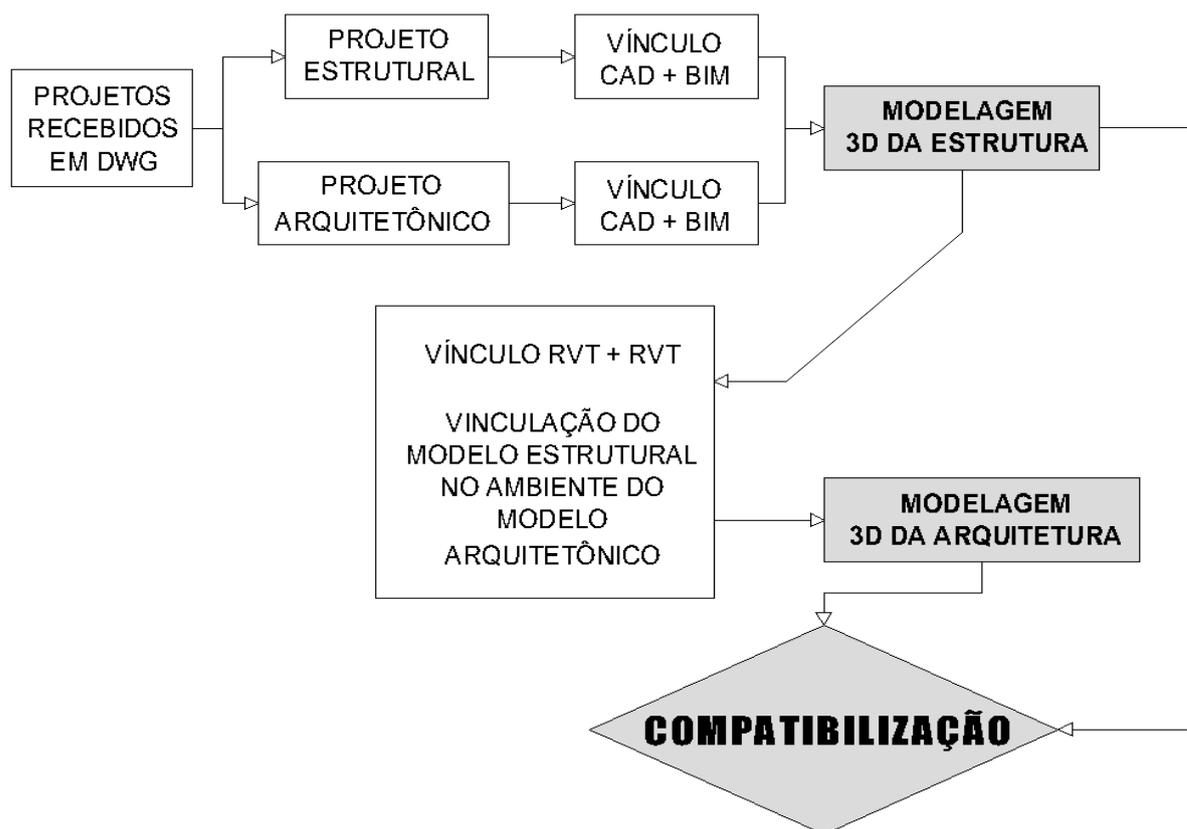
Com os projetos em mãos, realizou-se os vínculos entre as plataformas CAD e BIM dentro do ambiente virtual do *software* Revit. Com os vínculos preparados a modelagem 3D foi facilitada, modelando-se seguindo as linhas dispostas nos projetos, havendo pouca necessidade de conferência de medidas no desenho 2D.

Além disso o *software* Revit – extensão de arquivos RVT – aceita vínculos entre os próprios modelos, ou seja, um modelo pode ser vinculado a outro (vínculos RVT – RVT), permitindo-se desenvolver cada um separadamente e posteriormente serem sobrepostos de maneira independente.

Iniciou-se a modelagem pelo projeto estrutural, seguida pelo projeto arquitetônico. Esta sequência não foi arbitrária, de modo que, o modelo estrutural pronto foi inserido dentro do ambiente virtual do modelo arquitetônico, para que se iniciasse a compatibilização através da inspeção visual.

A figura 9 mostra o fluxograma de trabalho para melhor compreensão do processo utilizado.

Figura 9: Fluxograma seguido para a modelagem 3D



Fonte: Autor (2018)

### 3.3.3 Os modelos 3D

Os modelos 3D criados em Autodesk Revit seguiram os projetos, no entanto, pequenas adaptações foram necessárias, como a espessura das lajes e os níveis do projeto estrutural.

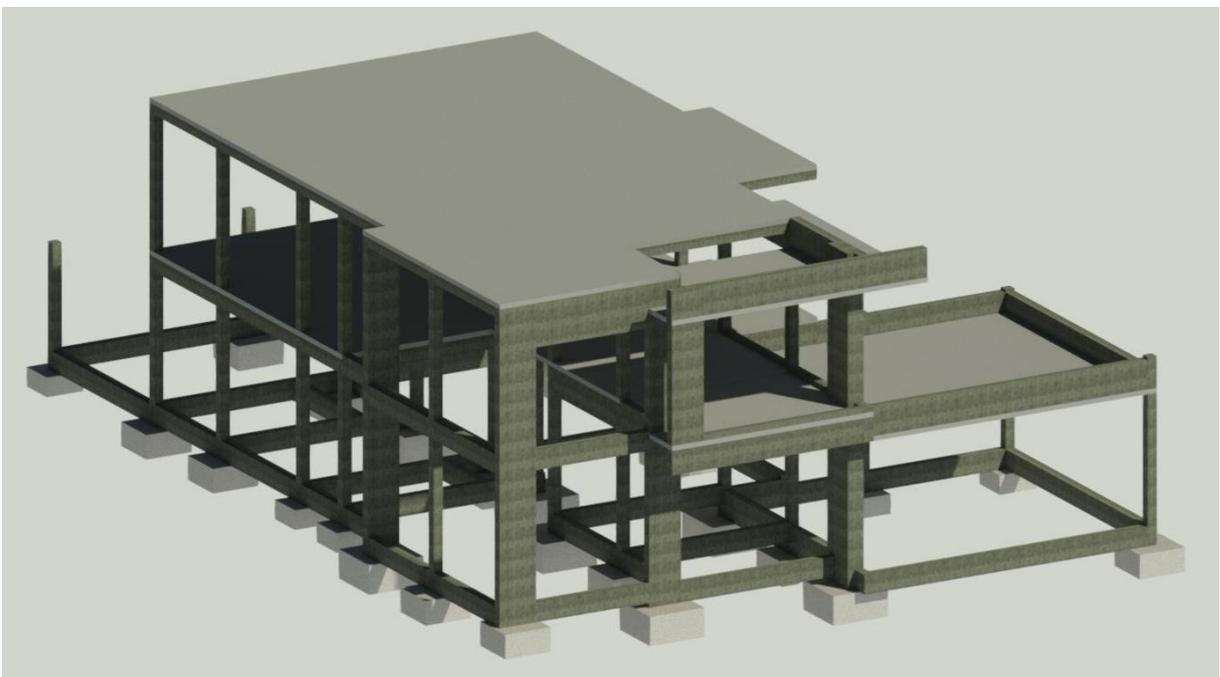
#### 3.3.3.1 O modelo estrutural

Os níveis estruturais foram extraídos do projeto arquitetônico, pois estes não estavam no projeto estrutural. Para fins de visualização optou-se por gerar 2 perspectivas do modelo estrutural, pois para a compatibilização não há necessidade da representação gráfica em planta.

As figuras 10 e 11 mostram as perspectivas do modelo estrutural gerados pelo *software* Autodesk Revit após a modelagem.

A figura 10 mostra a perspectiva vista de frente à edificação, possibilitando a visualização das grandes vigas e pilares que irão compor a estrutura da fachada.

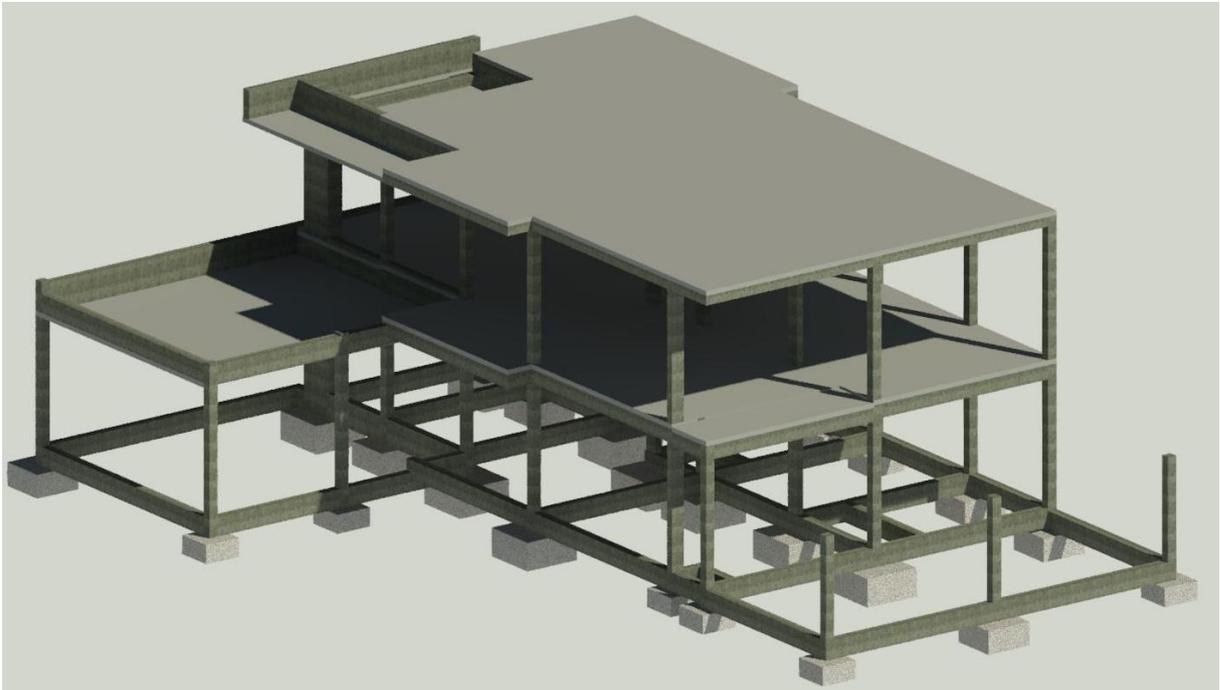
Figura 10: Perspectiva 1 do modelo estrutural



Sem escala. Fonte: Autor (2018)

A figura 11 mostra a perspectiva vista dos fundos da edificação, sendo possível observar os pilares da área *gourmet* do pavimento térreo.

Figura 11: Perspectiva 2 do modelo estrutural



Sem escala. Fonte: Autor (2018)

### 3.3.3.2 O modelo arquitetônico

Para a modelagem da arquitetura procurou-se seguir, o quanto possível, o projeto original, entretanto a retirada de alguns itens, como vegetação, mobiliário, veículos entre outros, permitiu que o modelo ficasse menos “poluído” para que na etapa de compatibilização fosse possível visualizar cada interferência diretamente no modelo 3D.

A figura 12 mostra a fachada modelada no *software* Autodesk Revit juntamente com o gradil.

Figura 12: Fachada frontal do modelo arquitetônico



Sem escala. Fonte: Autor (2018)

As figuras 13 a 15 mostram as perspectivas geradas pelo *software* Autodesk Revit após a modelagem da arquitetura, para melhor compreensão.

Figura 13: Perspectiva 1 do modelo arquitetônico



Sem escala. Fonte: Autor (2018)

Figura 14: Perspectiva 2 do modelo arquitetônico



Fonte: Autor (2018)

Figura 15: Perspectiva 3 do modelo arquitetônico



Sem escala. Fonte: Autor (2018)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o desenvolvimento dos modelos, compilaram-se os dois modelos em um único arquivo através dos vínculos RVT – RVT citados anteriormente. Esse vínculo permitiu que algumas incompatibilidades fossem detectadas durante a própria modelagem, portanto a análise foi realizada de duas formas: utilizando-se a função Verificação de Interferências do *software* Revit e através da inspeção visual durante a modelagem.

Destaca-se sobretudo que a discussão dos resultados atentou-se apenas para os erros técnicos de compatibilização, abrindo mão de comentar possíveis erros técnicos de projeto. É necessário fazer esta distinção, pois esse tipo de discussão tangenciaria o tema proposto.

Esta consideração justifica-se pelo fato do objetivo do trabalho não ser apontar soluções definitivas para as interferências detectadas, uma vez que a solução final para as incompatibilidades é função dos projetistas juntamente ao contratante, ficando a cargo da compatibilização apenas detectá-las e informar sobre suas consequências executivas.

### 4.1 Detecção pelo relatório de interferências

O *software* Revit possui, dentre as suas funções de coordenação de projetos, a função Verificação de Interferências, que pode ser realizado dentro de uma disciplina isolada ou de modo interdisciplinar. Esta função é bastante útil no desenvolvimento de projetos que envolvem equipes de projetos em que cada disciplina é executada por um projetista diferente.

Em condições reais nenhum projetista ficaria a cargo de modelar todas as instâncias de um projeto, visto que isso demandaria muito tempo e a compatibilização não seria viável. Além de contrariar o conceito proposto pelo BIM seria um desperdício de dinheiro. Neste estudo isso foi realizado para fins didáticos e apresentação da metodologia.

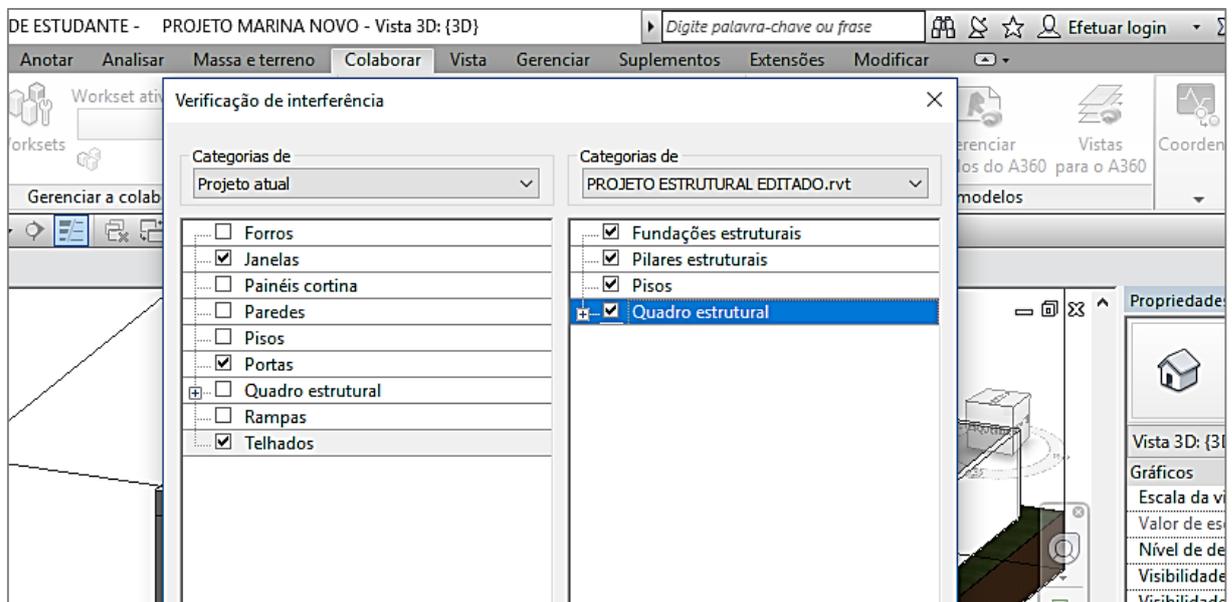
Dentro de cada disciplina foram escolhidos os elementos convenientes para que os relatórios somente exibissem aquelas interferências julgadas improdutivas na fase de obra.

#### 4.1.1 A compatibilização dos projetos

Iniciou-se a compatibilização vinculando-se o modelo estrutural ao ambiente de trabalho do modelo arquitetônico (vínculo RVT). Com os modelos vinculados executou-se o comando de verificação.

A figura 16 mostra a verificação realizada, em que cada projeto configura-se como uma disciplina isolada. Além disso é possível escolher entre os elementos dos projetos aqueles que deseja-se executar a verificação.

Figura 16: Verificação de Interferências



Fonte: Autor (2018)

O relatório completo de interferências gerado pelo *software* Revit, está descrito no quadro 1. É possível ver os elementos arquitetônicos que estão incompatíveis com os elementos estruturais.

No relatório cada elemento está com o seu nome próprio, padrão do *software* Revit, entretanto é possível durante a modelagem alterar os nomes para que sejam melhor compreendidos. Neste caso não houve necessidade.

### Quadro 1: Relatório de interferência

Arquivo do relatório de interferência do projeto: C:\Users\Usuário\Desktop\9º PERÍODO\TCC - COMPATIBILIZAÇÃO - MARIANA SORNAS\PROJETOS\PROJETO ARQUITETÔNICO\PROJETO MARINA NOVO.rvt  
 Criado: segunda-feira, 22 de outubro de 2018 13:08:58  
 Última atualização:

	A	B
1	Portas : Porta de abrir padrão - 1 Folha - R01 : 0.80 x 2.10 m - Marca 87 : ID 960442	PROJETO ESTRUTURAL EDITADO.rvt : Pilares estruturais : M_Concreto-Retangular- Coluna : 15X30 : ID 568220
2	Janelas : JANELA COM ESQUADRIA DE CORRER - 4 FOLHAS + VENEZIANA DE CORRER - 4 FOLHAS : 250 x 120 - Marca 62 : ID 963093	PROJETO ESTRUTURAL EDITADO.rvt : Pilares estruturais : M_Concreto-Retangular- Coluna : 15X30 : ID 568557
3	Telhados : Telhado básico : Genérico - 125mm : ID 1042243	PROJETO ESTRUTURAL EDITADO.rvt : Pilares estruturais : M_Concreto-Retangular- Coluna : 35X80 : ID 569457
4	Janelas : JANELA DE VIDRO FIXO - 1 FOLHA : 150x460/110 - Marca 68 : ID 988451	PROJETO ESTRUTURAL EDITADO.rvt : Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : 20X40 : ID 580471
5	Telhados : Telhado básico : Genérico - 125mm : ID 1042243	PROJETO ESTRUTURAL EDITADO.rvt : Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : 20X70 : ID 582394
6	Telhados : Telhado básico : Genérico - 125mm : ID 1042243	PROJETO ESTRUTURAL EDITADO.rvt : Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : 20X30 : ID 582423
7	Janelas : JANELA DE VIDRO FIXO - 1 FOLHA : 150x460/110 - Marca 68 : ID 988451	PROJETO ESTRUTURAL EDITADO.rvt : Quadro estrutural : Concreto-Viga retangular : 20X100 : ID 582655

Fim do relatório de interferência

Fonte: Autor (2018)

Os resultados obtidos foram enumerados no quadro 2 para facilitar a quantificação e a análise de cada um deles.

### Quadro 2: Número de incompatibilidades

INCOMPATIBILIDADES		
	TIPO	QUANTIDADE
1	JANELAS X ESTRUTURA	3
2	PORTAS X ESTRUTURA	1
3	TELHADOS X ESTRUTURA	3
<b>TOTAL</b>		<b>7</b>

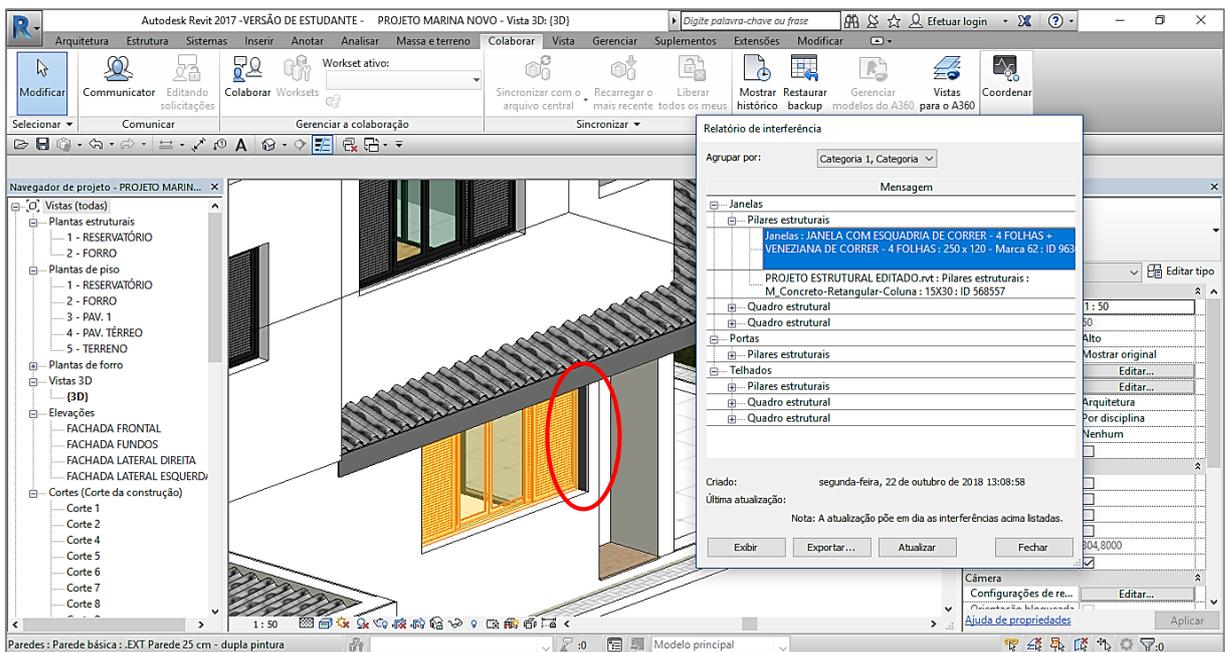
Fonte: Autor (2018)

O resultado total foram 7 interferências detectadas. Apesar de ser um número relativamente pequeno de interferências, durante a execução da obra todas essas interferências gerariam dúvida, o que poderia ocasionar perda de tempo e possíveis retrabalhos. Além disso o número de interferências não necessariamente avalia a gravidade da mesma. Cada uma será discutida separadamente a seguir.

#### 4.1.1.1 Janelas X Estrutura

As interferências do tipo 1 – Janelas x Estrutura, enumeradas no quadro 2, são comuns em obras residenciais. A escolha dos materiais arquitetônicos influencia diretamente nas dimensões dos elementos estruturais. A figura 17 mostra a janela da cozinha, de dimensões 250 cm x 120 cm, em conflito com um pilar de canto de 15 cm x 30 cm.

Figura 17: Janela x Pilar



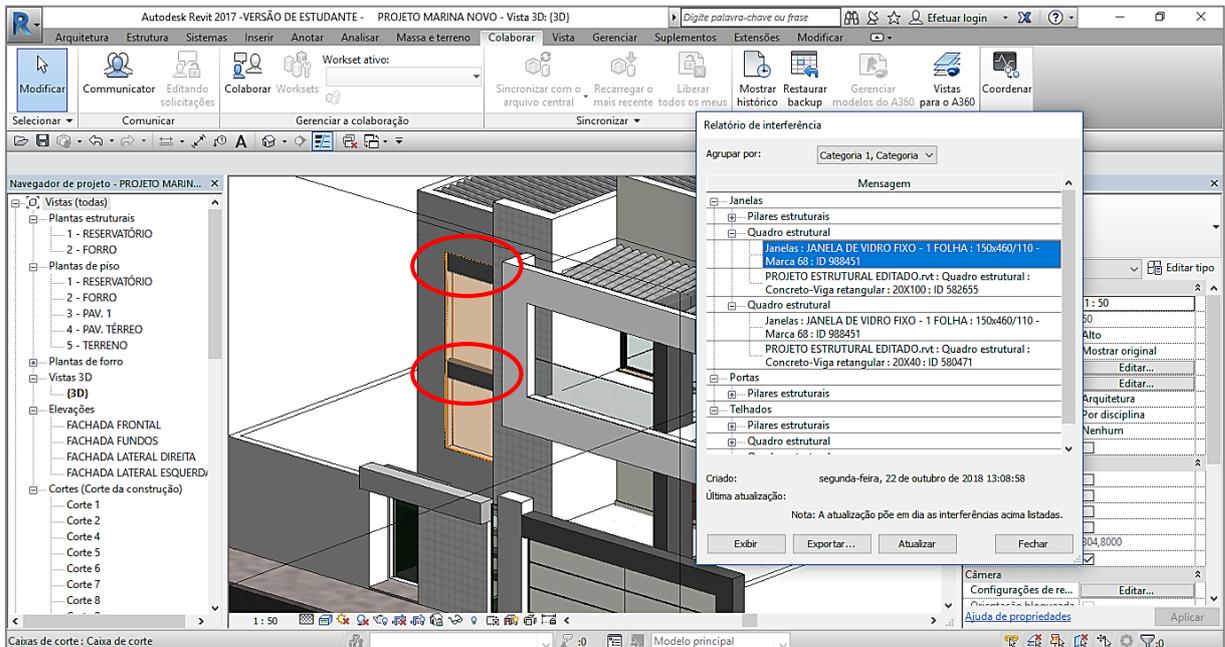
Fonte: Autor (2018)

Durante a execução da obra esta janela deverá ser movida para que possa ser executada sem interferir no pilar. Caso necessário pode-se diminuir sua largura, para que não conflite com o pilar em questão.

Em situações que não é possível a movimentação de esquadrias, deve-se informar aos projetistas o ocorrido, para que sejam realizadas as alterações tanto da seção do pilar quanto as suas armaduras. Esta solução deve ser analisada e as verificações quanto aos parâmetros de cálculo estabelecidos pela NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – devem ser cumpridas.

As outras 2 interferências, mostradas na figura 18, se deram entre a janela de vidro fixo de dimensões 150 cm x 460 cm e duas vigas; a viga do pavimento térreo de 20 cm x 40 cm e a viga do pavimento superior de 20 cm x 100 cm.

Figura 18: Janela x Vigas



Fonte: Autor (2018)

Este tipo de janela possui grande função estética e compõe a fachada principal de modo a abranger os dois pavimentos da edificação. As vigas aparentes não causam prejuízo técnico como no caso da janela da cozinha, por outro lado compromete a arquitetura.

Nesse caso a primeira solução é que se entre em contato com o projetista estrutural para verificar a possibilidade de retirar-se a viga do pavimento térreo e transformar a viga do pavimento superior em uma viga invertida de mesma dimensão para que também não fique aparente. Esta solução deve ser analisada e as verificações segundo os parâmetros de cálculo estabelecidos pela NBR 6118 devem ser cumpridas.

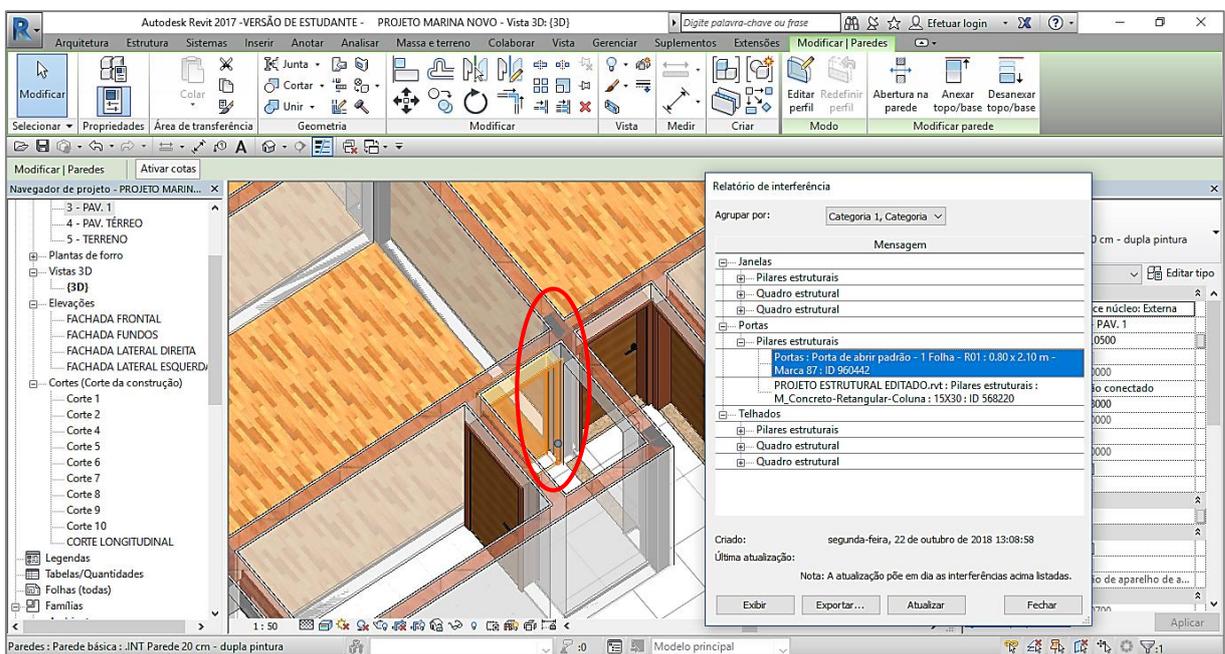
Outra solução, seria alterar o material da esquadria, de vidro temperado translúcido para vidro fosco, de modo a esconder a viga. Entretanto a preferência pela retirada da viga do pavimento térreo, visto que não há carga de alvenaria sobre ela, se dá pelo fato de procurar manter a dimensão do vão luz para o ambiente em

questão, que possui pé direito duplo, sendo necessário verificar a quantidade de iluminação natural necessária.

#### 4.1.1.2 Portas X Estrutura

A interferência do tipo 2 – Portas x Estrutura do quadro 2, mostrou apenas um único conflito, que se deu entre a porta do quarto 2 de 80 cm x 210 cm e um pilar intermediário de dimensões 15 cm x 30 cm. A figura 19 mostra a interferência.

Figura 19: Porta x Pilar



Fonte: Autor (2018)

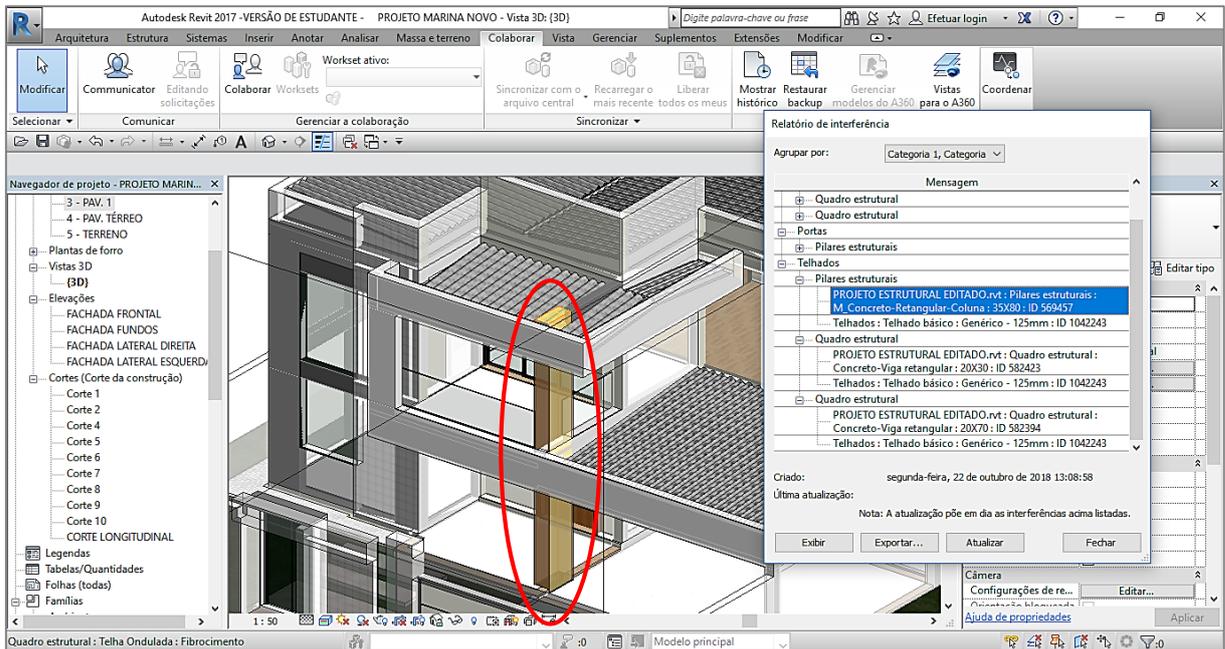
A solução neste caso, apesar de parecer simples, pode se tornar bastante complexa e gerar retrabalho durante a obra. Uma vez que o contratante tenha escolhido o tipo de porta a ser instalado, deve-se levar em consideração a largura do batente e da guarnição. A porta será instalada em um pequeno corredor com 1 m de largura, portanto pode não ser possível movimentar a porta para o lado oposto ao pilar, o que ocasionaria um trabalho perdido caso não houvesse a compatibilização dos projetos.

Outro problema que pode ocasionar interferências envolvendo esquadrias é o aumento da espessura final da parede em obra. Esta incompatibilidade será melhor discutida no item 4.2 – Detecção pela inspeção visual – durante a modelagem 3D.

### 4.1.1.3 Telhados X Estrutura

As interferências do tipo 3 – Telhados x Estrutura descritas no quadro 2 são as que geraram maiores conflitos entre os projetos estudados. Todas as 3 interferências se deram no telhado que cobre a varanda do pavimento superior. A figura 20 mostra a incompatibilidade entre um pilar de extremidade de dimensões 35 cm x 80 cm e o telhado.

Figura 20: Telhado x Pilar

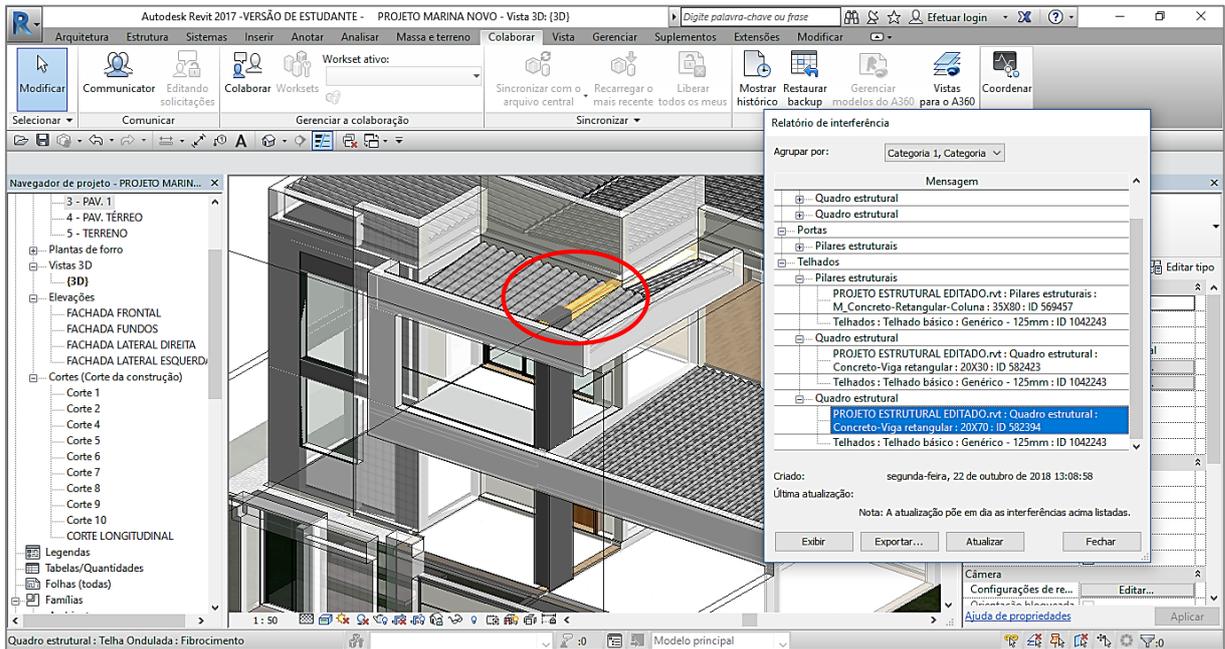


Fonte: Autor (2018)

Este tipo de interferência possui elevado grau de gravidade, pois não seria possível a execução do telhado como foi concebido no projeto arquitetônico original. É necessário que a concepção estrutural deste pilar seja revista, de modo a fazer com que ele “morra” abaixo da laje que sustentará o telhado. Esta mudança pode ocasionar uma reação em cadeia de alterações nos elementos estruturais próximos, tanto na sua geometria quanto nas armaduras. Dessa forma as alterações devem obrigatoriamente cumprir os requisitos de cálculo da NBR 6118 juntamente ao projetista ou solicitar um novo projeto estrutural.

Ainda no mesmo telhado há um conflito entre este e uma viga de dimensões 20 cm x 70 cm e outra de 20 cm x 30 cm, como mostram as figuras 21 e 22 respectivamente.

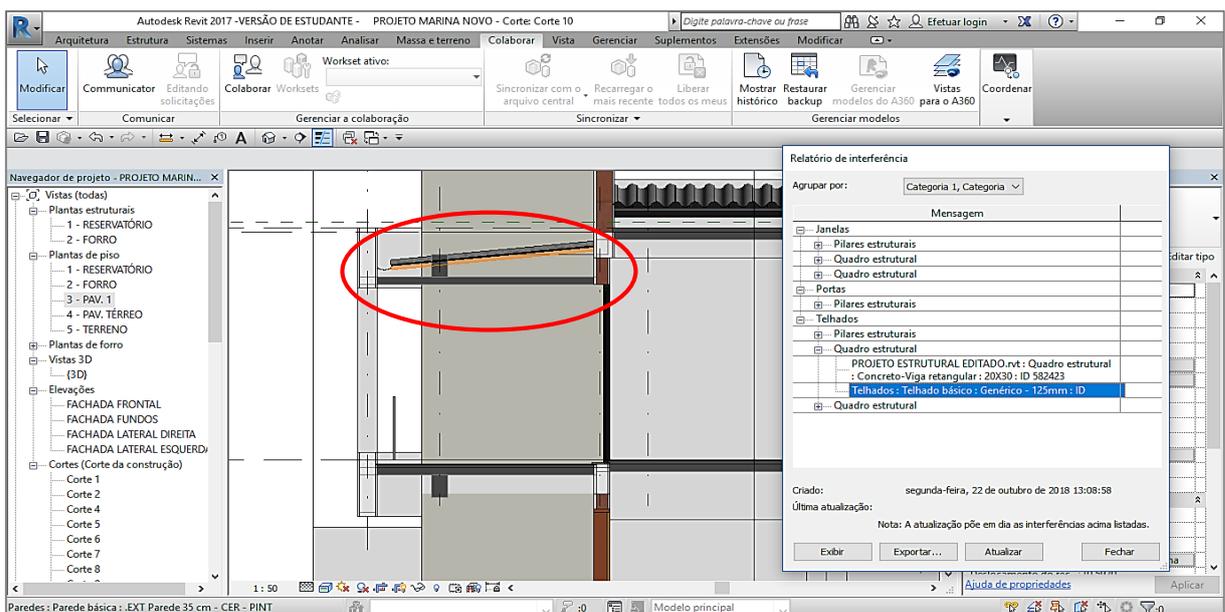
Figura 21: Telhado x Viga (20x70)



Fonte: Autor (2018)

Esta situação é semelhante à anterior. As interferências podem ser de difícil visualização mesmo utilizando-se o *software* Revit, como na figura 21, portanto pode-se avaliar a importância da ferramenta “Verificação de Interferências” para o processo de compatibilização.

Figura 22: Telhado x Viga (20x30)



Fonte: Autor (2018)

Um problema que pode ocorrer quando não há a compatibilização dos projetos, é perceber esse tipo de conflito durante a execução da obra, já que seria inviável a demolição desta parte da estrutura, tanto do ponto de vista técnico quanto do ponto de vista financeiro. Outra solução neste caso seria alterar o telhado, podendo-se optar por uma laje impermeabilizada, entretanto poderia aumentar o custo final da obra com a aquisição de mantas impermeáveis e instalação de sistema de águas pluviais específico embutido na estrutura.

#### 4.2 Detecção pela inspeção visual

Durante a modelagem 3D dos projetos em questão, pôde-se observar algumas incompatibilidades entre os projetos arquitetônico e estrutural que não podem ser ignorados. O quadro 3 enumera as incompatibilidades encontradas.

Quadro 3: Incompatibilidades por inspeção visual

<b>INCOMPATIBILIDADES</b>		
<b>TIPO</b>		<b>DESCRIÇÃO</b>
1	PAREDES X VIGAS	Vigas da mesma espessura da parede acabada
2	VIGAS X LAJE	Laje da varanda não conectada aos demais elementos estruturais

Fonte: Autor (2018)

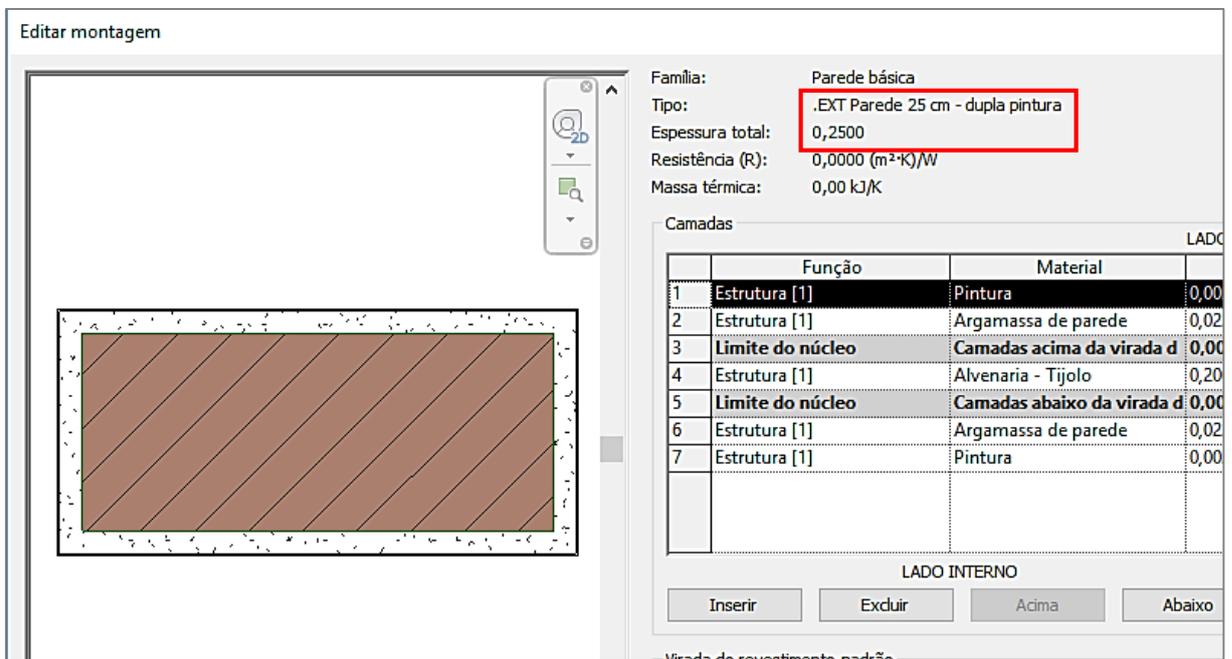
A incompatibilidade Paredes x Vigas não pôde ser ignorado neste estudo, pois todas as vigas ficaram com a mesma espessura da parede acabada o que ocasionou diminuição das áreas internas dos ambientes. Pode-se dizer que habitualmente, os projetistas não levam isso em consideração, por ser um valor aparentemente desprezível, porém com o uso do BIM para a compatibilização de projetos o ocorrido deve ser verificado.

As figuras 23 e 24 mostram a diferença entre o projeto original das paredes e as paredes que possivelmente serão executadas. É possível notar que originalmente as paredes foram projetadas com 15 cm as paredes internas e 20 cm as externas.

Para o revestimento e acabamento considerou-se 2,5 cm para cada lado da alvenaria durante a modelagem, valor bastante usual em obras residenciais. Somado aos valores de projeto resultaram em paredes acabadas de 20 cm as paredes internas e 25 cm as paredes externas.

Neste caso é recomendado que o projetista estrutural dimensione os elementos na mesma espessura dos blocos que serão usados para a execução das alvenarias para que o acabamento fique o mais uniforme possível.

Figura 23: Parede externa acabada com 25 cm

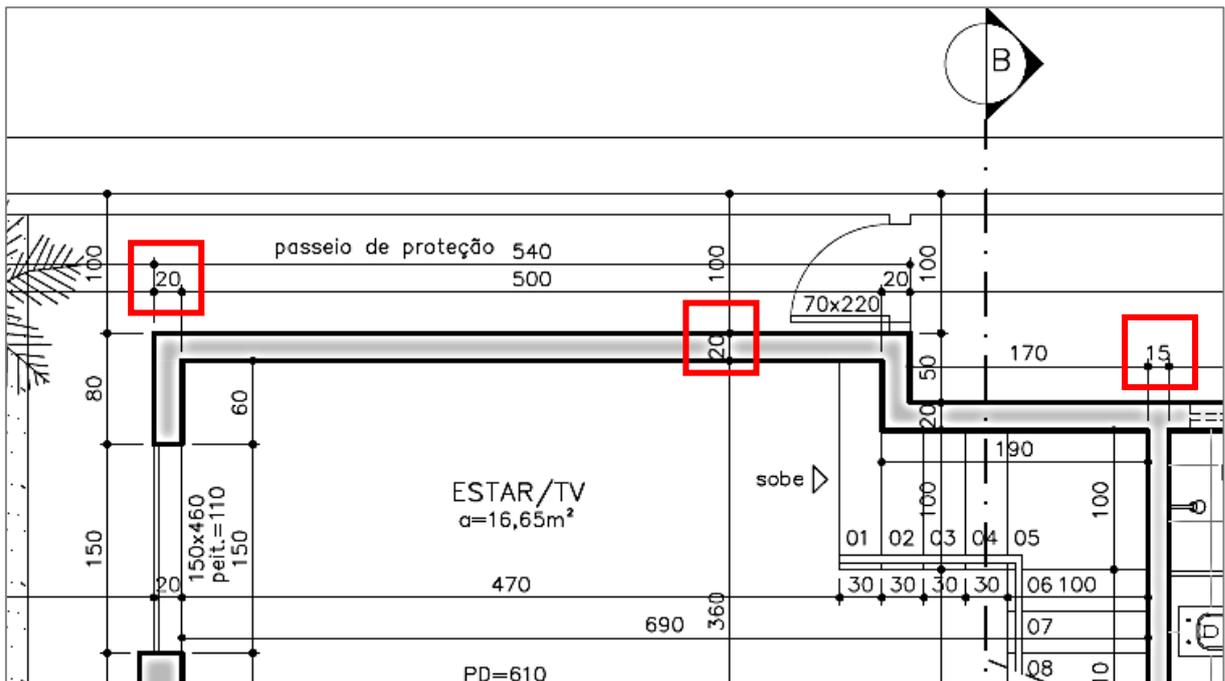


Fonte: Autor (2018)

Ao levar em consideração a espessura final da parede, o contratante juntamente aos projetistas, definem com maior precisão a aquisição de materiais, com as dimensões otimizadas para que sejam assentadas e instaladas com o mínimo de quebra nas alvenarias.

O conflito detectado no item 4.1.1.2 – Portas x Estrutura, mostra que pode haver retrabalho caso as esquadrias adquiridas não se encaixem perfeitamente na espessura das paredes e nas dimensões finais dos ambientes.

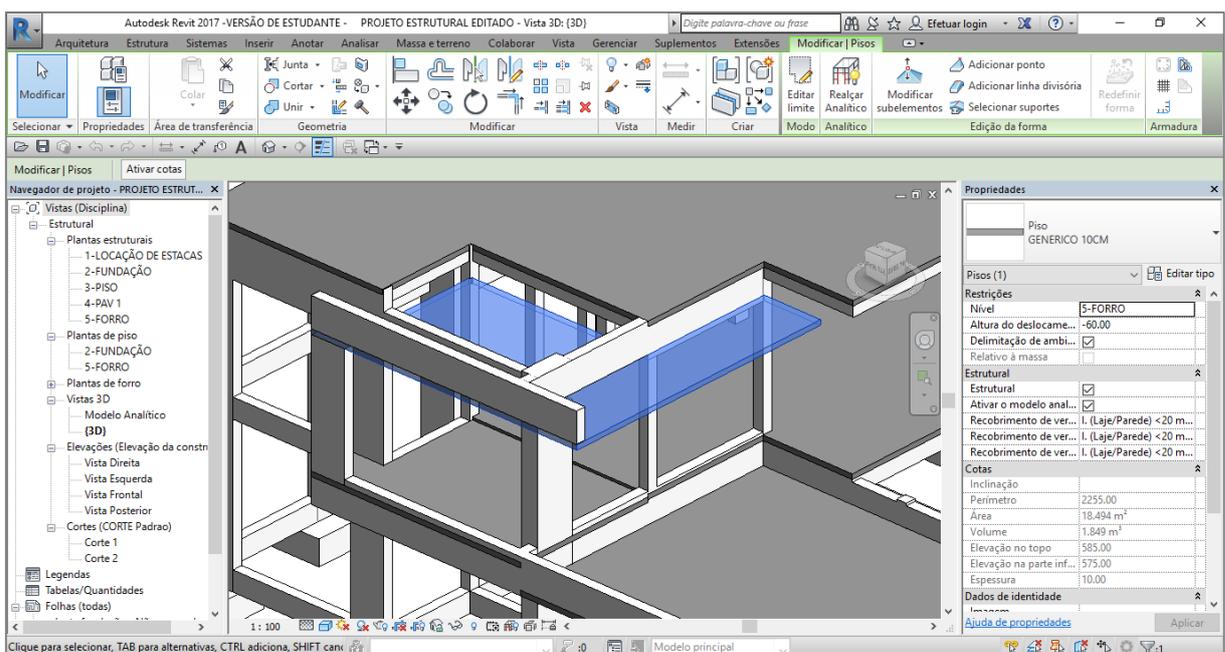
Figura 24: Parede externa projetada com 20 cm



Sem escala. Fonte: Projeto Arquitetônico – Adaptado (2018)

A detecção mais notável, do ponto de vista técnico, foi a laje da varanda no modelo estrutural. A figura 25 mostra que ela está desconectada dos demais elementos estruturais, não podendo ser executada desta forma.

Figura 25: Laje desconectada das vigas



Fonte: Autor (2018)

Esta incompatibilidade, ocorreu devido à ausência de informação sobre os níveis das lajes no projeto estrutural.

Caso a concretagem fosse iniciada sem essa detecção haveriam problemas de segurança e tanto as concepções estruturais quanto a arquitetônica seriam revisadas. Segundo a NBR 6118 esta configuração não é permitida para este tipo de laje, podendo haver interrupção da obra até que o sistema estrutural esteja de acordo com a norma brasileira citada.

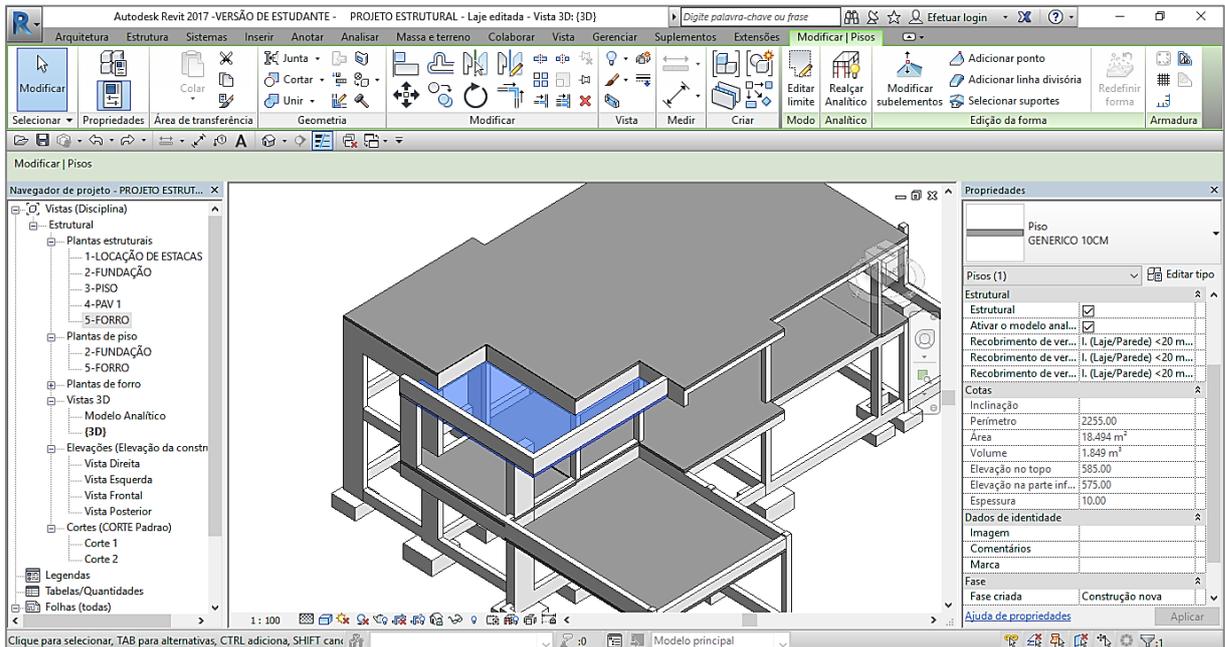
Lajes apoiadas diretamente em pilares devem ser calculadas de acordo com o item 14.7.8 da NBR 6118:2014 – Lajes lisas e lajes-cogumelo: a) lajes-cogumelo são lajes apoiadas diretamente em pilares com capitéis, enquanto lajes lisas são apoiadas nos pilares sem capitéis; b) a análise estrutural de lajes lisas e cogumelo deve ser realizada mediante emprego de procedimento numérico adequado, por exemplo, diferenças finitas, elementos finitos ou elementos de contorno.

Observando-se a concepção estrutural, na qual a laje será pré-fabricada, é evidente que não se trata de uma laje cogumelo, explicitando a incompatibilidade entre os projetos arquitetônico e estrutural.

Economicamente não é viável deparar-se com esse tipo de erro durante a execução da obra, pois o retrabalho de elementos estruturais, pode acarretar grandes atrasos no cronograma e conseqüentemente o aumento do custo final. Além disso problemas de ordem contratual e judicial podem complicar ainda mais situações assim, já que a segurança da obra como um todo estaria comprometida.

Para fins demonstrativos modelou-se uma solução possível para esta disfunção estrutural, entretanto não é o objetivo deste trabalho fornecer soluções definitivas para as incompatibilidades encontradas, como elucidado na introdução deste capítulo. A figura 26 mostra como ficaria a laje de uma forma adequada para receber o telhado.

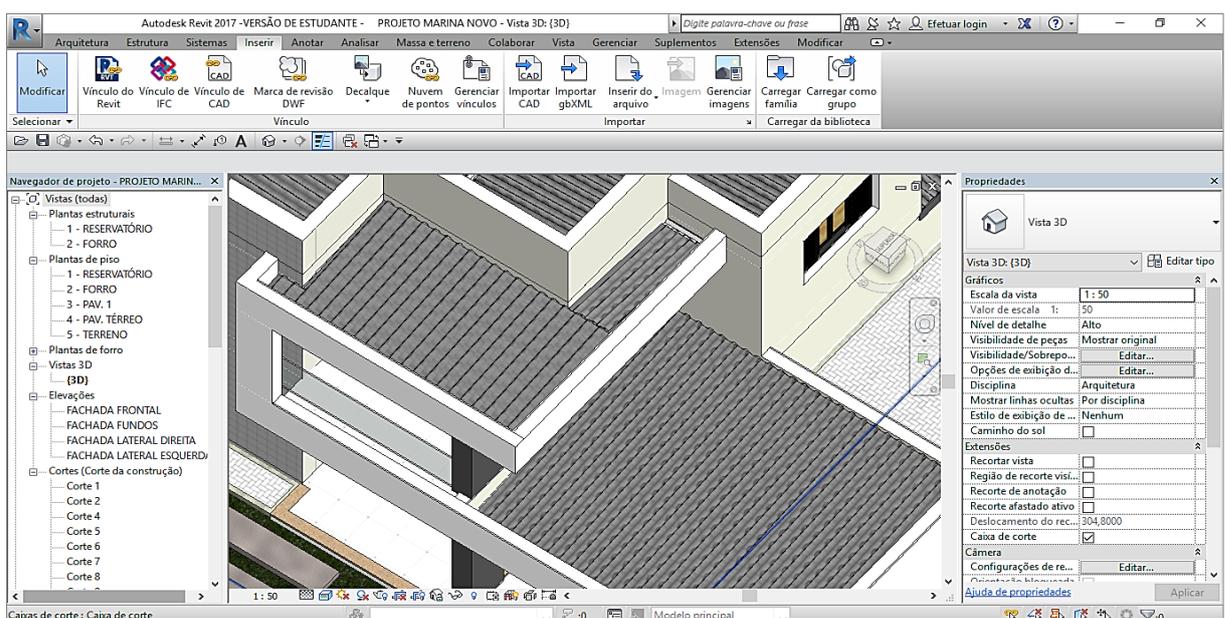
Figura 26: Laje desconectada das vigas



Fonte: Autor (2018)

A figura 27 mostra como ficaria o telhado sem a interferência das vigas e pilares. A composição estética seria preservada, não havendo necessidade de alteração na concepção estrutural, mostrando como a compatibilização pode ser essencial para o processo construtivo de uma edificação.

Figura 27: Telhado construído sem a obstrução da estrutura



Fonte: Autor (2018)

### 4.3 Avaliação do método

Apesar do número de interferências ser relativamente pequeno, conduz a uma avaliação positiva da compatibilização de projetos com o uso da tecnologia BIM. Considerando que não houve a compatibilização entre outros projetos como projeto elétrico, projeto hidrossanitário e projetos de instalações especiais e climatização, o que aumentaria o número de dados, conferindo ainda mais credibilidade ao método.

As vantagens do uso da tecnologia BIM na compatibilização estão na sua parte visual. Com uma grande capacidade de visualização e detalhamento dos projetos, tanto para os profissionais envolvidos quanto para o cliente, proporciona uma interação que pode solucionar as dúvidas existentes, não somente sobre as interferências entre as disciplinas, mas também na detecção de conflitos nas próprias concepções projetuais.

A laje da varanda do pavimento superior foi um exemplo, pois foi possível detectar um grave problema e saná-lo ainda na fase de projetos, para que não implicasse em maiores prejuízos.

Algo que pode não ser tão óbvio no processo de compatibilização utilizando-se o *software* Revit, se dá caso o relatório de interferências não emitir nenhuma detecção. Neste caso pode-se pensar que os projetos analisados estão totalmente compatíveis, o que é um erro. Neste estudo ficou evidenciada a vantagem da modelagem 3D para a compatibilização, pois a interferência mais grave, sob todos os pontos de vista, foi observada através da inspeção visual durante a modelagem. Por analogia é possível afirmar que, caso o relatório de interferências não apresente nenhum resultado, não conclui-se que os projetos estejam compatíveis.

Para um único projetista ficar a cargo de modelar todos os projetos, porém o método não seria aplicável, pois o tempo desprendido para a modelagem extrapolaria o cronograma e o processo seria inviável. Entretanto a proposta da tecnologia BIM é criar equipes de projetistas, que possam cada uma separadamente elaborar os modelos e compatibilizá-los durante e após a modelagem numa mesma central virtual de compartilhamento de informações.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusões

A análise dos resultados foi conclusiva em termos de cumprir-se os objetivos propostos, ou seja, demonstrar a compatibilização dos projetos. A prova disso se constata na facilidade que o *software* Revit da plataforma BIM, possui em detectar os mais variados tipos de interferência existentes. Além de detectar automaticamente e gerar os relatórios, a modelagem 3D permite a rápida visualização da interferência o que facilita as tomadas de decisão para resolver os problemas.

É uma tecnologia promissora para a construção civil em geral, pois com a adoção do BIM por parte dos profissionais, espera-se um maior controle dos aspectos econômicos e técnicos da obra. Diminuindo e até eliminando-se as possíveis interferências, o tempo despendido para a tomada de decisões na obra também é diminuído.

Os projetos em BIM, apesar de ganharem cada vez mais espaço, ainda não são recorrentes no setor. O custo mais elevado dos projetos leva em consideração o preço das licenças dos *softwares*, necessidade de computadores de alto desempenho e qualificação profissional específica, pois as universidades, em sua grande maioria, não possuem o BIM na sua grade curricular regular.

Há também de se destacar que a modelagem direto no software BIM, sem a necessidade de projetar em CAD e depois vincular os projetos, pode ser uma solução que ganhe bastante espaço no mercado da construção civil. De certa maneira, o compartilhamento de dados, é uma tendência tanto no Brasil quanto no mundo.

## 5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para estudos futuros é feita a sugestão de se compatibilizar outros projetos como o projeto elétrico, projeto hidrossanitário e o projeto de climatização por exemplo. Esse tipo de estudo pode tornar este tema ainda mais completo, pois agregaria muitos dados aos resultados.

Além disso o estudo em outros *softwares* da plataforma BIM como os programas de cálculo estrutural e programas específicos de projetos hidrossanitários, analisando se os programas realizam algum tipo de compatibilização na geração das suas pranchas para execução em obra.

Outra sugestão é que realize a compatibilização com as demais dimensões do BIM para analisar o quanto possível o impacto que elas causam tanto no processo de projeto quanto no campo.

## REFERÊNCIAS

PMBOK - **Project Management Body of Knowledge – Português**. 2000. Disponível em <<http://www.jcoltro.com.br/project2000/pmbok.pdf>>. Acesso em: 10/05/2018.

SANTOS, Altair. **Compatibilizar projetos reduz custo da obra em até 10%**. 2013. Disponível em <<http://www.cimentoitambe.com.br/compatibilizar-projetos-reduz-custo-da-obra-em-ate-10/>>. Acesso em: 10/05/2018.

NOVAES, Celso Carlos; SILVA, Maria Vitória Ferraz Pinto - **A coordenação de projetos de edificações: estudos de caso**. 2008. Disponível em <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50927/55009>>. Acesso em: 10/05/2018.

MONTEIRO, Caroline Nogueira - **Compatibilização de projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas**. 2017. Disponível em <<http://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/62/50>>. Acesso em: 10/05/2018.

EASTMAN, Chuck, TEICHOLZ, Paul, SACKS, Rafael, LISTON, Kathleen. – **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 2014. Disponível em <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=YSg6AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=manual+bim&ots=ITWtlGmAvf&sig=\\_1fSyCd3vGGDg2JnG\\_JnFyPgKZo#v=onepage&q=manual%20bim&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=YSg6AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=manual+bim&ots=ITWtlGmAvf&sig=_1fSyCd3vGGDg2JnG_JnFyPgKZo#v=onepage&q=manual%20bim&f=false)>. Acesso em: 10/05/2018.

TEIXEIRA; Juliano Domingos – **Compatibilização de projetos através da modelagem 3D com uso de software em plataforma BIM**. 2016. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/164583>>. Acesso em: 10/05/2018.

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli – **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no brasil e tendências**. 2009. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/269149277\\_BIM\\_Conceitos\\_Cenario\\_das\\_Pesquisas\\_Publicadas\\_no\\_Brasil\\_e\\_Tendencias](https://www.researchgate.net/publication/269149277_BIM_Conceitos_Cenario_das_Pesquisas_Publicadas_no_Brasil_e_Tendencias)>. Acesso em 10/05/2018.

BURGARDT, Lilian; KINDLE, Mariana; REIS, Pâmela – **Como o BIM impacta cada agente do setor da construção. 2011.** Disponível em <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo282478-1.aspx>>. Acesso em: 10/05/2018.

PORTAL BRASIL ENGENHARIA – **Estudos de eficiência da edificação e sistema BIM podem garantir economia de até 30% nas obras.** 2016. Disponível em <<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/destaque/6664-estudos-de-eficiencia-da-edificacao-e-sistema-bim-podem-garantir-economia-de-30-apos-obras>>. Acesso em: 10/05/2018.

ROMANO, Fabiane Vieira – **Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações.** 2003. Disponível em <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50891/54973>>. Acesso em 10/05/2018.

NOVAES, Celso Carlos; COELHO, Sérgio Salles – **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil.** 2008. Disponível em <[http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO\\_2008.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf)>. Acesso em: 13/05/2018.

HAMED, Juliano – **BIM do 3D ao 7D.** 2015. Disponível em <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em 14/05/2018.

LEITE, Ellen Flávia Weis – **Bim – Um salto na engenharia de projetos.** 2016. Disponível em <<http://blogenghariaedeprojetos.blogspot.com.br/2016/11/bim-um-salto-na-engenharia-de-projetos.html>>. Acesso em: 14/05/2018.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli – **Ferramentas BIM: Um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto.** 2007. Disponível em <[https://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/CRESPO\\_2007.pdf](https://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/CRESPO_2007.pdf)>. Acesso em: 14/05/2018.

REIS, Cleber – **O que é Revit? Entenda a Definição e suas Vantagens.** 2017. Disponível em <<https://www.plataformacad.com/o-que-e-revit/>>. Acesso em: 15/05/2018.

SANTA, Amanda de – **BIM vai liderar mudanças na construção civil**. 2018. Disponível em <<https://www.folhadelondrina.com.br/cadernos-especiais/bim-vai-liderar-mudancas-na-construcao-civil-1005326.html>>. Acesso em: 15/05/2018.

AUTODESK (Org.) – **Um software CAD para todos, em todo lugar, a toda hora**. 2018. Disponível em <<https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview>>. Acesso em: 15/05/2018.

JUSTI, Alexander Rodrigues - **Implantação da plataforma revit nos escritórios brasileiros: relato de uma experiência**. 2008. Disponível em <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Desktop/9%C2%BA%20PER%C3%8DODO/TCC%20-%20COMPATIBILIZA%C3%87%C3%83O%20-%20MARIANA%20SORNAS/REFERENCIAL%20TE%C3%93RICO/REVIT%20NO%20BRASIL.pdf>>. Acesso em: 15/05/2018.

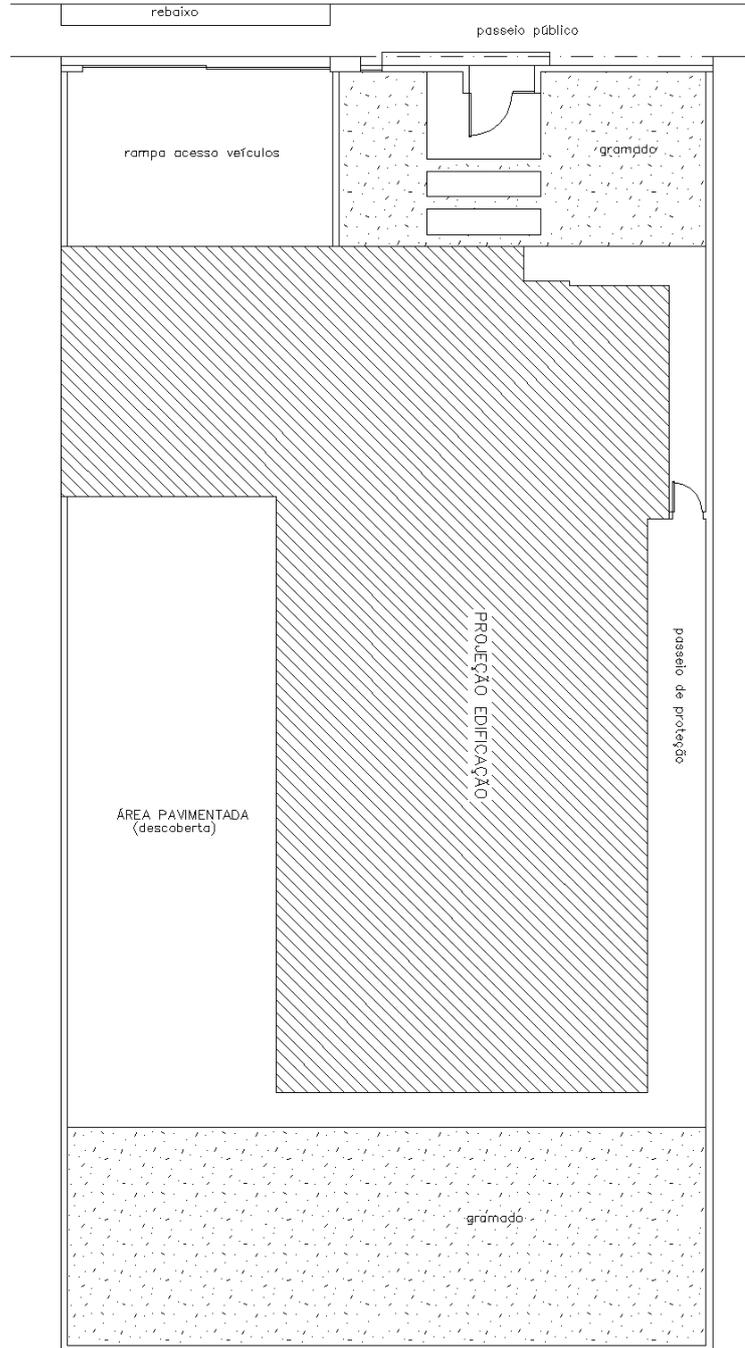
SPERANDIO, Kastelli Pacheco - **Estudo teórico e prático da coordenação de projetos de edificações na cidade de Belo Horizonte**. 2016. Disponível em <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/141.pdf>>. Acesso em 23/10/2018.

COSTA, Eveline Nunes - **Avaliação da metodologia bim para a compatibilização de projetos**. 2013. Disponível em <[http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3415/6/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_%20Avalia%C3%A7%C3%A3oMetodologiaBim.pdf](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3415/6/DISSERTA%C3%87%C3%83O_%20Avalia%C3%A7%C3%A3oMetodologiaBim.pdf)>. Acesso em 23/10/2018.

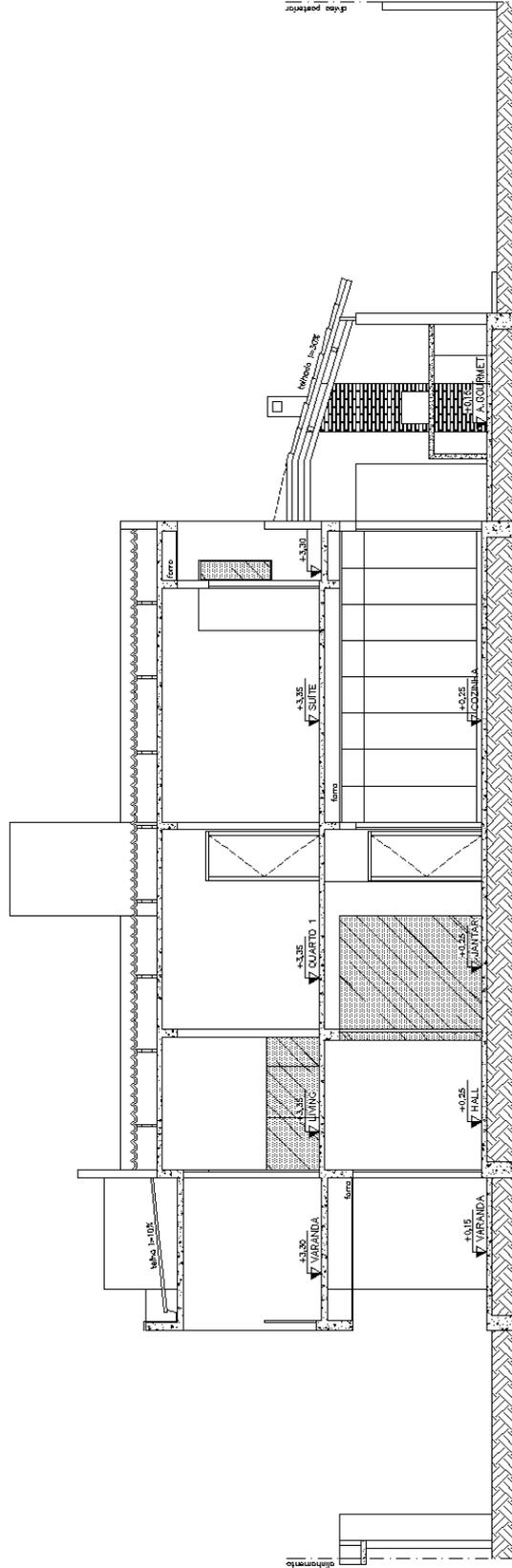
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

# ANEXOS

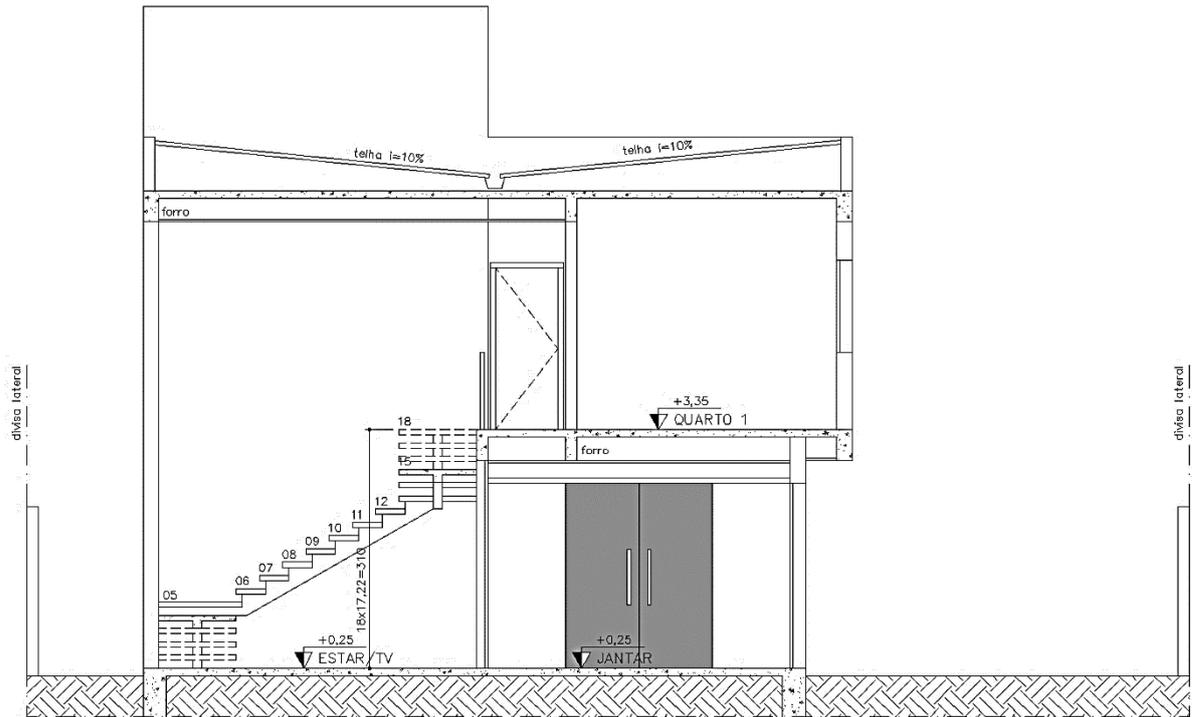
## Anexo A – Implantação – Adaptado



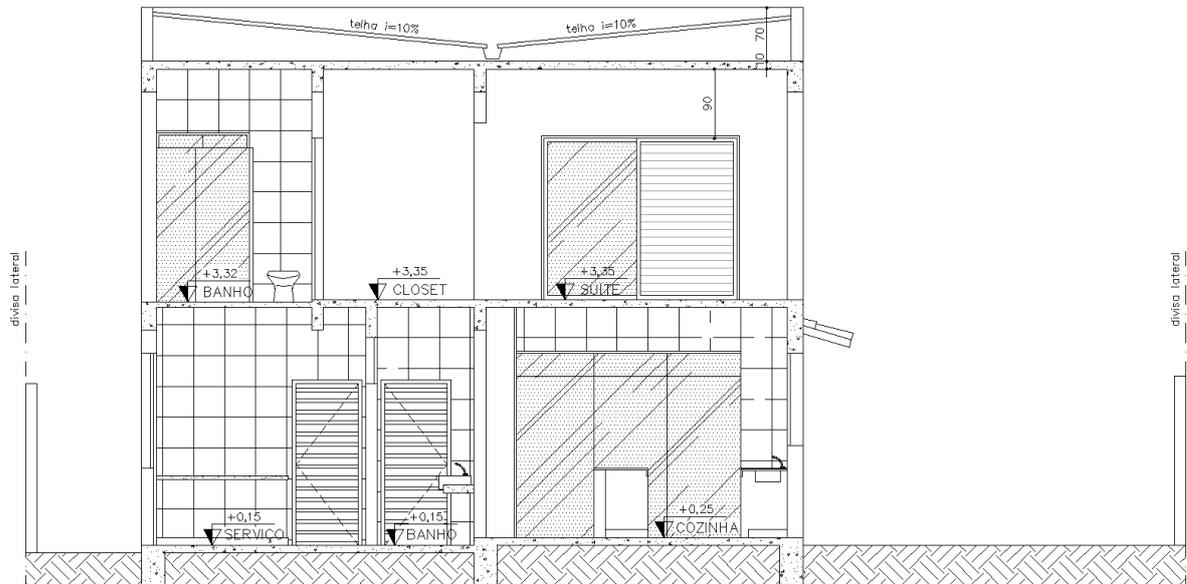
### Anexo B – Corte AA – Adaptado



### Anexo C – Corte BB – Adaptado



### Anexo D – Corte CC – Adaptado





**Anexo F – Fachada em perspectiva sem o gradil – Adaptado**



**Anexo G – Fachada em perspectiva com gradil – Adaptado**



## Anexo H – Nota sobre as dimensões das sapatas, pilares e vigas baldrame

### NOTAS

Medidas em centímetros.

- \* Pilares de 15x30cm : P7, P9, P11 e P14.
- \* Pilares de 20x20cm : P1, P2, P3, P4, P5, P6, P8, P10, P12, P13, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22 e P26.
- \* Pilares de 20x70cm : P15 e P24.
- \* Pilares de 35x80cm : P25
- \* Pilares de 20x80cm : P23
  
- \* Compactar e encher com pedras de mão e concreto traço: 1:3:5
- \* Concreto 20 MPA.

Sapatas:

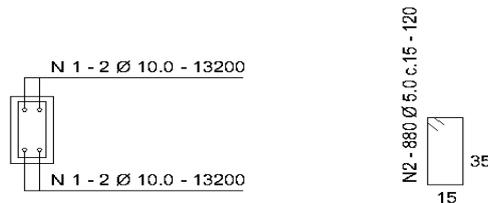
80x80x40 = B1, B3, B6, B7, B10, B13, B18 e B19.

100x100x50 = B2, B4, B8, B20, B21, B22, B23 e B26.

120x120x60 = B5, B9, B11, B12, B14, B15, B16, B17  
B24 e B25.

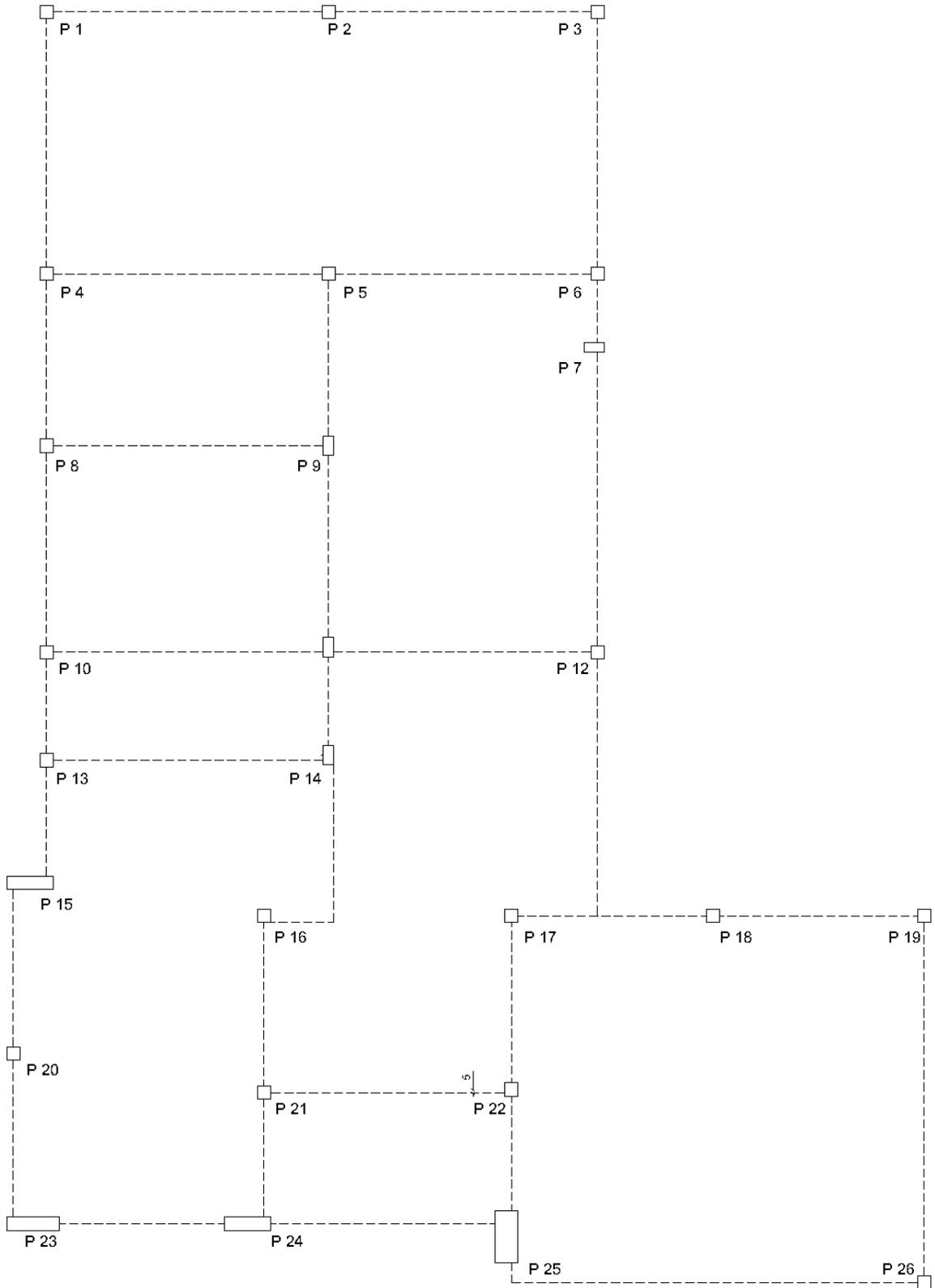
Fazer malha de 8mm c/15 nos blocos

Fazer brocas e encher com pedra de mão e concreto seco a cada 2,50m na cinta baldrame.

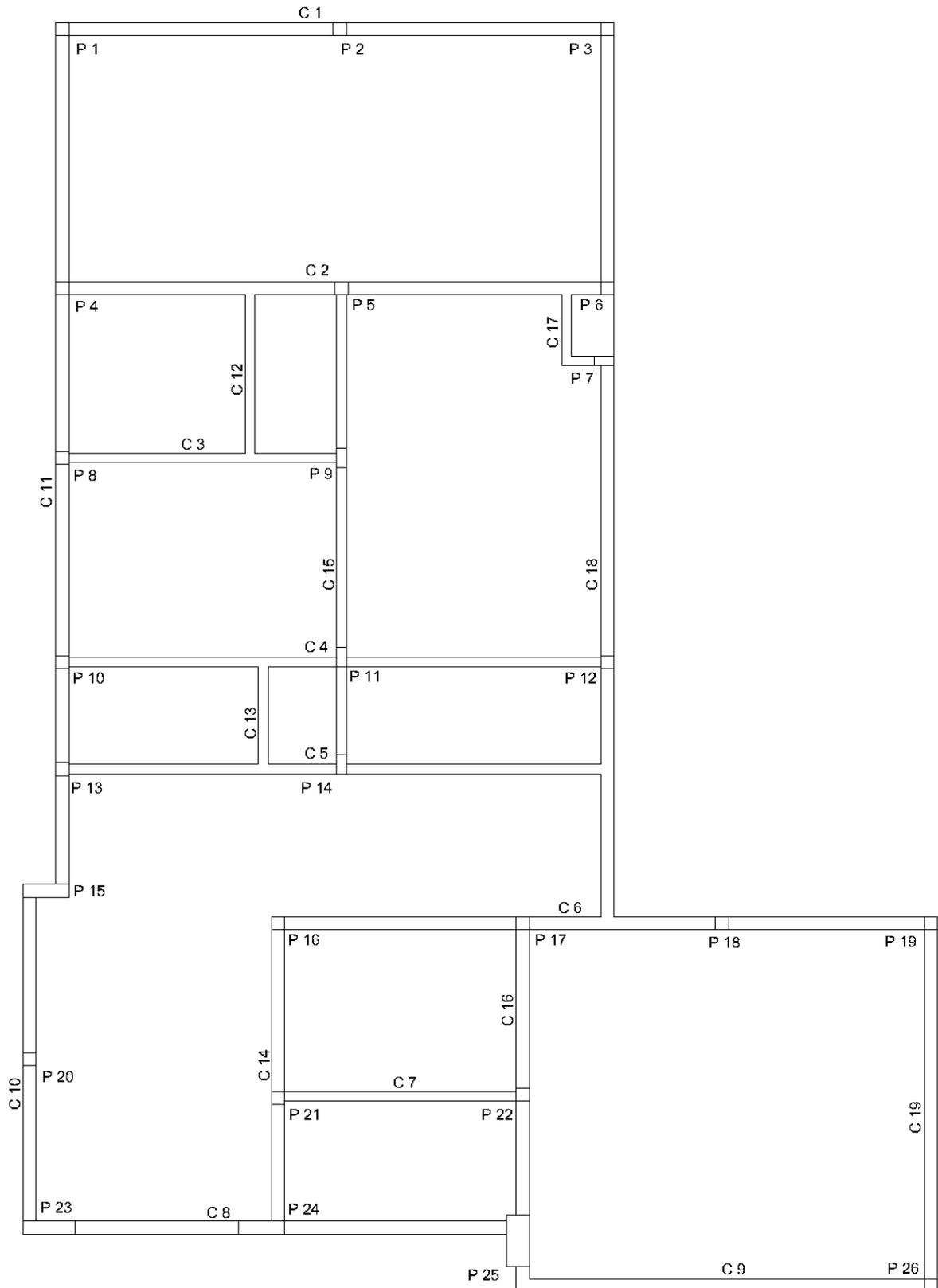


**Armação Cintas**  
( 20 x 40 )

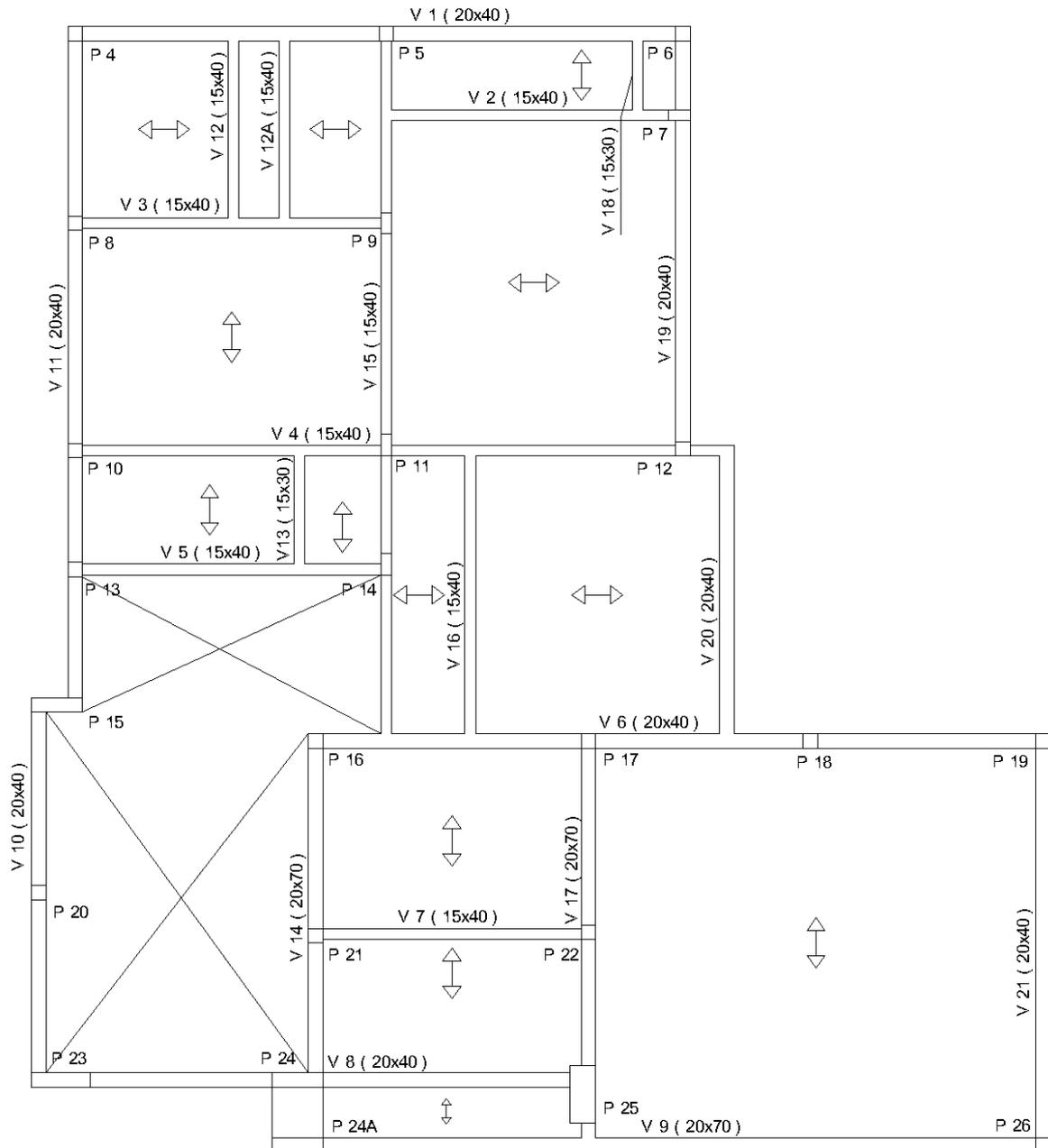
### Anexo I – Locação de pilares – Adaptado



### Anexo J – Vigas baldrame (cintas) – Adaptado



### Anexo K – Vigas e lajes do piso do pavimento superior – Adaptado



## Anexo L – Vigas e lajes da cobertura do pavimento superior – Adaptado

