



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII - PROFESSORA MARIA DA PENHA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

CAIO EWERTON DA SILVA RIBEIRO

**SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM NA IDENTIFICAÇÃO DE
INCOMPATIBILIDADES DE UMA OBRA NA CIDADE DE JOÃO
PESSOA-PB: UM ESTUDO DE CASO**

**ARARUNA-PB
2019**

CAIO EWERTON DA SILVA RIBEIRO

**SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM NA IDENTIFICAÇÃO DE
INCOMPATIBILIDADES DE UMA OBRA NA CIDADE DE JOÃO
PESSOA-PB: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Me. Welky Klefson Ferreira de Brito

ARARUNA-PB

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R484s Ribeiro, Caio Ewerton da Silva.

Sobre a utilização do BIM na identificação de incompatibilidades de uma obra na cidade de João Pessoa-PB [manuscrito] : um estudo de caso / Caio Ewerton da Silva Ribeiro. - 2019.

38 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2019.

"Orientação : Prof. Me. Welky Klefson Ferreira de Brito , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Gerenciamento de Obras. 2. Redução de Custos. 3. Construção Civil. I. Título

21. ed. CDD 692.5

CAIO EWERTON DA SILVA RIBEIRO

**SOBRE A UTILIZAÇÃO DO BIM NA IDENTIFICAÇÃO DE
INCOMPATIBILIDADES DE UMA OBRA NA CIDADE DE JOÃO
PESSOA-PB: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil como requi-
sito parcial à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Aprovada em: 04/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

Welky Klefson Ferreira de Brito

Prof. Me. Welky Klefson Ferreira de Brito
Orientador

Igor Souza Ogata

Prof. Me. Igor Souza Ogata
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Lauandes Marques de Oliveira

Prof. Esp. Lauandes Marques de Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho à minha família, por sempre acreditar em mim e me apoiar!

AGRADECIMENTOS

A toda minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida, sem eles eu não teria chegado até aqui.

Deixo um agradecimento especial a minha namorada Júlia Andréia da Nóbrega pelo amor, carinho, paciência e compreensão.

Ao meu orientador pelo incentivo e pela dedicação do seu escasso tempo ao meu projeto de pesquisa.

Também quero agradecer à Universidade Estadual da Paraíba e a todos os professores do meu curso pela dedicação a essa profissão tão essencial para a sociedade.

“Try to bear lightly what needs must be.”
(Socrates)

RESUMO

A compatibilização, que consiste em uma forma de interação entre os projetos em construção civil, é um tema relevante, podendo ajudar no cumprimento do cronograma físico-financeiro, ela pode ser feita por meio de modelos 2D ou BIM (*Building Information Modeling*). Este trabalho trata da compatibilização por meio do modelo BIM evidenciando sua importância e a possibilidade de redução de custos com sua utilização. Foi feita a modelagem dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário do pavimento tipo de uma obra e foi feita a sobreposição deles para se encontrar as incompatibilidades, além disso, foi feita uma estimativa dos custos adicionais decorrentes desses conflitos entre os projetos. Foram encontradas incompatibilidades entre janelas e vigas e entre tubulações de esgoto e a laje (*shafts* não previstos no projeto estrutural). Com o modelo BIM foi possível identificar conflitos antes não encontrados, os gastos adicionais decorrentes das interferências foram estimados em R\$ 8.092,42, os quais poderiam ter sido evitados.

Palavras-chave: Gerenciamento de Obras. Redução de Custos. Construção Civil.

ABSTRACT

Compatibility, which is a form of interaction between construction projects, is a relevant theme, can help meet the physical and financial schedule, can be done through 2D or BIM (Building Information Modeling) models. This paper deals with compatibility through the BIM model, highlighting its importance and the possibility of reducing costs with its use. Modeling of architectural, structural and hydrosanitary projects of the type of work was made and overlapped to find incompatibilities, and an estimate of the additional costs used in these cases between the projects was made. Incompatibilities were found between windows and beams and sewer and slab pipes (axes not foreseen in the structural design). The BIM model was able to identify conflicts not previously found, the additional interference costs were estimated at R\$ 8,092.42, which were avoided..

Key-words: Construction management. Cost Reduction. Construction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divergência na representação do mesmo pilar extraído dos projetos: Estrutura Metálica, Estrutura de Concreto e Arquitetônico	13
Figura 2 – O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício	18
Figura 3 – Fluxo de trabalho em BIM	21
Figura 4 – Esquema do fluxo na análise das incompatibilidades da obra	24
Figura 5 – Janela apresentada pelo <i>Revit 2018</i> , logo após abrir o programa	24
Figura 6 – Janelas apresentadas pelo <i>Revit</i>	25
Figura 7 – Planta do projeto arquitetônico indicando o local das incompatibilidades . .	26
Figura 8 – Incompatibilidade no <i>shaft 1</i>	27
Figura 9 – Incompatibilidade no <i>shaft 2</i>	28
Figura 10 – Incompatibilidade entre viga e janela proxima ao elevador	29
Figura 11 – Incompatibilidade entre viga e janela no patamar da escada	30
Figura 12 – Incompatibilidade entre o forro e a tubulação de esgoto	31
Figura 13 – Furos feitos no <i>shaft 1</i>	32
Figura 14 – Furos feitos no <i>shaft 2</i>	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Origens dos problemas patológicos na construção civil	18
Tabela 2 – Gastos adicionais dos <i>shafts</i> 1 e 2	33
Tabela 3 – Resumo das incompatibilidades, solução adotada e os gastos estimados . . .	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
NBR	Norma Brasileira Registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Gerais	15
1.2.2	Específicos	15
1.3	JUSTIFICATIVA	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	PROJETOS EM ENGENHARIA	17
2.2	MODELAGEM EM CAD	19
2.3	COMPATIBILIZAÇÃO E COORDENAÇÃO DE PROJETOS	19
2.4	BIM	20
3	METODOLOGIA	23
3.1	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	23
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	23
4	RESULTADOS	26
4.1	PROJETO ARQUITETÔNICO	26
4.2	INCOMPATIBILIDADE NO <i>SHAFT</i> 1	26
4.3	INCOMPATIBILIDADE NO <i>SHAFT</i> 2	28
4.4	INCOMPATIBILIDADE ENTRE VIGAS E JANELAS	29
4.5	INCOMPATIBILIDADE ENTRE FORRO E TUBULAÇÃO DE ESGOTO	31
4.6	ESTIMATIVA DE CUSTOS ADICIONAIS DECORRENTES DAS INCOMPATIBILIDADES	32
5	CONCLUSÃO	34
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	34
	REFERÊNCIAS	35
	APÊNDICE A – PLANTA DO PAVIMENTO TIPO	38

1 INTRODUÇÃO

Os diferentes projetos em engenharia civil geralmente são elaborados por profissionais distintos. Primeiro é elaborado o projeto arquitetônico (normalmente por um arquiteto), depois são feitos, com base no projeto arquitetônico, os demais projetos necessários. Dentre estes, pode-se citar o projeto estrutural, que normalmente é elaborado por um projetista, e o projeto hidrossanitário, que, na maioria dos casos, é elaborado por outro. Assim, dependendo da quantidade de projetos necessários a uma obra e de sua complexidade, pode-se ter diversos projetistas envolvidos, cada um trabalhando separadamente tendo por base o projeto arquitetônico, podendo gerar incompatibilidades entre os projetos produzidos por eles. Desse modo, faz-se necessária a interação entre eles, esta pode ser feita por meio da compatibilização dos projetos, que é a sobreposição dos projetos antes do início da construção, o que permite a identificação das interferências na fase de planejamento e a identificação das soluções que se adequem às necessidades do empreendimento.

A compatibilização é uma forma de interação dos projetos da obra, o objetivo é identificar as possíveis interferências existentes bem como eliminá-las por meio de ajustes em cada projeto, diminuindo, assim, o retrabalho, o tempo de execução e o desperdício de materiais. Como exemplos de interferências ou conflitos entre os projetos pode-se citar o caso de uma tubulação que passa por uma viga, sendo que o furo não foi previsto pelo engenheiro estrutural, ainda, a título de exemplo, Araújo (2015) mostra um caso em que o perfil metálico do pilar previsto nos projetos arquitetônico, de fundações e estrutural divergiam entre si (Figura 1), cada um previa um perfil diferente, o que evidencia a falta de comunicação entre os projetistas.

Figura 1 – Divergência na representação do mesmo pilar extraído dos projetos: Estrutura Metálica, Estrutura de Concreto e Arquitetônico



Fonte: Araújo (2015).

O modelo BIM pode ser utilizado na compatibilização de projetos por meio da sobreposição dos projetos em 3D, onde a principal diferença da utilização do modelo BIM em relação aos desenhos em CAD é que, diferente deste, que usa linhas para representar os diferentes elementos

construtivos (alvenaria, vigas, lajes, etc.), aquele usa objetos paramétricos na representação dos elementos construtivos, trazendo no modelo digital as características físicas e funcionais da edificação, e, assim, aproximando-se mais da realidade. Dessa forma, um dos pontos principais para que a aplicação do método funcione é que, segundo Souza (2017), o programa tenha informação suficiente para interpretar além de propriedades geométricas, propriedades físicas como o material, termo-acústicos, custos, entre outros.

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Há diversos estudos sobre aspectos da compatibilização de projetos e que evidenciam a importância de se integrar os vários projetos.

Pinto (2016) fez uma análise de uma edificação composta por 30 pavimentos tipo, 3 pavimentos de garagem e um mezanino. Segundo o autor, apenas o pavimento tipo foi analisado, por apresentar incompatibilizações mais relevantes. Neste trabalho foram feitas sobreposições das plantas (2D) dos projetos para, identificar as possíveis interferências e propor soluções. Ficou constatado que a falta de comunicação entre os envolvidos contribuiu para muitas das interferências entre os projetos e que muitos problemas poderiam ter sido evitados. Araújo (2015) analisou um galpão de triagem e constatou interferências entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário e que a falta de comunicação entre os projetistas foi ponto chave na causa das interferências de projeto, concluindo que a comunicação entre os mesmos é de fundamental importância.

Em seu trabalho, Ávila (2011) analisou uma edificação de 7 pavimentos em que a compatibilização foi realizada por meio da sobreposição das plantas por meio de software CAD (2D), as incompatibilidades encontradas foram listadas em tabelas e, ainda na fase de projeto, houve comunicação entre os projetistas e os conflitos entre projetos foram solucionados. Entretanto, segundo o autor, alguns conflitos ainda apareceram na fase de execução da obra, o que pode ter sido causado pela simplicidade do sistema CAD (2D).

No seu estudo de caso, Souza (2017), fez a análise de uma edificação residencial de múltiplos pavimentos, constatou problemas na compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário, e que fossem elaborados em maquete virtual compartilhada entre os diversos projetistas das diferentes disciplinas, os problemas de compatibilização seriam facilmente resolvidos, além do dispêndio de tempo e gasto de dinheiro, que seriam bem menores. Já Conte (2014) analisou uma edificação de 8 pavimentos com a utilização de diversos softwares BIM para "a identificação das possíveis formas de associação e representação de informações do controle de execução da obra ao modelo BIM/IFC da edificação," em sua conclusão enfatiza, ainda, a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas que abordem o uso do BIM. Almeida (2016) avaliou "as vantagens e desvantagens do uso de BIM como plataforma tecnológica para produção de projeto as *built* de sistemas prediais hidrossanitários em uma edificação institucional.

"Foi feita uma comparação da utilização do modelo CAD e BIM, o autor afirma que o modelo BIM se mostrou mais eficiente que o modelo CAD.

Monteiro et al. (2017) analisaram duas obras, sendo uma composta por três subsolos, um pavimento térreo e quarenta e nove pavimentos tipos, e a outra uma obra pública, ficou constatado que por meio da utilização de modelos BIM, as incompatibilidades poderiam ter sido evitadas. De forma semelhante, Marsico et al. (2017) analisaram as incompatibilidades, por meio de BIM, de uma edificação residencial multi familiar de dois pavimentos. Os autores enfatizam a importância da colaboração e integração entre os projetos, bem como a importância do ensino de BIM nas universidades.

Schultz (2019) fez a análise de uma residência unifamiliar, contemplando modelagem dos projetos em BIM, compatibilização, elaboração de orçamento, etc. O autor conclui afirmando que o modelo BIM "proporcionou a detecção de diversos conflitos durante a etapa de projeto", além da diminuição do tempo para a quantificação dos materiais a serem utilizados durante a execução. Flores (2017) comparou "as incompatibilidades de um projeto residencial unifamiliar elaborado em CAD 2D com a sua modelagem em BIM 3D." O autor afirma que o BIM acarreta "uma mudança no processo construtivo como um todo", sendo de suma importância para a identificação das incompatibilidades e para maior qualidade da obra.

Klein (2018) buscou "demonstrar uma maneira de como utilizar um modelo BIM para controle do cronograma durante a etapa de execução de obra," e também a obtenção de quantitativos de materiais. Em seu estudo, Tagliari (2018) fez uma análise do modelo BIM aplicado a túneis na fase de "pré-dimensionamento e estudos prévios de traçado", e diz que "foi possível desenvolver um modelo versátil e pô-lo a teste, o resultado obtido foi muito satisfatório e foi possível aferir com agilidade uma estimativa de consumo de materiais para o projeto." Já Pedroso (2016), analisou uma "edificação de sete pavimentos tipo, um pavimento cobertura, térreo e garagem com área total de 4.813,12 m.", e afirma que conseguiu "um ganho significativo na confiabilidade e na agilidade das informações geradas pelas ferramentas BIM."

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Gerais

Analisar a importância da utilização de modelos em BIM na compatibilização de projetos e evidenciar problemas de uma obra real no que diz respeito à incoerência entre os projetos.

1.2.2 Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Modelar o pavimento tipo de uma obra em BIM;

- Apresentar pontos de incompatibilidade entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrosanitário;
- Descrever os possíveis problemas causados pelas incompatibilidades;
- Apresentar as soluções adotadas;
- Estimar os gastos decorrentes das incompatibilidades.

1.3 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho busca evidenciar a importância de um modelo BIM de edificações na compatibilização de projetos em engenharia civil, haja vista que sua utilização pode trazer economia tanto de tempo, quanto de recursos financeiros, pois por meio da modelagem de edificações em BIM, tornam-se mais claras as incompatibilidades entre os projetos, o que possibilita a solução dos conflitos entre os mesmos antes do início da etapa de execução, evitando retrabalhos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nos primórdios, desenhos em pedras eram feitos como forma de comunicação, as informações transmitidas eram referentes a caça e sobrevivência (MADSEN; MADSEN, 2012). Com o evoluir das sociedades, as necessidades de comunicações mudaram, precisava-se comunicar outras coisas, entre elas era preciso transmitir aos diversos trabalhadores os detalhes construtivos das obras. Segundo Madsen e Madsen (2012), "por milhares de anos projetistas de estruturas antigas usavam esboços e desenhos para representar invenções arquitetônicas e ajudar a distribuir a informação entre os trabalhadores."

Na engenharia, os desenhos são a forma de comunicação entre os profissionais. Antes do desenvolvimento dos softwares computacionais para o auxílio dos projetos, os desenhos eram elaborados à mão. Ao longo das últimas décadas, o desenvolvimento dos computadores mudou drasticamente o mundo em que vivemos, afetando, inclusive, o setor de projetos e construção civil por meio da criação e constante aprimoramento de ferramentas que auxiliam o projeto e execução de obras, dentre essas ferramentas encontramos o *Computer Aided Design* (CAD), que é traduzido como desenho assistido por computador, e o *Building Information Modeling* (BIM), que pode ser traduzido como modelagem da informação da construção (PINTO, 2016), os quais serão discutidos em tópicos específicos.

2.1 PROJETOS EM ENGENHARIA

Segundo a INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2015), "projeto é um conjunto de atividades controladas com datas de início e fim, realizado para alcançar um objetivo em conformidade com requisitos especificados, incluindo as limitações de prazo, custos e recursos." Na engenharia, pode-se definir um projeto como sendo um conjunto de desenhos gráficos que conduzem à execução de uma construção, conforme normas técnicas, legislação e práticas.

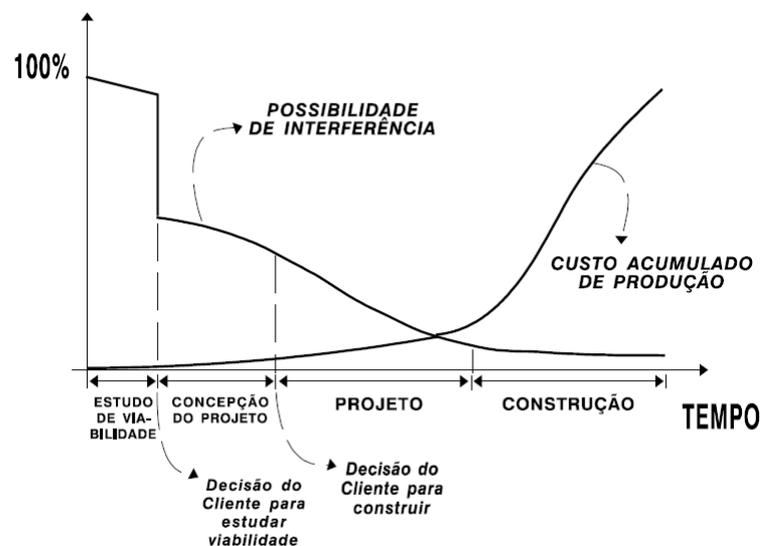
No projeto é criado o produto, tento este o dever atender às necessidades, aos desejos dos clientes e também de ser acessível em termos de custos. As soluções adotadas pelos projetistas influenciam tanto no custo como no funcionamento da edificação ao longo de sua vida útil (ARAÚJO, 2015).

No que diz respeito à elaboração dos projetos, esta atividade demanda tempo, profissionais especializados em determinadas áreas e uma diversidade de informações tanto desses profissionais como dos consumidores, construtores e profissionais da área. (SEARS; SEARS; CLOUGH, 2008). Desenvolver projetos é uma atividade incremental: a medida que eles são desenvolvidos, como consequência da comunicação das diversas equipes envolvidas, interagem e são aprimorados, resultando em um produto de qualidade (MCCAHAN et al., 2015). Durante a elaboração dos projetos deve haver coordenação, que é o planejamento da criação dos projetos

e envolve constante comunicação entre os diversos projetistas para que as divergências sejam solucionadas de forma econômica. O coordenador deve ser entendido como um facilitador, ele deve ter capacidade gerencial e de integrar equipes, sua função é garantir a comunicação entre os envolvidos no projeto, fazendo estes convergirem para as melhores soluções possíveis. (ARAÚJO, 2015)

No que se refere a custos, a Figura 2, que mostra a possibilidade de interferência na redução dos custos das fases de uma obra, evidencia que a fase de projeto está entre as mais relevantes.

Figura 2 – O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício



Fonte: Hammarlund e Josephson (1992 apud MELHADO; AGOPYAN, 1995, p. 5)

Já a Tabela 1 evidencia que das origens dos problemas patológicos na construção civil, 60% são decorrentes dos projetos.

Tabela 1 – Origens dos problemas patológicos na construção civil

ORIGENS DOS PROBLEMAS	(%)
Projeto	60
Construção	26,4
Equipamentos	2,1
Outros	11,5
TOTAL	100

Fonte: Abrantes (1995 apud SANTOS, 2014, p. 11)

2.2 MODELAGEM EM CAD

A *Autodesk* (que é uma empresa que desenvolve *softwares* CAD e BIM) define CAD nos termos seguintes: "CAD, ou projeto e desenho auxiliados por computador (CADD), é uma tecnologia para *design* e documentação técnica que substitui o desenho manual por um processo automatizado" (AUTODESK, 2019). Os desenhos elaborados em CAD são similares aos feitos à mão, sendo que aqueles podem ser mais facilmente modificados, permitindo aos engenheiros uma economia de tempo com sua utilização (PINTO, 2016).

Em um modelo CAD, é feita a interpretação de um modelo de linhas em 2D, de forma visual, o que pode gerar erros na identificação das incompatibilidades presentes nos projetos. Há pouca informação nos desenhos CAD, a obtenção de quantitativos é feita pela interpretação das medidas das linhas do desenho, o usuário deve fazer as medidas, interpretá-las e obter os quantitativos por meio de cálculos. Essa forma de análise pode gerar perda de tempo, e requer bastante atenção para que se consiga eliminar os erros (SOUZA, 2017).

A tecnologia em CAD é interpretada de uma maneira gráfica tradicional, onde o projetista deve analisar apenas o desenho para seu entendimento. E ainda existe a interpretação do *desing*, que pode ser bidimensional ou tridimensional; nas representações gráficas em 2D o projetista envolvido é obrigado a utilizar a mente para memorização e interpretação do modelo projetado. A representação em 3D pode ser visualizada por três modelos diferentes, os quais sejam, o modelo estrutura de arame, composição por superfície e sólidos (FERREIRA, 2007). Conforme Ferreira (2007) a modelagem por Geometria de Sólidos Construtivos acontece por meio de operações booleanas, as quais são formadas pela união, intersecção e subtração, em que os principais sólidos primitivos geométricos são esfera, cilindro, paralelepípedo, cone e cunha.

No que diz respeito à compatibilização o com o uso do CAD, ela é feita pela sobreposição das plantas em 2D, que é uma forma simplificada, levando em consideração as ferramentas existentes atualmente (ARAÚJO, 2015).

2.3 COMPATIBILIZAÇÃO E COORDENAÇÃO DE PROJETOS

Dentre os diversos projetos em obras de edificações, o primeiro projeto desenvolvido é o arquitetônico, a partir deste são desenvolvidos os demais, muitas vezes por profissionais distintos. Assim, faz-se necessária a comunicação entre os projetistas para que haja harmonia entre os projetos. A compatibilização tem o objetivo de garantir que os projetos estarão livre de interferências uns com os outros (ÁVILA, 2011). Muitas das respostas para as incompatibilidades se dá por meio da compatibilização entre diversas disciplinas (projetos) da edificação, evitando que os vários elementos construtivos como paredes, tubulações, estrutura, etc., se cruzem dificultando a execução (JR; SCHEER, 2008).

A compatibilização é uma atividade que se desenvolve na fase de projeto e busca reduzir

os custos de um empreendimento imobiliário, bem como o tempo de execução, por meio da integração entre os projetos, evitando soluções equivocadas no momento da execução e garantindo a qualidade da construção. Consistindo em verificar, localizar e propor soluções para as colisões geométricas (físicas) entre os projetos da edificação, evitando soluções equivocadas para tais colisões no momento da execução (ARAÚJO, 2015). A compatibilização objetiva uma execução mais fácil e rápida e a minimização dos desperdícios, problemas de incompatibilidade solucionados na execução podem comprometer a qualidade da obra (CALLEGARI, 2007).

É relevante, também, o conceito de coordenação de projetos. Novaes et al. (2008) explica que a coordenação tem por objetivo atender a critérios para garantir a qualidade das edificações por meio de soluções adequadas para os conflitos entre os projetos, ainda na fase de elaboração destes. É imprescindível a experiência do coordenador de projetos e sua habilidade em lidar com pessoas, visto que, em determinados empreendimentos, há vários projetistas, arquitetos, construtores, etc.

A coordenação é o estabelecimento de comunicação entre os envolvidos nos projetos de uma edificação, esta fase antecede a compatibilização, que identifica as interferências. A coordenação de projetos tem o objetivo de estabelecer harmonia entre os envolvidos para que as soluções sejam as melhores e mais econômicas possíveis, e atendam aos critérios pré-estabelecidos (ARAÚJO, 2015).

Segundo Pinto (2016), a coordenação pode sofrer modificações ao longo do tempo para se adequar às necessidades de cada fase dos projetos. O coordenador de projetos induz a uma comunicação amigável, convergindo propostas para os problemas, solucionando-lhes de forma mais econômica possível, garantindo a qualidade da edificação e a minimização dos desperdícios e retrabalhos.

É de fundamental importância o planejamento ainda na fase de elaboração dos projetos, a falta de planejamento pode causar vários empecilhos e até prejuízos. Um planejamento adequado pode melhorar a competitividade das empresas do ramo da construção, reduzindo custos e garantindo edificações seguras, de qualidade. (CALLEGARI, 2007)

A coordenação de projetos tem o objetivo de estabelecer um elo entre os envolvidos nos projetos de engenharia para solucionar conflitos entre estes, através de soluções simples, econômicas e que satisfaçam todos os envolvidos e levem em consideração as necessidades dos clientes. Percebe-se que é imprescindível o conhecimento e a experiência do coordenador bem como o bom senso, o diálogo, etc. nessa fase de resolução de conflitos.

2.4 BIM

O modelo BIM serve para integrar os diversos projetos e para gerar informações a partir de dados do próprio modelo (KENSEK; NOBLE, 2014), dessa forma, faz-se necessária a

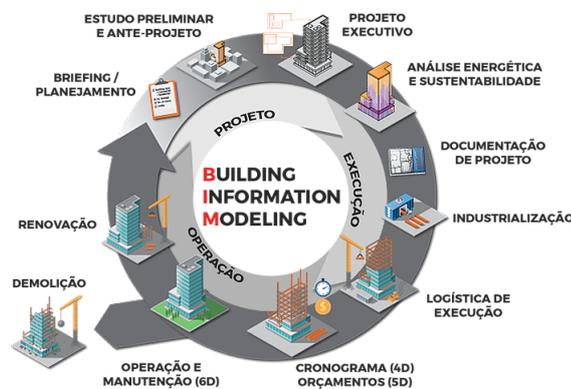
coordenação entre os diversos envolvidos (arquitetos, engenheiros, construtores, etc.). Em seu trabalho, Andrade e Ruschel (2009) explicam que a utilização de um modelo BIM paramétrico permite a extração de diversas informações (por exemplo, uma porta pode ter suas dimensões, materiais, preço e fabricante associados ao objeto porta, essas características, uma vez informadas ao software, podem ser facilmente extraídas em tabelas) e ainda a realização de algumas verificações pertinentes ao modelo, permitindo a antecipação de possíveis problemas antes do início da construção. O BIM faz o uso das tecnologias computacionais para tornar possível construções com instalações mais eficientes e com menos agressão ao meio ambiente ao longo do seu ciclo de vida, visando, assim, à economia, à racionalização da mão de obra e de materiais e a reduzir o tempo de produção dos projetos.

O National Institute of Building Sciences (2007, p. 21) define BIM da seguinte forma:

"BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, ele serve como um recurso de conhecimento compartilhado para informações sobre uma instalação que forma uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida, desde o início. Uma premissa básica do BIM é a colaboração de diferentes partes interessadas em diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações no BIM para apoiar e refletir os papéis dessa parte interessada."

O termo BIM significa modelagem da informação da construção, mas não expressa o real sentido em si, tanto é que não há na literatura um consenso sobre a sua definição (EASTMAN et al., 2008). O modelo BIM pode fornecer quantitativos de todos os materiais da obra de forma precisa e rápida, para isso, deve ser elaborado com tal intenção. O modelo BIM fornece ainda uma maquete eletrônica paramétrica da obra, que pode usada para a compatibilização dos projetos.

Figura 3 – Fluxo de trabalho em BIM



Fonte: Veredas (2019).

A Figura 3 ilustra as etapas que podem compor o fluxo de trabalho em BIM (percebe-se que não se trata de regra absoluta), passando por projeto, execução e operação.

No que diz respeito a sua implementação, alguns casos de fracasso na implementação do BIM no Brasil se devem a diversos fatores, dentre os quais o pensamento de que um projeto elaborado por meio do BIM é uma despesa a mais e a desvalorização do setor de projetos aliado à necessidade de altos investimentos em BIM por parte destes. Na verdade a implementação do BIM é um processo que modifica a empresa, além disso, deve ser implementado paulatinamente. Quando dominado o fluxo de trabalho em BIM, têm-se aumento de produtividade, redução nos prazos, redução nos custos, redução de revisões de projetos, etc. (AMORIM, 2018).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é composta de um estudo de caso sobre a compatibilização de projetos em engenharia civil, abordando diversos aspectos da compatibilização e o conceito de BIM. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, em que foi feito um estudo sobre a compatibilização de projetos e acerca de normas relacionadas aos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário. O tipo de pesquisa é tida como descritiva, na qual foi realizada uma análise de projetos.

3.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

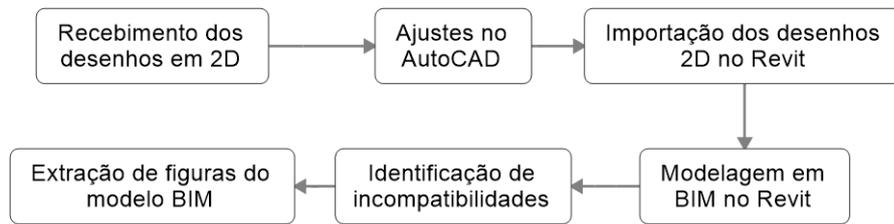
Trata-se de um estudo de caso desenvolvido em uma edificação residencial composta por nove pavimentos tipo, um subsolo, um pavimento térreo e a cobertura. O estudo foi desenvolvido apenas no pavimento tipo, por apresentar incompatibilizações de maior relevância envolvendo os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário, localizado na cidade de João Pessoa - PB, onde foram utilizadas as plantas em 2D dos projetos citados acima, e modeladas em BIM para se evidenciar a importância de tal modelo, tendo em vista os recursos computacionais disponíveis atualmente. As plantas não serão aqui reproduzidas nem será citado o nome da empresa que as forneceu, pois esta não concedeu autorização para tal.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Esta pesquisa apresenta um estudo de caso no qual foi feita a modelagem em BIM dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário do pavimento tipo da obra citada no tópico anterior, desse modo, pôde-se identificar com maiores detalhes as incompatibilidades. Os *softwares* utilizados foram o *Revit 2018* e o *AutoCAD 2018*, ambos na versão estudante. O *Revit* foi utilizado para fazer a modelagem em 3D e o *AutoCAD* foi utilizado para fazer ajustes nos arquivos fornecidos pela empresa antes da importação para o *Revit*.

As plantas foram recebidas no formato *.dwg*, que é compatível com os dois *softwares* usados. Os ajustes feitos nos arquivos *.dwg* com o auxílio do *AutoCAD* foram apenas os seguintes: 1) adequado posicionamento no plano cartesiano (posicionando-se um ponto de referência em comum das plantas na origem do plano cartesiano do desenho, facilitando o posterior trabalho no outro software) e 2) ajustes na escala do desenho. Em seguida, foi feita a importação dos arquivos no *Revit*. Os próximos passos foram: 1) a modelagem dos projetos, em que cada projeto foi modelado separadamente; 2) sobreposição dos modelos em 3D e identificação das incompatibilidades; 3) extração de figuras que evidenciam as interferências. A Figura 4 mostra um esquema de como foi a abordagem desde o recebimento das plantas em 2D até a obtenção das figuras.

Figura 4 – Esquema do fluxo na análise das incompatibilidades da obra

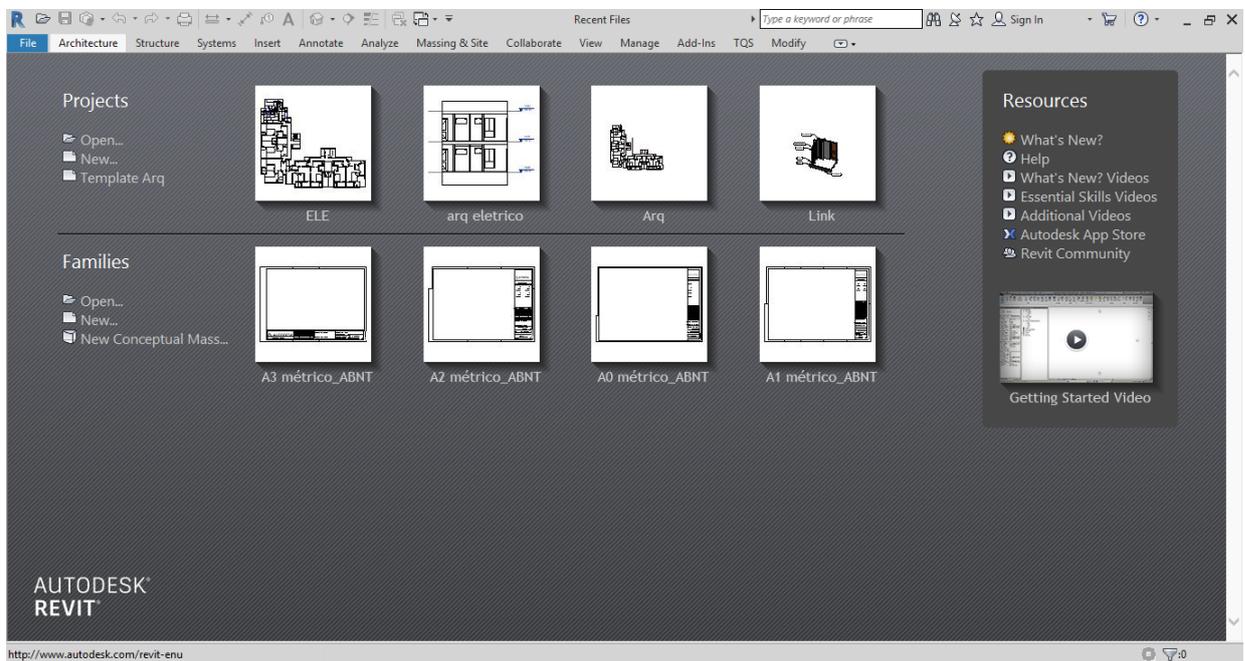


Fonte: Próprio autor (2019).

O *Revit* tem foco em edificações, gerando, além do modelo 3D, informações acerca das construções nele modeladas. Já o *AutoCAD* é usado em diversos ramos da engenharia, de forma mais genérica, auxiliando os profissionais na elaboração de desenhos.

A Figura 5 mostra a janela apresentada pelo *Revit 2018*, logo após ele ser aberto. Essa janela mostra os arquivos e famílias recentemente abertos. Para a criação de um novo projeto pode-se escolher um *template* pré-existente ou nenhum *template*.

Figura 5 – Janela apresentada pelo *Revit 2018*, logo após abrir o programa



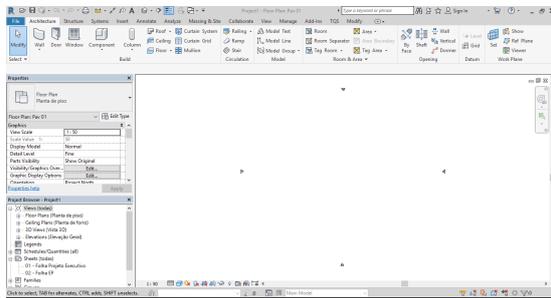
Fonte: Próprio autor (2019).

Após a escolha do *template*, o *Revit 2018* mostra uma janela parecida com a mostrada na Figura 6a, dependendo do *template*, das configurações e preferências do usuário.

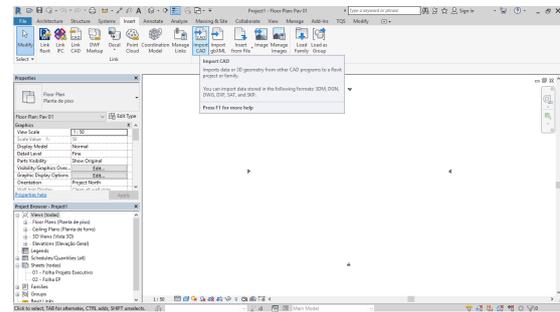
A partir daí, pode ser feita a importação de arquivos *.dwg* por meio da guia *Insert*, como mostrado na Figura 6b. Ao clicar em *Import CAD* é possível escolher o arquivo a ser importado.

Figura 6 – Janelas apresentadas pelo Revit

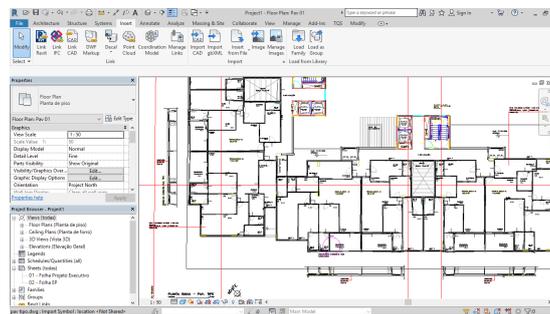
(a) Após a escolha do template



(b) Importando arquivo



(c) Após importação do arquivo



Fonte: Próprio autor (2019).

Após a importação do *.dwg*, é possível a modelagem da arquitetura no *Revit 2018* de maneira mais fácil e rápida. O mesmo procedimento foi feito com os demais projetos.

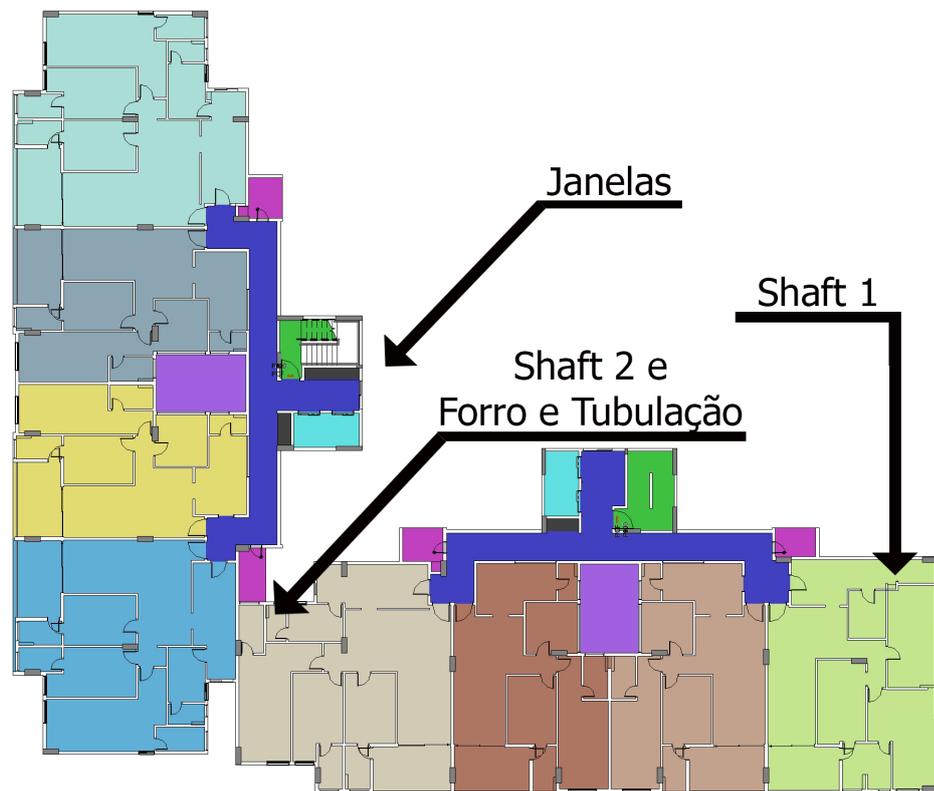
4 RESULTADOS

Neste capítulo será apresentado o projeto arquitetônico da obra e, em seguida, as incompatibilidades por meio de figuras extraídas do modelo BIM. Também serão apresentadas as discussões pertinentes aos problemas nelas encontrados.

4.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

A Figura 7 apresenta o projeto arquitetônico do pavimento tipo, que é composto por oito apartamentos, duas escadas e dois elevadores, e indica a localização de cada incompatibilidade encontrada. A planta pode ser encontrada no apêndice deste trabalho.

Figura 7 – Planta do projeto arquitetônico indicando o local das incompatibilidades



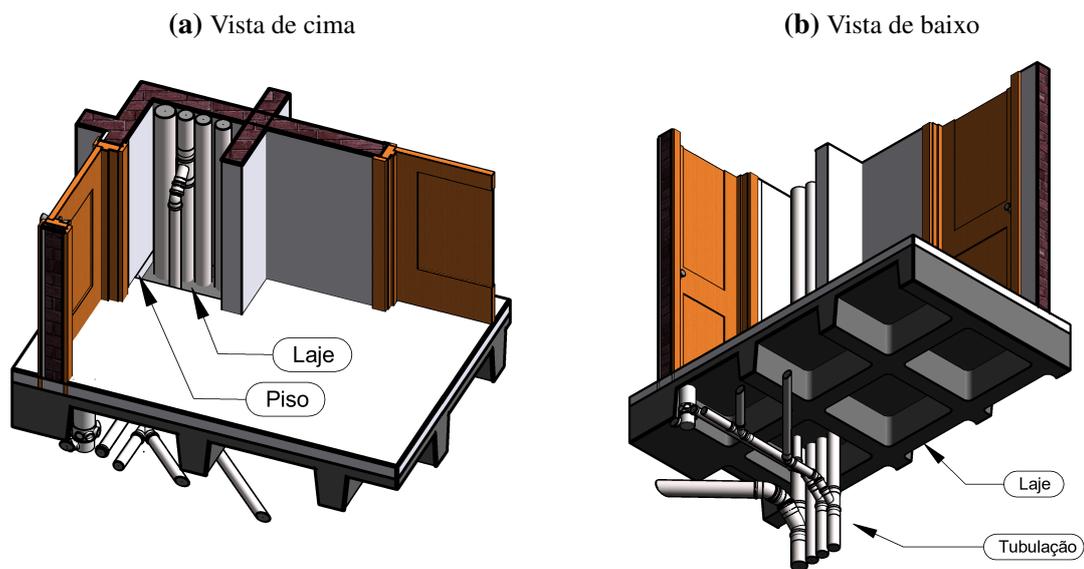
Fonte: Próprio autor (2019).

Os pontos indicados são referentes às incompatibilidades encontradas: incompatibilidade nos *shafts* 1 e 2, entre vigas e janelas e entre forro e tubulação de esgoto.

4.2 INCOMPATIBILIDADE NO *SHAFT* 1

Uma das incompatibilidades encontradas após a sobreposição dos projetos modelados em BIM é evidenciada na Figura 8. Trata-se das tubulações vindas de um banheiro e uma área de serviço. A incompatibilidade presente é em relação ao *shaft* (abertura na laje) para a passagem da tubulação de esgoto, onde essa abertura foi prevista nos projetos hidrossanitário e arquitetônico, mas não foi prevista no projeto estrutural.

Figura 8 – Incompatibilidade no *shaft* 1



Fonte: Próprio autor (2019).

O piso foi modelado de forma independente da laje de concreto armado, quando da sobreposição, as aberturas previstas na arquitetura e não previstas no projeto estrutural são facilmente visíveis.

Esse tipo de situação causa problemas na obra, na hipótese da laje ser quebrada para a passagem da tubulação, um dos problemas que tal interferência pode ocasionar é a inconformidade com a NBR 6118 (2014), que descreve os procedimentos para projeto e execução de estruturas de concreto armado e, em seu item 13.2.5 Furos e Aberturas, afirma o seguinte:

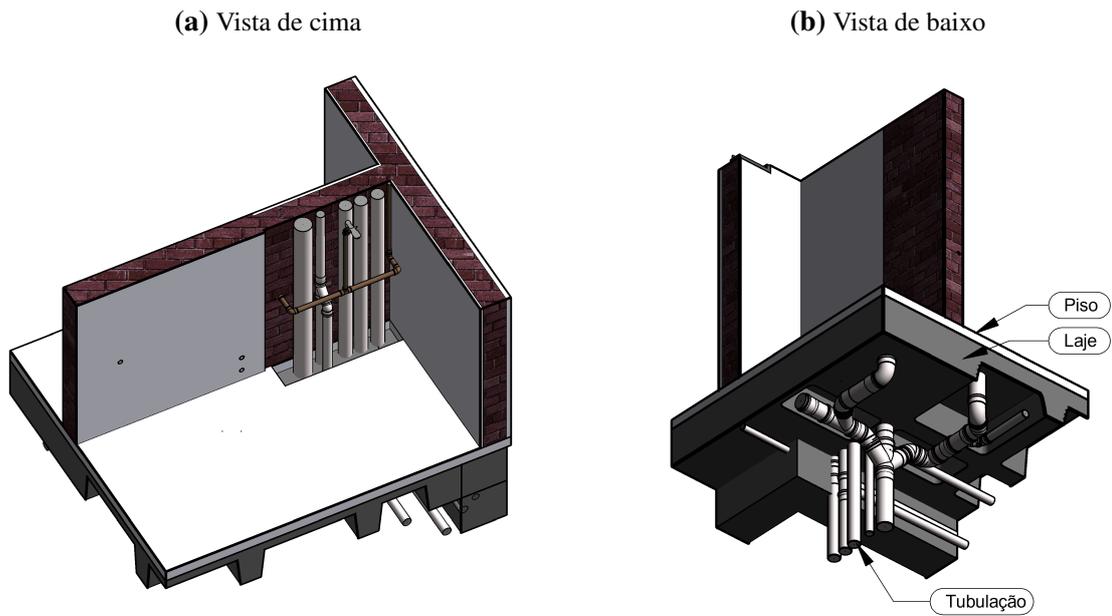
Quando forem previstos furos e aberturas em elementos estruturais, seu efeito na resistência e na deformação deve ser verificado e não podem ser ultrapassados os limites previstos nesta Norma, obedecido, ainda, o disposto no item 21.3 da NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Assim, as aberturas e furos devem estar previstos no projeto estrutural. Outro problema seria o trabalho de fazer essa abertura, o que requer mão de obra, a qual poderia ser poupada. Outra hipótese seria a alteração do projeto hidrossanitário, desviando a tubulação, ainda gerando retrabalhos.

4.3 INCOMPATIBILIDADE NO *SHAFT* 2

O problema do *shaft* 2 é o mesmo discutido na seção anterior, onde *shaft* não foi previsto no projeto estrutural, aqui são apenas mostradas as Figuras 9a e 9b que evidenciam as incompatibilidades, pois as discussões pertinentes sobre os problemas são os mesmos.

Figura 9 – Incompatibilidade no *shaft* 2

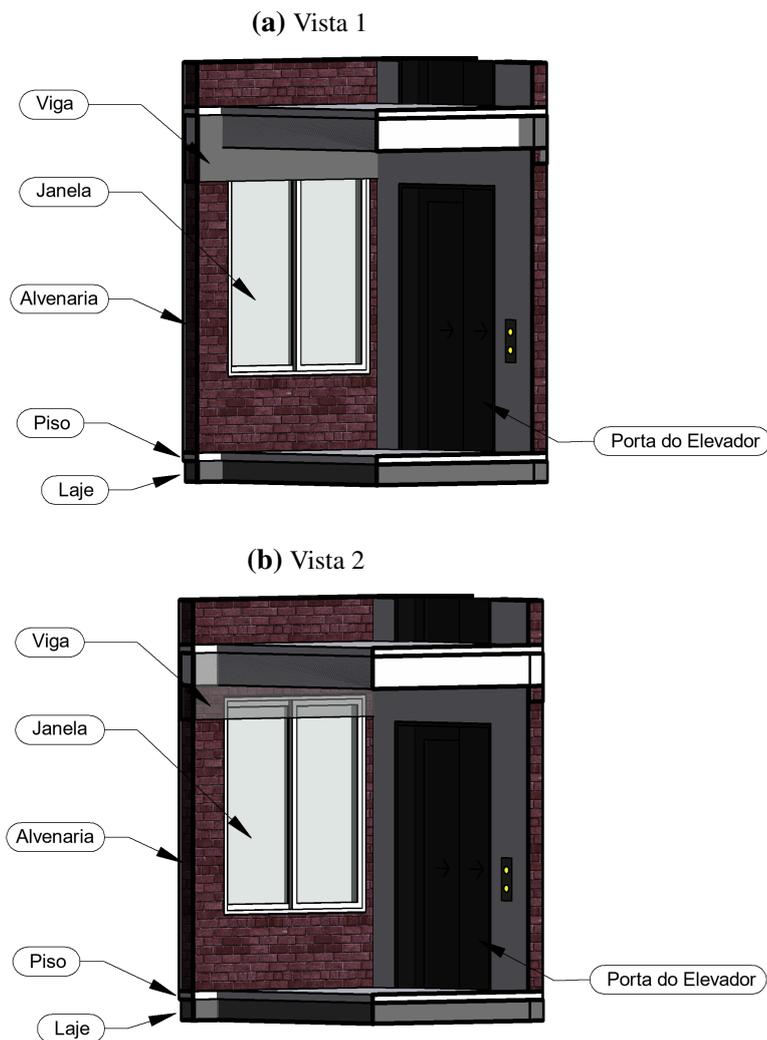


Fonte: Próprio autor (2019).

4.4 INCOMPATIBILIDADE ENTRE VIGAS E JANELAS

A Figura 10 mostra o caso de incompatibilidade do projeto estrutural com o projeto arquitetônico. Neste caso observa-se uma janela localizada próximo ao elevador, como pode-se ver. A viga indicada na figura sobrepõe a janela. Na Figura 10b foi aplicada uma transparência parcial à viga para melhor visualização da interferência entre os elementos, percebe-se que a janela entra na viga.

Figura 10 – Incompatibilidade entre viga e janela proxima ao elevador

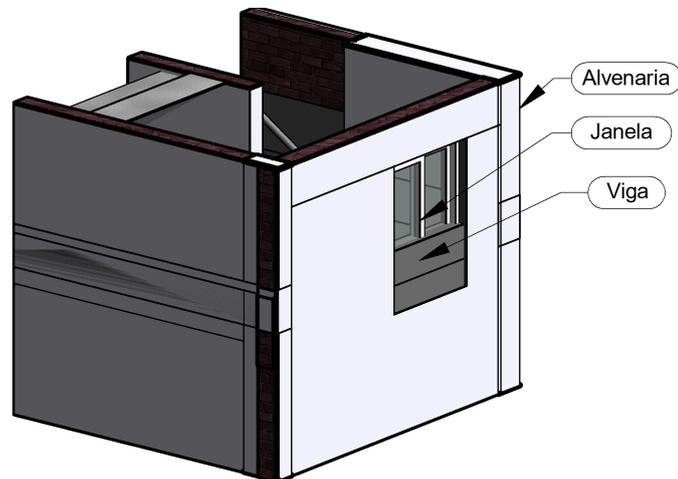


Fonte: Próprio autor (2019).

Um dos problemas que isso pode ocasionar é o retrabalho na alteração do pé-direito da janela para o posicionamento desta, quebrando parte da alvenaria, na hipótese da construção da alvenaria segundo o projeto de alvenaria, sem levar em conta o problema. Outro possível problema é a quebra de parte da viga para o posicionamento da janela, o que comprometeria o projeto estrutural da obra.

A Figura 11 apresenta outro problema de incompatibilidade de janela com viga, esta janela fica posicionada no patamar da escada. Percebe-se pela figura que a viga passa por dentro da janela, como no caso anterior.

Figura 11 – Incompatibilidade entre viga e janela no patamar da escada



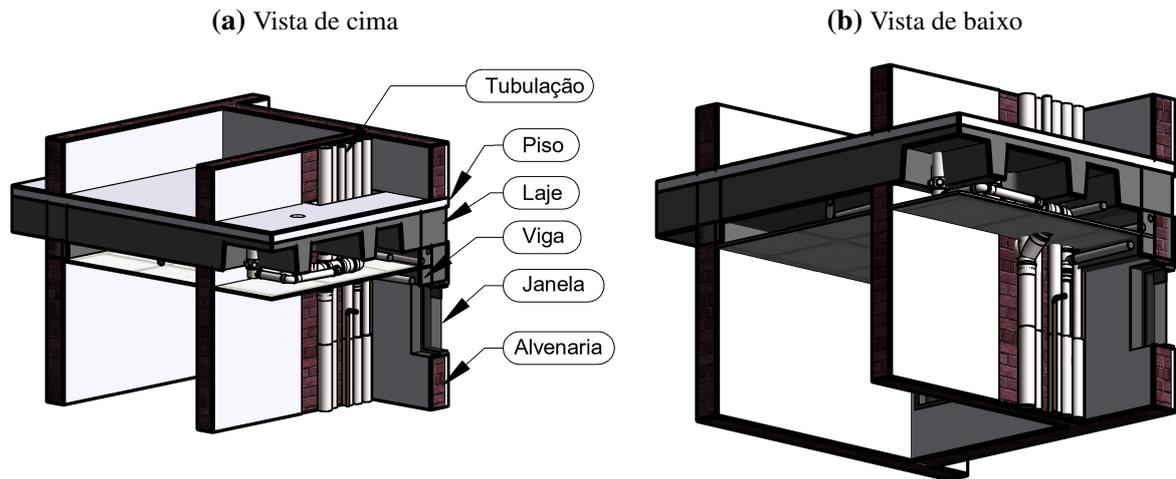
Fonte: Próprio autor (2019).

Como visto, várias incompatibilidades foram encontradas nos projetos analisados, percebeu-se que foram encontrados problemas entre a estrutura e a arquitetura ou a parte hidrossanitária. Assim, a projeção de vistas apenas em 2D mostra ser insuficiente para uma análise completa da obra, sendo melhor seu entendimento com uma visão em 3D e para uma melhor compreensão o modelo BIM é muito eficaz.

4.5 INCOMPATIBILIDADE ENTRE FORRO E TUBULAÇÃO DE ESGOTO

A Figura 12 mostra a incompatibilidade entre o forro e a tubulação de esgoto. As tubulações de esgoto que chegam ao *shaft* vem de dois banheiros, uma área de serviço e uma cozinha.

Figura 12 – Incompatibilidade entre o forro e a tubulação de esgoto



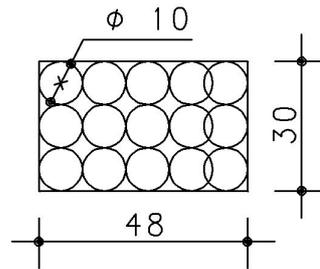
Fonte: Próprio autor (2019).

Percebe-se que alguns tubos passam por baixo do forro. Neste caso, quando da execução um possível problema é a alteração do pé direito do forro. Outro problema é a alteração da inclinação da tubulação de esgoto para que se mantenha o pé direito do forro, isso faz com que a execução não atenda à norma NBR 8160 (1999), que versa sobre sistemas prediais de esgoto sanitário - projeto e execução, e especifica inclinações mínimas e máximas para as tubulações de esgoto predial.

4.6 ESTIMATIVA DE CUSTOS ADICIONAIS DECORRENTES DAS INCOMPATIBILIDADES

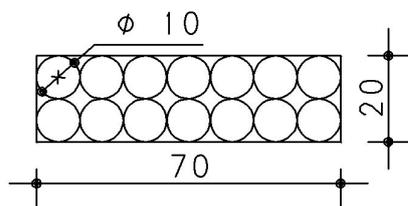
Nos *shafts* a solução adotada foi a perfuração da laje com furos de 100 mm de diâmetro em toda a área, como mostrado nas Figuras 13 e 14, que mostram como foram feitos os furos nos *shafts* 1 e 2, respectivamente.

Figura 13 – Furos feitos no *shaft* 1



Fonte: Próprio autor (2019).

Figura 14 – Furos feitos no *shaft* 2



Fonte: Próprio autor (2019).

O custo da perfuração de cada furo é de R\$ 0,75 por centímetro de espessura da laje a ser perfurada. Pela Figura 8a, referente ao *shaft* 1, percebe-se que o *shaft* não passa na nervura, logo a espessura é de 6 cm, a quantidade de furos são 15, já o *shaft* 2 encontra-se em uma nervura, como mostrado na Figura 9b, assim, a espessura é de 27 cm, a quantidade de furos é 14. Os custos dos furos do *shaft* 1 foram de $(0,75) \times (6) \times (15) = \text{R\$ } 67,50$, já para o *shaft* 2 foram de $(0,75) \times (27) \times (14) = \text{R\$ } 283,50$, esses valores são referentes a apenas um pavimento.

No *shaft* 1 houve necessidade de alteração do *layout* da planta arquitetônica, o valor gasto foi de R\$ 500,00. Houve necessidade, também, de alteração da alvenaria devido à alteração do *layout*, os gastos estimados foram de R\$ 54,00 por pavimento.

Os gastos com pedreiro e servente foram de aproximadamente R\$ 947,39, com a administração foram de aproximadamente R\$ 2000,00, e de apoio do mestre de obras e técnico em edificações de R\$ 1000,00.

A Tabela 2 mostra gastos adicionais dos *shafts* 1 e 2 decorrentes das incompatibilidades.

Tabela 2 – Gastos adicionais dos *shafts* 1 e 2

Shaft 1 e 2	Gastos
Furos	R\$ 3.159,00
Modificação do <i>Layout</i>	R\$ 500,00
Locação (Pedreiro e Servente)	R\$ 947,42
Administração e Apoio	R\$ 3.000,00
Alvenaria	R\$ 486,00
Total	R\$ 8.092,42

Fonte: Próprio autor (2019).

O valor dos furos é referente à soma dos custos da perfuração dos dois *shafts* (R\$ 67,50 + R\$ 283,50 = R\$ 351,00) multiplicada pela quantidade de pavimentos em que o procedimento foi executado, que foram 9 pavimentos (R\$ 351 × 9 = R\$ 3159,00).

A modificação do *layout* e os gastos adicionais com alvenaria foram necessários apenas no *shaft* 1. Os gastos com locação, administração e apoio são referentes aos dois *shafts*. A solução adotada nas incompatibilidades das janelas foi a alteração de suas dimensões.

A Tabela 3 mostra um resumo das incompatibilidades, a solução adotada e os gastos estimados.

Tabela 3 – Resumo das incompatibilidades, solução adotada e os gastos estimados

Incompatibilidade	Solução Adotada	Gastos
<i>Shafts</i> 1 e 2	Perfuração	R\$ 8.092,42
Janela 1	Alteração das Dimensões da Janela	Não estimado
Janela 2	Alteração das Dimensões da Janela	Não estimado
Forro e Tubulação de Esgoto	Rebaixar o Forro	Não estimado

Fonte: Próprio autor (2019).

As incompatibilidades das janelas com as vigas foram percebidas na obra antes do pedido das janelas ao fornecedor, pôde-se alterar as dimensões delas. A incompatibilidade do forro também não gerou gastos adicionais.

5 CONCLUSÃO

A construção civil envolve o gerenciamento de vários recursos (materiais, equipamentos, pessoas, capital, etc.), assim, faz-se necessária a constante troca de informações entre os envolvidos no processo construtivo para garantir, entre outros, a qualidade da obra e a entrega no prazo correto. Neste trabalho foi feita a verificação das incompatibilidades existentes entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário do pavimento tipo de uma obra, bem como a estimativa dos custos decorrentes dessas incompatibilidades.

Percebeu-se que com o modelo BIM foi possível detectar incompatibilidades que antes não haviam sido detectadas e poderiam ter sido evitadas. O valor gasto a mais decorrente das interferências foi estimado em R\$ 8.092,82, esse valor é referente aos *shafts*. Deve-se ressaltar também que de nada adianta um modelo extremamente próximo da realidade quando não se há comunicação entre aqueles que participam do processo construtivo, a coordenação entre projetos é de extrema importância na construção civil.

Tendo em vista os dados expostos ao longo deste trabalho, o modelo BIM é uma ferramenta que pode reduzir as incompatibilidades entre projetos em construção civil e com isso evitar retrabalhos que geram gastos no processo construtivo, ou seja, o modelo BIM pode trazer economia de recursos para as obras.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se citar a comparação do custo dos projetos elaborados apenas em 2D e em BIM e também a análise de modelos BIM em conjunto com softwares que geram o cronograma físico-financeiro.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, V. **Construção em bom português**. São Paulo: Técnica, 1995. 27–31 p.
- ALMEIDA, R. C. d. G. **Impacto do uso do bim na elaboração de projetos *as built* de sistemas prediais hidrossanitários**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2016.
- AMORIM, S. R. L. de. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: Um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier, 2018.
- ANDRADE, M. de; RUSCHEL, R. C. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências**. São Carlos: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2009.
- ARAÚJO, V. M. **Compatibilização de Projetos de Edificação**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário–Projeto e execução**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- AUTODESK. **Software CAD | Projetos 2D e 3D em CAD**. 2019. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/cad-software>>. Acesso em: 04 ago. 2019.
- ÁVILA, V. M. **Compatibilização De Projetos Na Construção Civil Estudo De Caso Em Um Edifício Residencial Multifamiliar**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- CONTE, E. J. **Tecnologia Bim: aplicação no controle da execução de obras na construção civil**. Porto Alegre: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. New Jersey, United States of America: John Wiley & Sons, 2008.
- FERREIRA, R. C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2007.
- FLORES, M. D. **Comparação das incompatibilidades de um projeto residencial unifamiliar elaborado em CAD 2D com a sua modelagem em BIM 3D**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. Qualidade: cada erro tem seu preço. **Trad. de Vera MC Fernandes Hachich**. *Técnica*, n. 1, p. 32–4, 1992.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9000: 2015: Quality management systems–fundamentals and vocabulary**. 2015.

JR, J. M.; SCHEER, S. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução?** VII WORKSHOP NACIONAL: Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2008. v. 3. 79–99 p.

KENSEK, K.; NOBLE, D. **Building information modeling: BIM in current and future practice**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.

KLEIN, P. H. **Controle de cronograma de obra utilizando um modelo BIM 4D**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

MADSEN, D. A.; MADSEN, D. P. **Engineering drawing and design**. New York, United States of America: Cengage Learning, 2012.

MARSICO, M. L. et al. **Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações**. Florianópolis: Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, 2017. v. 9. 19–41 p.

MCCAHAN, S. et al. **Designing Engineers: An Introductory Text**. United States of America: John Wiley & Sons, 2015.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **Conceito de Projeto na Construção de Edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle**. 1995.

MONTEIRO, A. C. N. et al. **Compatibilização de Projetos na Construção Civil: Importância, Métodos e Ferramentas**. Uberlândia: Revista Campo do Saber, 2017. v. 3.

National Institute of Building Sciences. National building information modeling standard. **Nist**, 2007.

NOVAES, C. C. et al. A coordenação de projetos de edificações: estudos de caso. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 3, n. 1, p. 44–78, 2008.

PEDROSO, K. R. d. A. **Compatibilização de projetos utilizando ferramentas BIM (Building Information Modeling)–estudo de caso**. Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2016.

PINTO, P. C. A. **Análise De Compatibilização De Projetos: Estudo De Caso Em Um Edifício Multifamiliar Em João Pessoa**. João Pessoa: Universidade Federal Da Paraíba, 2016.

SANTOS, G. S. **Como a compatibilização de projetos pode diminuir custos, gastos e retrabalhos na Construção Civil**. Goiânia: Revista Online IPOG Especialize, 2014. v. 1.

SCHULTZ, C. C. **A utilização de modelos paramétricos 3D BIM para compatibilização de projetos e orçamentação de uma residência unifamiliar**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

SEARS, K.; SEARS, G.; CLOUGH, R. **Construction Project Management, A Practical Guide to Field Construction Management**, Publisher John Wiley & Sons. New Jersey, United States of America: John Wiley & Sons, 2008.

SOUZA, M. A. S. d. **Aplicação de metodologia BIM na compatibilização de projetos e na documentação de obra: estudo de caso sobre obra em Águas Claras/DF**. Brasília: Universidade de Brasília, 2017.

TAGLIARI, P. H. **Análise preliminar de traçado de túneis utilizando tecnologia BIM**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

VEREDAS. **Obra não é sinônimo de problema, ou ao menos não deveria ser!** 2019. Disponível em: <<https://veredasarq.wixsite.com/veredas/single-post/2017/02/20/OBRA-NAO-E-PROBLEMA>>. Acesso em: 02 set. 2019.

APÊNDICE A – PLANTA DO PAVIMENTO TIPO

