

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PAULINE RIGON BERTOLDO

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO
CIVIL COM O AUXÍLIO DE FERRAMENTAS BIM**

SANTA MARIA, RS

2019

PAULINE RIGON BERTOLDO

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO
CIVIL COM O AUXÍLIO DE FERRAMENTAS BIM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Civil**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Bernardete Trindade

**SANTA MARIA, RS
2019**

PAULINE RIGON BERTOLDO

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO
CIVIL COM O AUXÍLIO DE FERRAMENTAS BIM**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil,
da Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do grau de **Engenheira Civil**.

Aprovado em 12 de julho de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Bernardete Trindade, Prof^a. Dr^a. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Ana Laura Felk Cassiminho, Prof^a. Ms. (UFSM)

Gihad Mohamad, Prof. Dr. (UFSM)

SANTA MARIA, RS

2019

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luiz Carlos e Cleci, que mesmo de longe, não mediram esforços para que eu pudesse seguir a faculdade de maneira tranquila, feliz e sem grandes dificuldades. Meu muito obrigada!

Às minhas irmãs, Aline, Naíma e Luize, pelo incentivo de sempre. As distâncias são grandes, mas o amor é sempre o mesmo!

Ao Teodoro, por todo amor, companheirismo, encorajamento e, ultimamente, pela paciência nessa trajetória final. Te amo!

Às minhas amigas, mesmo cada uma tendo a sua caminhada, estiveram sempre dispostas a escutar e motivar nos momentos difíceis, e celebrar nas conquistas!

À professora Bernardete, por aceitar o convite para me orientar e por me auxiliar para que o trabalho fosse possível.

À Universidade Federal de Santa Maria e todos os seus servidores, que direta ou indiretamente dedicam seus tempos e esforços para que esta instituição continue tendo qualidade de ensino.

Enfim, à todos os que fizeram parte desses anos de aprendizagem e torceram para o meu sucesso acadêmico!

Gostaria que você soubesse que existe dentro de si uma força capaz de mudar sua vida, basta que lute e aguarde um novo amanhecer.

Margaret Thatcher

RESUMO

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM O AUXÍLIO DE FERRAMENTAS BIM

AUTORA: Pauline Rigon Bertoldo
ORIENTADORA: Bernardete Trindade

O setor da construção civil está em constante evolução com as finalidades de agregar novas tecnologias bem como solucionar problemas gerados nos canteiros de obras. Em um empreendimento existem diversos fatores que podem originar retrabalhos ou falhas na execução. Esse fator pode ser atribuído, em diversos casos, à falta ou a ineficiência de compatibilidade entre os projetos gráficos que compõem uma edificação. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo apresentar conceitos que estão relacionados à compatibilização de projetos e destacar a importância dessa atividade, tendo como ferramenta auxiliar o sistema *Building Information Modeling* – BIM. Com a finalidade de atingir os resultados esperados e compreender o tema, o trabalho contém uma pesquisa bibliográfica que propõe conceitos e análises dos assuntos técnicos envolvidos, assim como fundamentar a pesquisa e conduzir um estudo de caso. Com isso, o estudo de caso foi realizado através de uma pesquisa em campo e da análise dos projetos arquitetônico e complementares em uma obra. Sendo assim, a revisão dos conceitos e o estudo de caso realizados, demonstram que a incompatibilidade entre os projetos de uma edificação gera desvantagens, retrabalhos e déficits econômicos às empresas, e que com uso da metodologia BIM podem ser alcançadas possíveis soluções aos problemas encontrados.

Palavras-chaves: Compatibilização de projetos, *Building Information Modeling*, projeto, construção civil.

RIASSUNTO

INTEGRAZIONE DI PROGETTI EDILIZI NEL SETTORE DELLA COSTRUZIONE CIVILE COM L'AUSILIO DEI MODELLI BIM

AUTORE: Pauline Rigon Bertoldo

RELATORE: Bernardete Trindade

Il settore della costruzione civile è sempre in costante evoluzione con la finalità di aggiungere nuove tecnologie, così come risolvere i problemi generati nei cantieri. In una costruzione esistono diversi fattori che possono generare rielaborazione oppure errore nell'esecuzione. Questo fattore può essere assegnato, in diversi casi, alla mancanza o alla inefficienza di fare l'integrazione di progetti grafici che costituiscono una edificazione. Con questo, il presente lavoro ha come obiettivo presentare concetti relazionati alla integrazione di progetti e evidenziare l'importanza di questa attività, avendo come strumento il sistema *Building Information Modeling* - BIM. Con l'obiettivo di raggiungere i risultati aspettati e capire il tema, questo lavoro contiene una ricerca bibliografica che propone concetti e analisi dei questioni tecniche, anche giustificare le ricerche e condurre un caso di studio. Con questo, il caso di studio è stato realizzato mediante una ricerca in campo e l'analisi dei progetti architettonici e complementari di un'immobile. Quindi, la revisione dei concetti e il caso di studio realizzati, dimostrano che l'incompatibilità tra le rappresentazione digitale di un'edificio, producono svantaggi, rielaborazioni, danni finanziari alle aziende, e che con l'uso della metodologia BIM possono essere raggiunti possibili soluzioni ai problemi riscontrati.

Parole Chiave: Integrazione di progetti, *Building Information Modeling*, progetto, costruzione civile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Projeto 2D completo de uma residência.	18
Figura 2: Arquitetura, estrutura e projetos complementares em 3D.	19
Figura 3: As origens dos problemas das obras.	20
Figura 4: Coordenador de projeto e suas habilidades.	23
Figura 5: Ciclo de desenvolvimento do BIM.	25
Figura 6: Modelo de Informação na fase de projeto.	26
Figura 7: Dimensões do BIM.	27
Figura 8: Representação de uma porta em modelos CAD.	29
Figura 9: Representação de uma porta em modelo BIM.	29
Figura 10: Modelos de transferência de informações.	30
Figura 11: Fluxograma da interoperabilidade dos modelos BIM.	33
Figura 12: Layout do Revit com realização de planta baixa e corte de uma escada.	36
Figura 13: Layout Revit com representação de instalações hidrossanitárias.	36
Figura 14: Interface gráfica do utilizador.	37
Figura 15: Modelagem de uma casa utilizando o ArchiCAD.	38
Figura 16: Ferramenta Clash Detective do programa Navisworks.	39
Figura 17: Interface do programa Solibri mostrando interferências de projetos.	40
Figura 18: Modelagem 3D no software Solibri Model Checker.	41
Figura 19: Planta baixa arquitetônica do subsolo 3.	43
Figura 20: Detalhe da parede do subsolo 3.	44
Figura 21: Planta baixa do pavimento térreo com destaque para a área já executada do paisagismo.	44
Figura 22: Execução dos drenos.	45
Figura 23: Reforço estrutural nos pavimentos 1 e 2.	46
Figura 24: Reforço estrutural nos pavimentos 1 e 2.	47
Figura 25: Pilar e viga em desconformidade em relação à alvenaria.	48
Figura 26: Pilar e viga em desconformidade em relação à alvenaria.	48
Figura 27: Dormitório com pilar excedendo as dimensões das paredes.	49
Figura 28: Peças hidrossanitárias e estruturais.	50
Figura 29: Elementos hidráulicos expostos na fachada lateral do edifício.	51
Figura 30: Elementos hidráulicos expostos na fachada lateral do edifício.	51
Figura 31: Retrabalhos em pontos elétricos.	52

Figura 32: Retrabalhos em pontos elétricos. -----	53
Figura 33: Tubulação metálica do sistema hidráulico preventivo. -----	54
Figura 34: Interferências geométricas: elementos hidrossanitários, hidráulicos, elétricos e de ar condicionado. -----	55
Figura 35: Interferências geométricas: elementos hidráulicos e elétricos. -----	55
Figura 36: Interferências geométricas: elementos hidrossanitários e elétricos.-----	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: <i>Softwares</i> BIM e as diferentes disciplinas de projeto. -----	31
Tabela 2: Alguns dos recursos da plataforma Revit. -----	35

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
NBR	Norma Brasileira
PMI	<i>Project Management Institute</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivo Específico	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2.	METODOLOGIA	16
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1	PROJETO	17
3.2	COMPATIBILIZAÇÃO	19
3.3	GESTÃO DE PROJETOS	22
3.4	TECNOLOGIA BIM	24
3.5	BIM x CAD	28
3.6	SOFTWARES BIM	31
3.6.1	Interoperabilidade e IFC	32
3.6.2	Autodesk Revit	33
3.6.3	ArchiCAD®	37
3.6.4	Navisworks	38
4.	ESTUDO DE CASO	41
4.1	DESCRIÇÃO DA OBRA	42
4.2	INCOMPATIBILIZAÇÕES	42
4.2.1	Cortina de Contenção x Projeto Arquitetônico	43
4.2.2	Rede de Drenagem	44
4.2.3	Projeto Arquitetônico x Projeto Estrutural	46
4.2.3.1	Reforço estrutural	46
4.2.3.2	Evidenciação das vigas e dos pilares em relação às paredes	47
4.2.4	Projeto Estrutural X Projeto Elétrico	49
4.2.5	Instalações elétricas	52
4.2.6	Projeto de Combate a Incêndio	53
4.2.7	Interferências Geométricas	54
5.	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil é uma área suscetível, e que por isso está sempre em constantes mudanças. Atualmente a complexidade dos empreendimentos demandam profissionais mais qualificados e diversificados, que possam desenvolver de maneira eficaz os desafios apresentados. No Brasil, os baixos investimentos no setor da construção civil, geram um mercado mais concorrente, que busca por soluções econômicas ao longo do processo. Além disso, o mercado consumidor está cada vez mais exigente e participativo, fazendo com que as empresas se preocupem mais com a entrega do produto final, ou seja, além de economia, qualidade.

Com essas mudanças, viu-se necessário avaliar os diversos fatores que envolvem um empreendimento e analisar o que poderia ser modificado ou melhorado para atender as novas exigências do mercado. A partir disso, foi possível observar que na comunicação entre os processos envolvidos, existem algumas lacunas, visto que a concepção dos projetos está cada vez mais subdividida entre diferentes profissionais da área. Com isso, surge uma nova tendência, a compatibilização de projetos, que tem como principal objetivo garantir a máxima concordância entre todos os projetos, graficamente, para que ao longo da fase executiva, haja de fato total acordo entre eles. Esse recurso tende a minimizar erros, e portanto, reduzir gastos e manter a obra dentro do prazo e planejamento estipulados.

Neste cenário o conceito BIM (*Building Information Modeling*) se apresenta como um método gerencial que pode auxiliar todo esse processo, pois, permite que os projetos sejam vistos de forma mais abrangente, tanto pela sua modelagem 3D, como por conseguir reunir informações que normalmente são apresentadas de maneira desmembrada.

Segundo Eastman et al. (2014) as empresas que usam o BIM são beneficiadas, pois, o processo de projeto inclui o conhecimento de construção e, além disso, elas conseguem coordenar todas as etapas do projeto. Desta forma, a qualidade do projeto e da construção são elevadas, pois é possível ter um maior controle e planejamento.

Portanto com a notória importância da compatibilização de projetos nos empreendimentos de engenharia civil, este trabalho visará apresentar uma alternativa

ao tradicional modo de compatibilização de projetos, os quais geralmente são feitos por sobreposição de plantas geradas pelo CAD.

1.1 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil por ser formado na sua grande maioria por empresas de médio e pequeno porte, tem como processo comum a terceirização dos diversos projetos envolvidos em uma obra. Com isso a compatibilização dos projetos se torna dificultosa e conseqüentemente menos lucrativa ao longo de uma construção. Além disso, a qualidade final do produto fica ameaçada pelos retrabalhos gerados.

Os profissionais que trabalham tanto na concepção dos projetos como no canteiro de obra, por mais que conheçam os benefícios da modernização da compatibilização, ainda relutam no uso de *softwares* como auxílio. Por isso, este trabalho busca apresentar uma pesquisa realizada em uma empresa do setor da construção civil, com o intuito de analisar os métodos de compatibilização entre os projetos que compõem uma edificação, verificar interferências em obra e propor soluções por meio de ferramentas mais modernas e eficientes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar a importância da compatibilização de projetos no setor da Construção Civil, com foco no sistema *BIM - Building Information Modeling*, considerando sua importância no processo de gerenciamento de projetos, bem como as ferramentas usadas para o seu desenvolvimento.

1.2.2 Objetivo Específico

Como objetivos específicos temos:

- Apresentar uma revisão bibliográfica sobre projetos, gerenciamento e compatibilização de projetos, seus conceitos, usos e vantagens;
- Revisar os conceitos de BIM, e apresentar brevemente os *softwares* Revit, ArchiCAD, *Navisworks Manage* e *Solibri Model Checker*, elencando seus benefícios na compatibilização de projetos;
- Realizar um comparativo entre os sistemas de desenvolvimento de projetos BIM e CAD;
- Realizar um estudo de caso afim de avaliar alguns problemas enfrentados em obra devido à falta de compatibilização entre projetos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi dividido em cinco capítulos principais descritos a seguir.

O primeiro capítulo é constituído pela introdução, que contém as motivações e a importância do tema, a justificativa da escolha, assim como o objetivo geral, os objetivos específicos e a estrutura que o trabalho apresentará.

O segundo capítulo apresenta a metodologia adotada no trabalho.

O terceiro capítulo compreende uma revisão bibliográfica que contém a fundamentação teórica necessária para melhor compreensão do tema. Neste capítulo, são apresentados os conceitos de projeto, de compatibilização e gerenciamento de projetos. Ainda, apresenta conceitos de BIM, um comparativo entre os sistemas BIM e CAD, e os *softwares* Revit, ArchiCAD, *Navisworks Manage* e *Solibri Model Checker*.

O quarto capítulo contém um estudo de caso com análise sobre a compatibilização dos projetos constituintes de uma obra.

O quinto capítulo apresenta a conclusão do trabalho.

2. METODOLOGIA

Para atingir determinados conhecimentos e arquitetar a evolução do assunto escolhido, foi necessário desenvolver uma análise dos principais conceitos e um panorama atual acerca do tema. Sendo assim, a parte inicial deste estudo é constituído pela elaboração de uma fundamentação teórica através de pesquisas bibliográficas que abordam o tema proposto.

Nesta etapa foram utilizados artigos publicados em periódicos nacionais, dissertações de mestrado, teses de doutorado, livros, pesquisas online em páginas de organizações relevantes na área de BIM. Além disso, nessa etapa também foram consultados catálogos, manuais e páginas online de fabricantes de *softwares* que são citados no decorrer do trabalho.

Com base nas premissas já desenvolvidas a respeito da aplicação da compatibilização de projetos e da metodologia *BIM*, um dos objetivos deste trabalho é aplicar as teorias estudadas e investigá-las, a partir do procedimento conhecido como estudo de caso.

Segundo Yin (2015, p.17) o estudo de caso é:

“Uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes”.

O estudo de caso foi realizado a partir do acompanhamento da construção de um prédio residencial e comercial de 15 pavimento. A metodologia aplicada foi a investigação documental, a partir da sobreposição de projetos em 2D e por visitas in loco com observação direta.

Por fim, com a análise dos métodos utilizados foi possível apresentar uma conclusão acerca do tema.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 PROJETO

Com o passar do tempo, é notável o crescimento pela procura de novos conhecimentos sobre gestão de projetos por profissionais do setor da construção civil. Isso porque, um dos principais fornecedores de informação para o andamento eficaz das execuções, são os projetos, pois é a partir da análise dos mesmos que a maior parte das decisões são tomadas dentro e fora do canteiro de obra.

O conceito de projeto proposto neste trabalho se refere às representações gráficas dos variados sistemas que são necessários para a execução de um empreendimento da construção civil. Pode se dizer, que projetos são sequências de atividades com começos e fins, limitadas por tempo, recursos e resultados.

Para Nascimento (2014) cada novo empreendimento traz consigo especificidades, definidas por questões locais, de implantação e entorno, ou imposições de mercado, gerando características construtivas específicas que originam um conjunto de projetos único, de diversas especialidades, necessários para perfeita execução da construção.

Na literatura existem inúmeras definições do termo projeto.

Segundo a NBR 5674:1999 (1999, p. 2) o projeto é a “descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de engenharia ou de arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais.”

Já segundo a NBR 13531:1995, a elaboração de projeto é a “Determinação e representação prévias do objeto (urbanização, edificação, elemento da edificação, instalação predial, componente construtivo, material para construção) mediante o concurso dos princípios e das técnicas próprias da arquitetura e da engenharia.”

Graziano (2003) define projeto como sendo uma simulação da realidade que virá a ser construída. Ele é resultado de uma relação harmoniosa entre as diversas técnicas necessárias para à sua concretização.

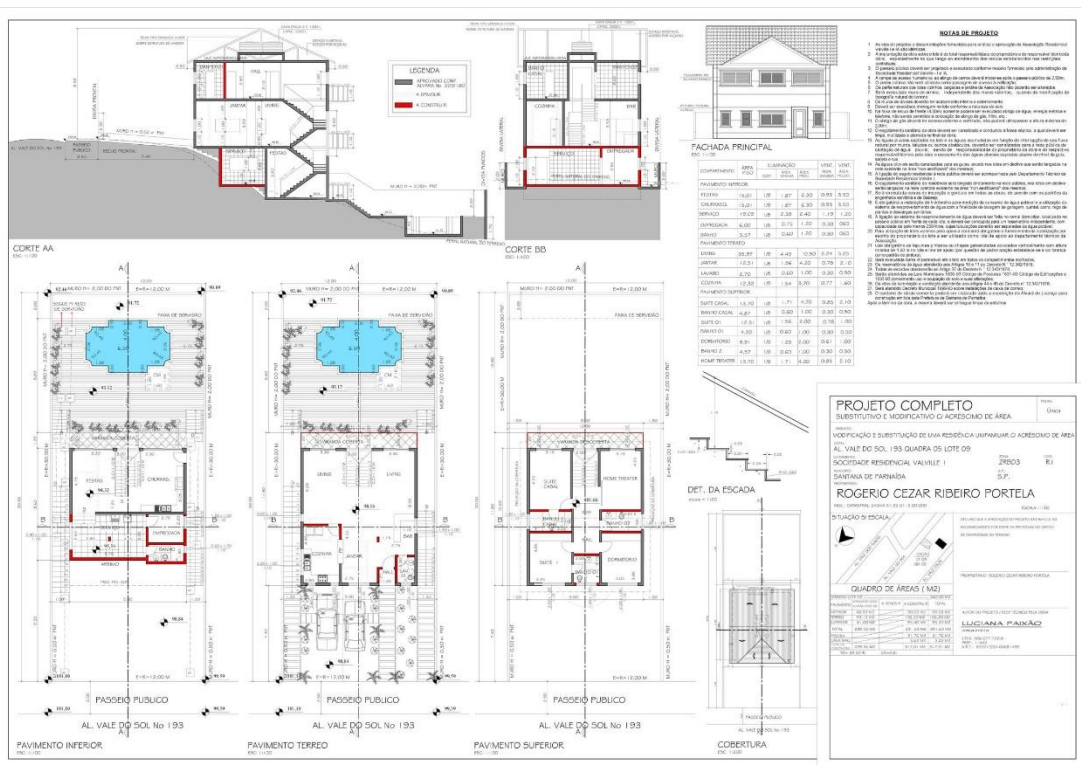
Levando em conta a importância dos projetos, Callegari afirma que quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos são entregues à obra repletos de

erros e de lacunas, levando a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como ao prejuízo de determinadas características do produto que foram idealizadas antes de sua execução. Isso é comprovado pelo grande número de problemas patológicos dos edifícios atribuídos às falhas de projeto. (Callegari, 2007)

Portanto, projetos têm a função de transformar as ideias em algo concreto. A partir disso, é possível a geração de elementos gráfico que viabilizam a construção final. A atividade projetual inclui a maior parte das informações que definem um empreendimento e é onde há a organização documental para posteriores fases. Em meio a este processo, as ideias são estudadas, adequadas às soluções técnicas e aperfeiçoadas de acordo com as necessidades do cliente. Além disso, é na etapa da concepção do projeto, que as técnicas de construção e os materiais são definidos.

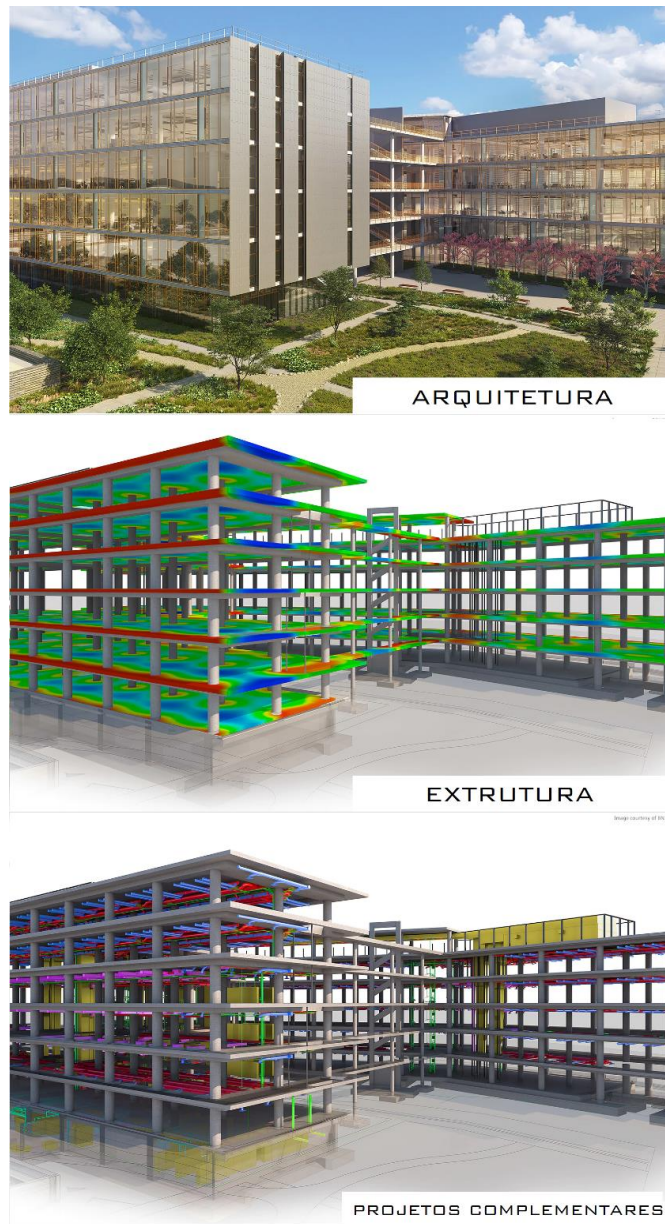
A seguir, as figuras 1 e 2 ilustram alguns exemplos de projetos da construção civil.

Figura 1: Projeto 2D completo de uma residência.



Fonte: A Arquiteta.

Figura 2: Arquitetura, estrutura e projetos complementares em 3D.



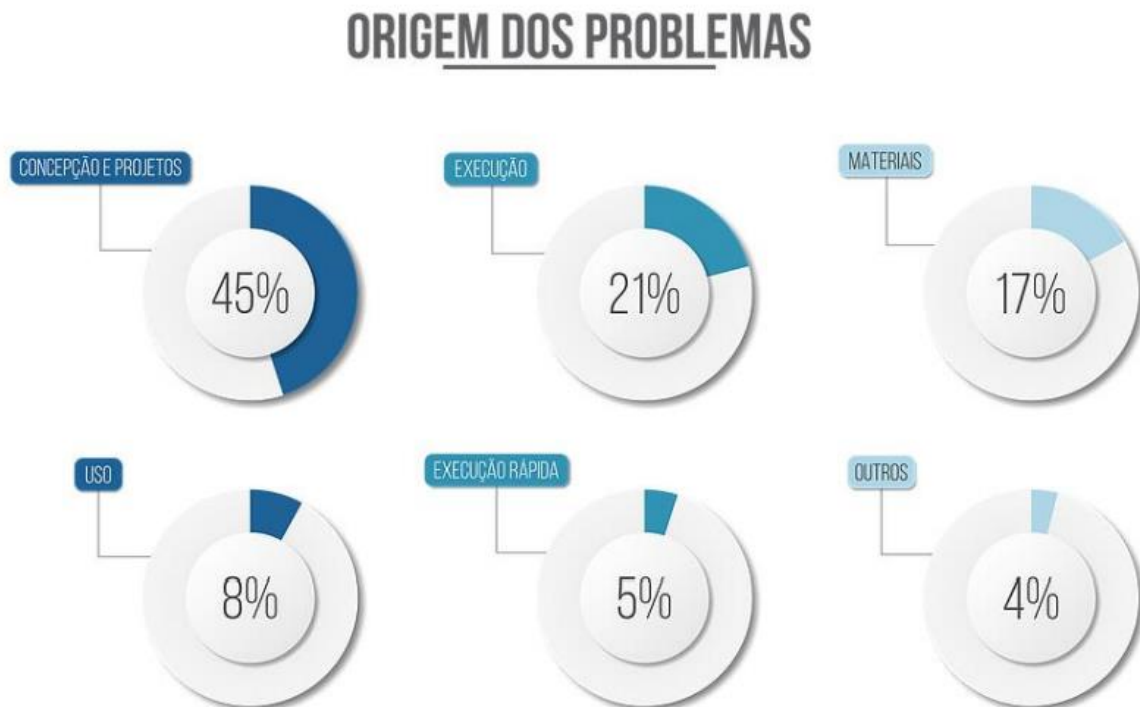
Fonte: Autodesk.

3.2 COMPATIBILIZAÇÃO

Embora haja um avanço tecnológico no setor da construção civil, ainda é comum a falta de integração entre os projetos. A concepção do projeto de um empreendimento se dá por inúmeras etapas, as quais se completam ao longo do processo. Em linhas gerais, pode-se dizer que após a definição do projeto arquitetônico, o processo mais

apropriado é a determinação das forças que virão atuar na estrutura, a partir do cálculo estrutural. Posteriormente, são estabelecidas as diversas instalações: hidráulica, elétrica, de gás, ar-condicionado, entre outros. Todos esses projetos normalmente são idealizados por diferentes agentes. Com isso, a junção de todos os projetos descritos acima, pode originar inúmeras incompatibilidades, que só serão expostas ao longo da execução. A figura 3 demonstra as principais fontes dos problemas das obras, constatando que, com 45% a fase de concepção e projetos é a que mais origina erros.

Figura 3: As origens dos problemas das obras.



Fonte 1 MOTTEU; CONDE (1989) apud CARVALHO (2016).

A compatibilização de projetos surge então como objetivo principal a integração das diversas especialidades, com a finalidade de verificar possíveis distorções entre os projetos, antecipando-as e propondo soluções prévias, para que dessa maneira, todos os projetos sejam ajustados adequadamente, sintetizando a execução, prevenindo problemas e diminuindo conflitos e retrabalhos.

É a partir do projeto arquitetônico que o processo de compatibilização começa, na fase de estudos preliminares, onde a possibilidade de mudanças é mais flexível. Brevemente, a atividade de compatibilizar nada mais é que sobrepor todos os projetos

envolvidos antes do início da execução podendo então analisar e encontrar soluções viáveis às incorreções. A principal finalidade dessa atividade é a redução dos gastos oriundos de incompatibilidades, que provocam desperdícios de materiais e retrabalho da mão de obra.

Graziano (2003, p. 3) define compatibilidade como sendo um atributo dado ao projeto, onde os componentes dos sistemas devem ocupar espaços de maneira que não haja conflitos entre si. Além disso, afirma também que os dados apresentados devem manter a confiabilidade até o final da obra.

De acordo com o SEBRAE (1995), a compatibilização dos projetos pode ser definida como sendo uma atividade de gerenciamento e de integração de projetos, que busca um ajuste máximo entre os mesmos e que procura padronizar o controle de qualidade de forma geral.

Para isso, a compatibilização deve acontecer em cada uma das seguintes etapas do projeto: estudos preliminares, anteprojeto, projetos legais e projeto executivo, indo de uma integração geral das soluções até as verificações de interferências geométricas das mesmas. Os mesmos autores indicam que a compatibilização fica facilitada na medida em que ela é iniciada a partir dos estudos preliminares. (RODRÍGUEZ E HEINECK, 2001 apud MIKALDO JR; SCHEER, 2008, p. 83).

No segmento da construção civil, a criação dos projetos na grande maioria dos casos, se dá por diferentes profissionais. Segundo Gus (1996) a finalidade da compatibilização é subordinar os interesses individuais dos projetistas às demandas do processo como um todo e salienta a necessidade que se trabalhe dentro de uma visão sistêmica, onde todos os intervenientes passam a ter um papel fundamental no processo tanto na participação cooperativa no desenvolvimento dos projetos quanto no próprio aprimoramento contínuo deste processo. (GUS, 1996 apud CALLEGARI, 2007, p. 33)

Além da redução dos gastos já citada, a compatibilização de projetos oferece outros benefícios. Após todos projetos uniformizados, a formulação do orçamento deverá obter valores muito mais próximos aos reais, isso porque não haverá influência de nenhuma mudança. Outra contribuição da compatibilização, é a garantia de que o projeto definido no escopo pelos projetistas, será entregue de forma fiel ao cliente no final do empreendimento.

3.3 GESTÃO DE PROJETOS

A busca por melhorias e inovações nos setores comerciais atinge também a construção civil. Seja em qualquer setor, o interesse final pretendido é sempre o mesmo: do planejamento até a execução, ter o controle sobre todos os processos envolvidos.

Para Vargas (2009, p. 6),

“Gerenciamento de projetos é um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade pré-determinados.”

Para Angelides (1999 apud GONÇALVES, 2011), as boas práticas técnicas ou boas práticas de negócios por si só não são suficientes para produzir e entregar bons produtos e serviços com rapidez e baixo custo. Eles devem ser integrados com apoio do gerenciamento de projetos. A integração de boas práticas de negócios e boas práticas técnicas, apoiada pela tecnologia da informação, pode levar a uma melhor gestão do projeto.

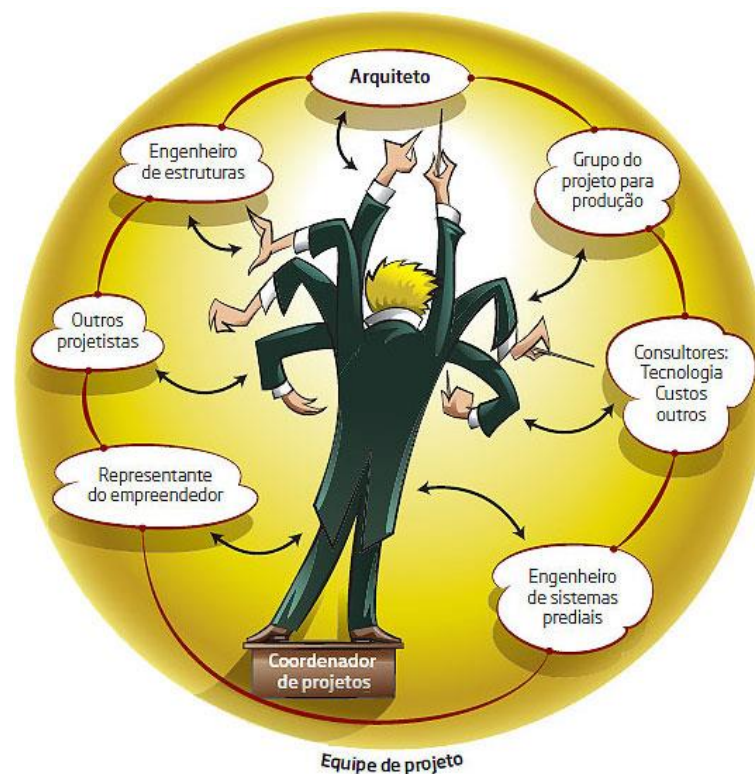
O gerenciamento é um conceito amplo e por isso se encaixa em empreendimentos com características diversas, porém todas com objetivos semelhantes: agregar benefícios com sua prática. Listados abaixo estão algumas de suas vantagens:

- Aumenta o controle sobre todas os estágios e processos envolvidos na obra;
- Permite uma avaliação correta das etapas de execução, dos materiais e técnicas utilizadas;
- Dispõe do orçamento antes do início da obra;
- Analisa os prazos de entrega, para que sejam cumpridos como acordado;
- Garante que a obra será executada de acordo com as necessidades do contratante;
- Possibilita o andamento alinhado dos trabalhos em equipe;
- Antecipa futuras necessidades e com isso agiliza a tomada de decisões, garantindo a mínima existência de gastos extras.

Segundo o *Project Management Institute - PMI* o gerenciamento de projetos, portanto, é a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para a execução de projetos de forma efetiva e eficaz. Trata-se de uma competência estratégica para organizações, permitindo com que elas unam os resultados dos projetos com os objetivos do negócio – e, assim, melhor competir em seus mercados.

Para o bom desenvolvimento de um gerenciamento de projetos, a figura de um profissional capaz é pertinente e necessário. Para tal, o profissional responsável deve possuir habilidades e competências específicas na área, além de ter controle sobre uma série de variáveis, ter espírito de liderança, facilidade de comunicação afim de conseguir comprometer os membros da equipe, e ter experiência no canteiro de obras, para promover a integração do projeto com a execução, como representa a ilustração abaixo (figura 4).

Figura 4: Coordenador de projeto e suas habilidades.



Fonte: Rene Ruggeri.

Silva (2015) diz que a função do gestor da obra é a de assegurar que a construção seja desenvolvida dentro do prazo previamente determinado, com relação aos custos previstos e aos padrões de qualidade e desempenho esperados pelo cliente. Assim, a partir do momento que a gestão não ocorre dentro do previsto, é inevitável ocorrer as perdas financeiras, fato este que impacta no produto final.

Conforme Scardoelli (1994) apud Romano (2003), o apoio entre os membros de uma equipe envolvida na gestão de projeto resulta em situações satisfatórias, que incluem a redução dos problemas de incompatibilidade, a associação positiva entre os projetistas, melhor convívio entre os membros da equipe o que grega qualidade ao produto final.

Tendo em vista o que foi exposto, o gerenciamento de projetos busca uma dinâmica de organização entre os inúmeros processos que são desenvolvidos no decorrer de uma obra. Com isso é possível antecipar inconformidades e obter soluções corretivas prévias. Logo, a compatibilização pode ser associada ao gerenciamento de projetos, visto que ambos tem o objetivo de prevenir quaisquer interferências durante a execução da edificação.

3.4 TECNOLOGIA BIM

Com o passar dos anos o modo como os projetos são realizados passou por significativas mudanças. Abandonou-se a tradicional representação bidimensional em papel a lápis e migrou-se para desenhos ainda bidimensionais, porém criados a partir de computadores, auxiliados pela tecnologia *Computer Aided Design – CAD*.

A partir disso, a tecnologia de informação se tornou uma aliada indispensável do setor da construção civil. A criação de *softwares* revolucionou e ainda revoluciona o modo como os profissionais trabalham. Além disso, os *softwares* estão em constantes evoluções, as quais permitiram a criação do sistema *Building Information Modeling – BIM*.

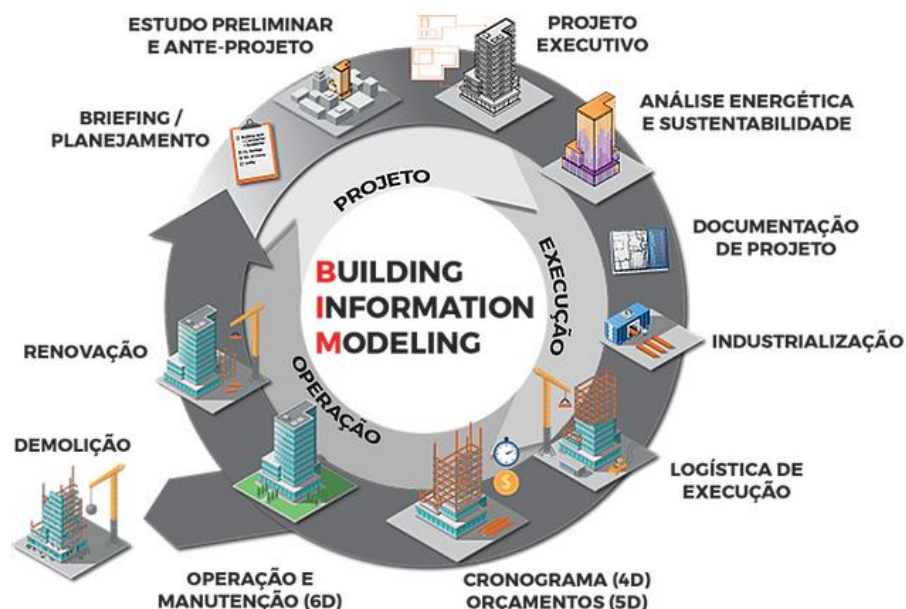
Traduzido e conhecido como Tecnologia de Informação da Construção, BIM além de ser uma forma de visualização do espaço projetado é também um modelo digital que contém um banco de dados que possibilita a integração das inúmeras

informações envolvidas em um empreendimento. Além do mais, permite o aumento da produtividade e a simplificação do processo. (CRESPO; RUSCHEL, 2007)

Catelani reforça ainda que BIM é uma nova plataforma da tecnologia da informação aplicada à construção civil e materializada em novas ferramentas (*softwares*), que oferecem novas funcionalidades e que, a partir da modelagem dos dados do projeto e da especificação de uma edificação ou instalação, possibilitam que os processos atuais, baseados apenas em documentos, sejam realizados de outras maneiras (baseados em modelos) muito mais eficazes (CATELANI, 2016, p. 22).

Como mostra a figura 5, o BIM pode ser aplicado em toda as fases de vida de um projeto, desde o surgimento da ideia e a sua concepção, passando pelo desenvolvimento e execução da edificação, chegando até a fase de utilização, onde os modelos BIM poderão ser usados pelo usuário para gestão e manutenção do imóvel, por isso é considerada uma ferramenta muito abrangente (CATELANI, 2016, p. 23).

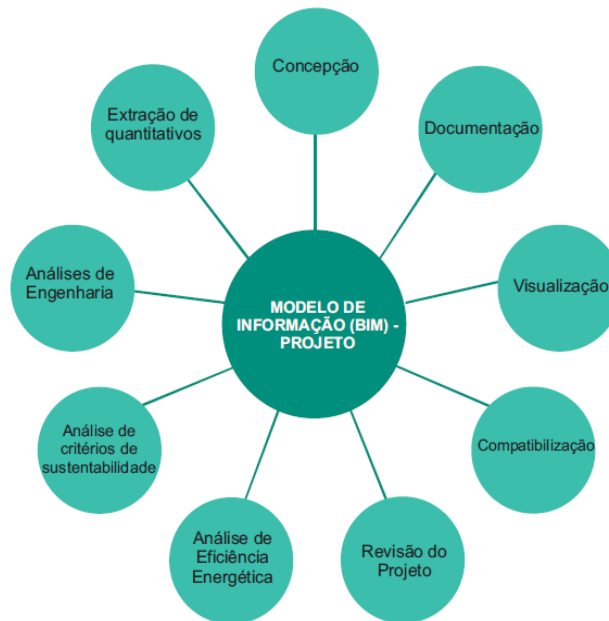
Figura 5: Ciclo de desenvolvimento do BIM.



Fonte: PNM Tecnologia (2017).

Abaixo, na figura 6, estão descritos alguns dos principais usos das ferramentas BIM ao longo do ciclo de vida de um empreendimento com foco na fase de projeto.

Figura 6: Modelo de Informação na fase de projeto.



Fonte: ADDOR (2013).

Na fase de projeto, o BIM pode promover as seguintes melhorias:

- melhoria na qualidade do design, do projeto e das especificações, através da viabilização de ciclos de análises mais rápidos e mais efetivos;
- maior índice de pré-fabricação, em função da melhor previsão das condições de campo;
- maior nível de inovação, graças à utilização de recursos de “design digital”, nos quais algumas das soluções e dos subsistemas são propostos pelo próprio computador, testando milhares de alternativas baseadas em premissas de desempenho especificadas para um projeto. (ADDOR, 2013)

Como já mencionado anteriormente, o BIM tem a capacidade de integrar todos os elementos gráficos e suas informações associadas, como as relações geometria-espço, os esquemas construtivos e os quantitativos de materiais. Esse modelo é chamado de BIM 3D. Cria-se então, uma maquete virtual em três dimensões que permite a visualização compatibilizada de todas as disciplinas utilizadas, onde é possível detectar incoerências entre os projetos.

Com a adição de uma nova dimensão, o BIM 4D possibilita uma melhoria na gestão da construção, permitindo que os intervenientes do projeto possam visualizar e planejar de forma mais segura todas as etapas da construção antes da sua

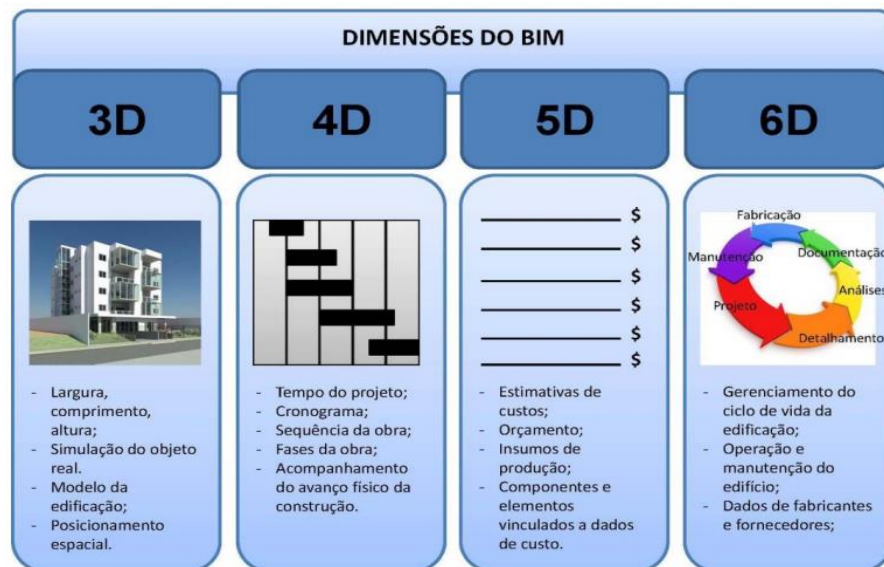
execução e conseqüentemente, compreender com maior facilidade o cronograma da obra (BARBOSA, 2014). Dessa forma, todas as informações contidas na plataforma BIM são compartilhadas com o planejamento e qualquer mudança no projeto é diretamente notada pelo setor de planejamento.

O setor orçamentário também utiliza as ferramentas BIM através do BIM 5D. Para Mattos (2014) o BIM 5D agrega a dimensão custo ao modelo tridimensional, onde cada elemento contido no projeto passa a ter vinculação de dados de custo. Portanto cada informação inserida no modelo 3D contribui com dados que serão utilizados na concepção da estimativa de custos da obra, possibilitando aos profissionais estudarem diferentes alternativas de gastos e analisar o desempenho financeiro em qualquer estágio da obra.

Com a finalidade de incorporar ainda mais elementos, o BIM conta também com a modelagem 6D, a qual consiste na aplicação da gestão do ciclo de vida do produto utilizado, ou seja, com o BIM 6D é possível ter controle sobre a garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes e fornecedores, custos de operação e até mesmo relatórios fotográficos (MATTOS, 2014).

A figura 7 representa as dimensões BIM anteriormente descritas.

Figura 7: Dimensões do BIM.



Fonte: ARAÚJO (2015).

Portanto BIM não é apenas um modelo puramente geométrico da edificação. Além de ser um modelo 3D, é também um conjunto de informações sobre todos os

elementos do edifício, que permite ao seu usuário realizar modificações, estudar alternativas, avaliar custos e inúmeras outras possibilidades antes mesmo do edifício começar a ser construído.

3.5 BIM x CAD

Atualmente, a indústria AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção, ainda é majoritariamente operada com programas que desenvolvem projetos em *CAD*. O termo *CAD*, em português Desenho Assistido por Computador, é o nome que se dá aos sistemas computacionais que se baseiam apenas em representações gráficas de plantas, cortes, vistas ou perspectiva, as quais são considerados apenas parâmetros geométricos que são totalmente independentes entre si. Segundo Eastman et al. (2014), apesar da automatização de desenhos, o método representativo *CAD* é passível de falhas e inconsistências. Essa condição abriu caminho para a evolução das ferramentas computacionais e a partir disso a criação dos modelos *BIM*. Com o passar dos anos, o aperfeiçoamento dos *softwares* e a busca por otimizações e melhorias, colaboraram para o surgimento dessas novas ferramentas.

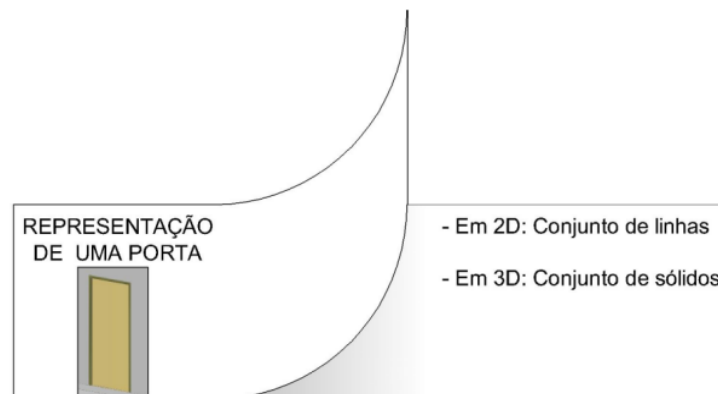
Conforme salienta Hilgenberg et al. (2012), ao contrário dos programas baseados no sistema *CAD*, onde interferências/alterações de projeto devem ser corrigidas manualmente, os *softwares* *BIM* permitem alterações dinâmicas no modelo. A visualização das informações pode ocorrer através de elementos tridimensionais com modificações automáticas e interativas em qualquer vista. Nesse âmbito, as informações são armazenadas em arquivos sincronizados entre si e o gerenciamento é realizado através de uma ferramenta computacional e não através de usuários. Essas mudanças agregam valor ao empreendimento, pois diminuem incompatibilidades, reduzem o fator tempo e aumentam a produtividade do trabalho.

Enquanto o sistema *CAD* apenas reflete coordenadas que formam os elementos de representações (paredes, portas, lajes, etc.), o sistema *BIM* é baseado em um banco de dados que além de exibir a geometria dos elementos em três dimensões, armazena seus atributos, permitindo mudanças instantâneas e associações com as tabelas de orçamento e de especificações. Dessa forma, o sistema *BIM* transmite mais informações que os modelos *CAD* tradicionais. Uma das principais vantagens do *BIM* em comparação ao *CAD*, é que com o primeiro *software* mencionado, é possível

documentar ao mesmo tempo que se cria um modelo computadorizado, podendo assim fazer uma simulação da construção de verdade.

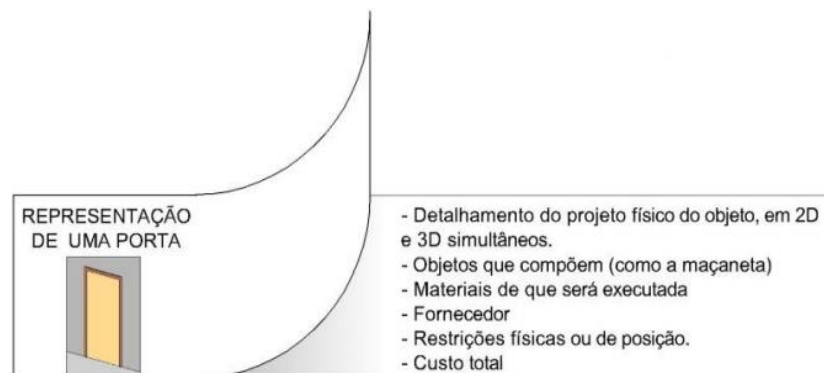
Os modelos nas figuras abaixo demonstram algumas diferenças entre um modelo CAD (figura 8) e um modelo BIM (figura 9) referentes a representação de uma porta.

Figura 8: Representação de uma porta em modelos CAD.



Fonte: Hippert e Araújo, 2010.

Figura 9: Representação de uma porta em modelo BIM.



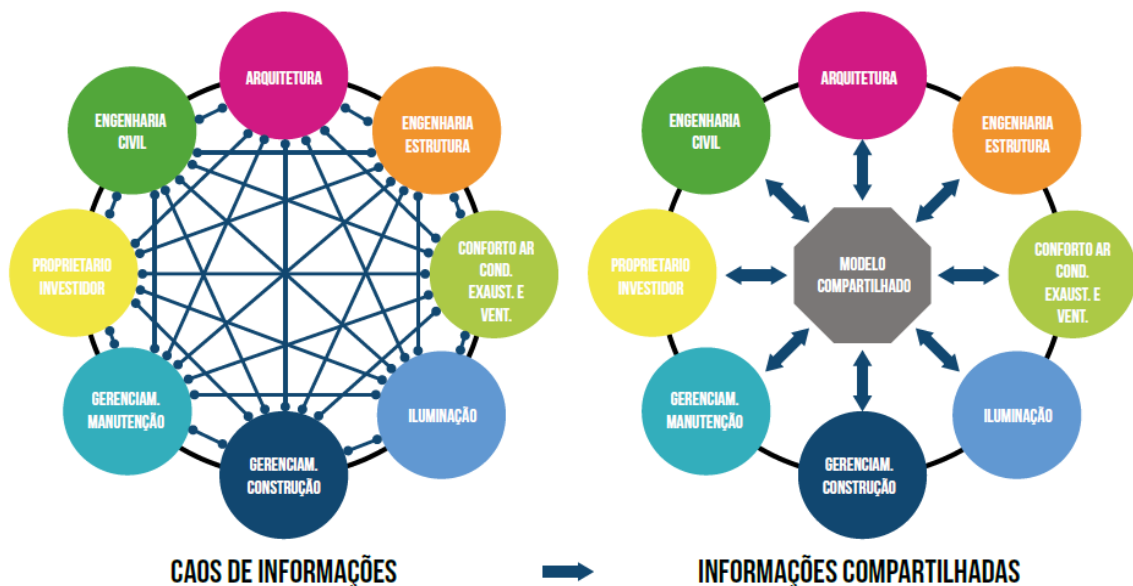
Fonte: Hippert e Araújo, 2010.

O fluxo de trabalho entre os profissionais envolvidos em um processo projetual tem grande impacto sobre o desenvolvimento de todas as etapas. Quando uma empresa executa seus conteúdos com base nos modelos CAD, cada projetista trabalha individualmente, ou seja, recebe informações oriundas de diversas outras fontes de modo desassociado. Por outro lado, quando há o uso das plataformas em BIM, a troca de informações entre os projetistas se dá de uma forma muito mais

centralizada, tornando a relação entre profissionais muito mais próxima e eficiente. (ADDOR, 2013)

A figura 10 representa dois modelos de comunicação entre setores de um projeto. O diagrama da esquerda demonstra o processo tradicional de trocas de informações entre várias disciplinas, referido ao sistema CAD, enquanto o diagrama da direita representa o modelo federado ou modelo compartilhado. Esse modelo compartilhado facilita a troca de informações, uma vez que o trabalho entre os profissionais é colaborativo, ou seja, todo o esforço realizado por um participante poderá ser aproveitado pelos outros (CATELANI, 2016).

Figura 10: Modelos de transferência de informações.



Fonte: Catelani, 2016.

Os benefícios encontrados nas plataformas BIM em relação as ferramentas CAD são diversos, desde a parametrização dos elementos construtivos até o facilidade de trocas de informações, entre outros. No entanto, segundo Crespo e Ruschel (2007), a complexidade dos programas BIM é o principal obstáculo a ser enfrentado. Além disso, a implementação do BIM tem uma variedade de processos organizacionais, que barram a prática deste modelo. Portanto, a Modelagem da Informação da Construção tem um longo caminho de adaptação no mercado AEC, o qual deve ser feito de modo que supere a ampla utilização dos modelos CAD.

3.6 SOFTWARES BIM

Hilgenberg et al. (2012) ressalta que:

Os primeiros *software* BIM lançados no mercado foram o Allplan no início da década de 80 e o ArchiCAD, em 1984. O REVIT, outro *software* BIM, foi criado já na década de 90, e posteriormente comprado e difundido comercialmente pela Autodesk. E entre outros, há também o *software* Bentley.

A transformação no modo como se projeta exigiu também uma mudança nos meios utilizados. Os *softwares* foram evoluindo e se adaptando às necessidades do mercado. Atualmente os profissionais de AEC têm à disposição inúmeros *softwares* que empregam a tecnologia BIM nas mais variadas áreas da engenharia.

A tabela 1 apresenta uma lista com as disciplinas de projetos associadas à algumas ferramentas BIM utilizadas hoje no mercado.

Tabela 1: *Softwares* BIM e as diferentes disciplinas de projeto.

CADA ETAPA UM PROGRAMA	
Disciplinas de projeto	Ferramentas BIM
Arquitetura	Revit Architecture
	ArchiCAD
	Vectorworks
	Bentley Architecture
	Allplan
Estrutura	DDS-CAD Architect
	Tekla Structures
	Revit Structure
	CAD/TQS
Elétrica	Bentley Structural
	Revit MEP
	Bentley – Building Electrical Systems
Hidráulica/HVAC	DDS-CAD Electrical
	Revit MEP
	Bentley Mechanical Systems
Gerenciamento de projetos	DDS-HVAC
	Navisworks
	Synchro
Gerenciamento e orçamento de obras	Solibri
	Vico Software
	Volare/TCPO
	Primavera
	MSPProject
	Tron-orc
Orca Plus	
	Orçamento Expresso PINI

Fonte: ROCHA (2011)

3.6.1 Interoperabilidade e IFC

A principal proposta do BIM é que as informações geradas em uma construção sejam unidas em um mesmo modelo virtual. Essa variedade de dados, vindas de diversas fontes, necessita ser compartilhada e trabalhada facilmente, porém muitas vezes se torna crítica pelo fato de que os formatos dos arquivos nem sempre são compatíveis com o *software* utilizado.

Segundo Eastman (2014), a interoperabilidade retrata a necessidade de intercâmbio entre os dados envolvidos no projeto, onde os múltiplos envolvidos possam contribuir de forma inteira. O mesmo autor ainda ressalta que a interoperabilidade é uma necessidade básica dentro das ferramentas BIM, onde as diversas aplicações já existentes devem interagir de forma mais íntima, em uma mesma interface, afim de haver menos discordâncias.

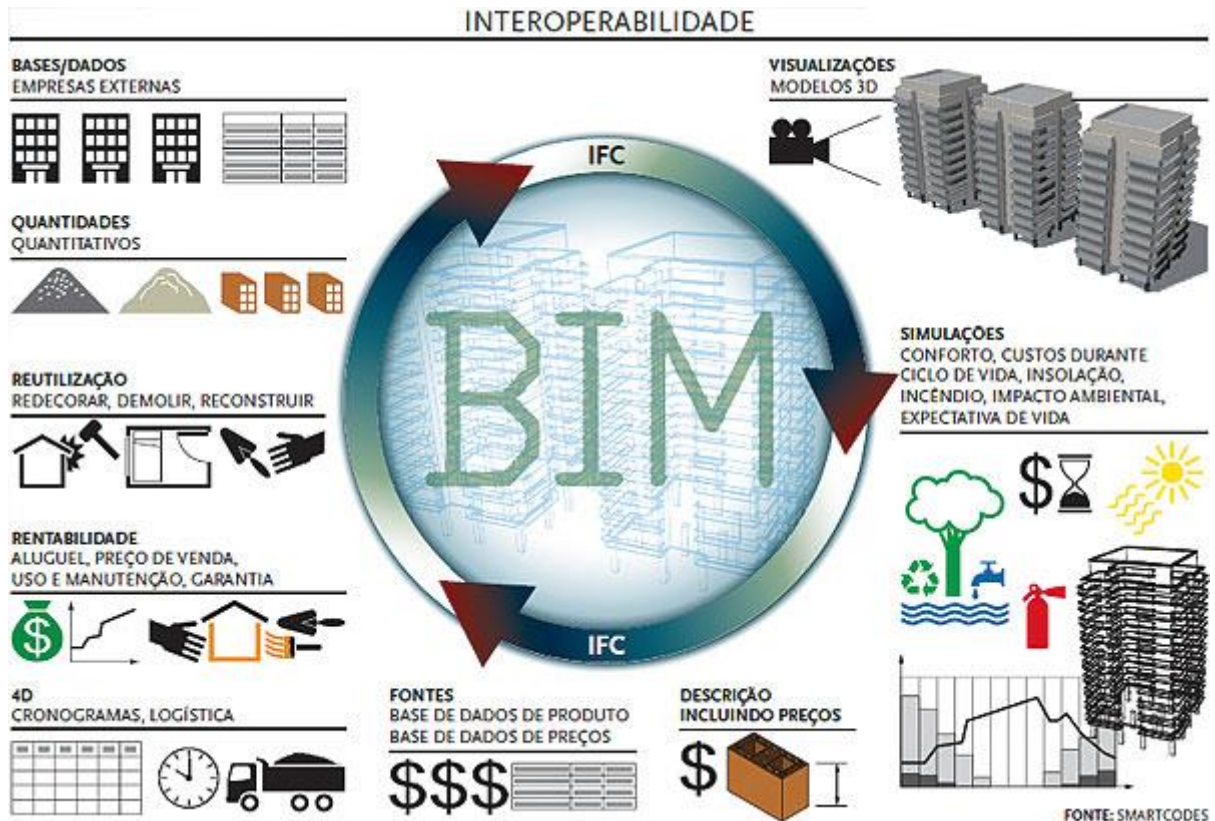
Catelani (2016) define interoperabilidade como sendo a habilidade de dois sistemas ou softwares diferentes conversarem e trocarem dados um com o outro, com o auxílio do formato aberto *IFC – Industry Foundation Classes*, que tende a facilitar essa troca.

A transferência de informações é de extrema importância para o BIM. Para que haja essa troca entre diferentes tipos de *softwares* e equipes, foi desenvolvido o IFC. Eastman *et al.* (2014) explica que IFC foi desenvolvido para criar um grande conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de *softwares* de AEC. O mesmo autor explica ainda que os IFCs são bibliotecas de objetos e definições de propriedades que podem ser usadas para representar um empreendimento de construção e suportam a utilização dessa informação de construção para usos particulares.

IFC é um formato de arquivo destinado a objetos 3D, aberto, público, neutro e padronizado, que deseja abranger cada particularidade do projeto, contratação, fabricação, construção, montagem, operação e manutenção na indústria da construção civil. O formato de arquivo IFC é certificado pela ISO (16739:2013) e é utilizado para viabilizar a interoperabilidade e o trabalho colaborativo na plataforma BIM. (CATELANI, 2016)

A figura 11 representa o fluxo de informações IFC dentro de um modelo BIM, em um ciclo onde as etapas não sofrem com a incompatibilidade de formatos.

Figura 11: Fluxograma da interoperabilidade dos modelos BIM.



Fonte: ROSSO (2011).

3.6.2 Autodesk Revit

O Autodesk Revit é o programa que atua em BIM mais popular no mercado atual. Esse *software* é procurado e utilizado por profissionais da AEC que buscam por reduções de riscos, informações mais detalhadas antes dos edifícios serem executados e por projetos feitos com qualidade superior aos demais sistemas de desenvolvimento

De acordo com o portfólio de produtos Autodesk, Revit é descrito como uma “Solução desenvolvida especificamente para *BIM*, que permite o desenvolvimento de modelos com recursos para modelagem (arquitetônica, estrutural, sistemas prediais), anotação, documentação (layout e impressão), levantamento de quantitativos,

geração de legendas e tabelas, geração de câmeras e renderizações e geração de passeios interativos (“walkthroughs”). Possui capacidade de Associação Bidirecional: uma alteração em um ponto específico é uma alteração global. Neste *software*, todas as informações de modelos são armazenadas em um único banco de dados coordenado. As revisões e alterações efetuadas nas informações são automaticamente atualizadas em todo o modelo, reduzindo significativamente a quantidade de erros e omissões. Esses componentes oferecem um sistema gráfico aberto para considerações de design e criação de formas, ao mesmo tempo em que fornecem a oportunidade de ajustar e expressar a intenção de design em níveis cada vez mais detalhados. Usa componentes paramétricos para as montagens mais elaboradas, como trabalho de marcenaria e equipamentos, e também para as peças de construção mais elementares, como paredes e colunas. O melhor de tudo é que nenhuma codificação ou linguagem de tabela é necessária. Atualmente é o produto líder de mercado BIM.” (CATELANI, 2016)

No seu surgimento, o Revit era apenas um software de atuava voltado para profissionais da arquitetura. Com o aumento do uso das modelagens BIM, o Revit foi sendo atualizado e começou a ser usado também em outras áreas da engenharia, como estruturas, elétrica, hidráulica e construção. Para uma melhor integração entre essas áreas, foram criados além do Revit Architecture para modelagem 3D, o Revit Structure para estruturas, o Revit MEP para instalações hidráulica e elétrica e o Revit LT, que é uma versão mais simplificada e econômica do Revit Architecture.

Alguns dos recursos do Revit são apresentas na tabela 2.

Tabela 2: Alguns dos recursos da plataforma Revit.

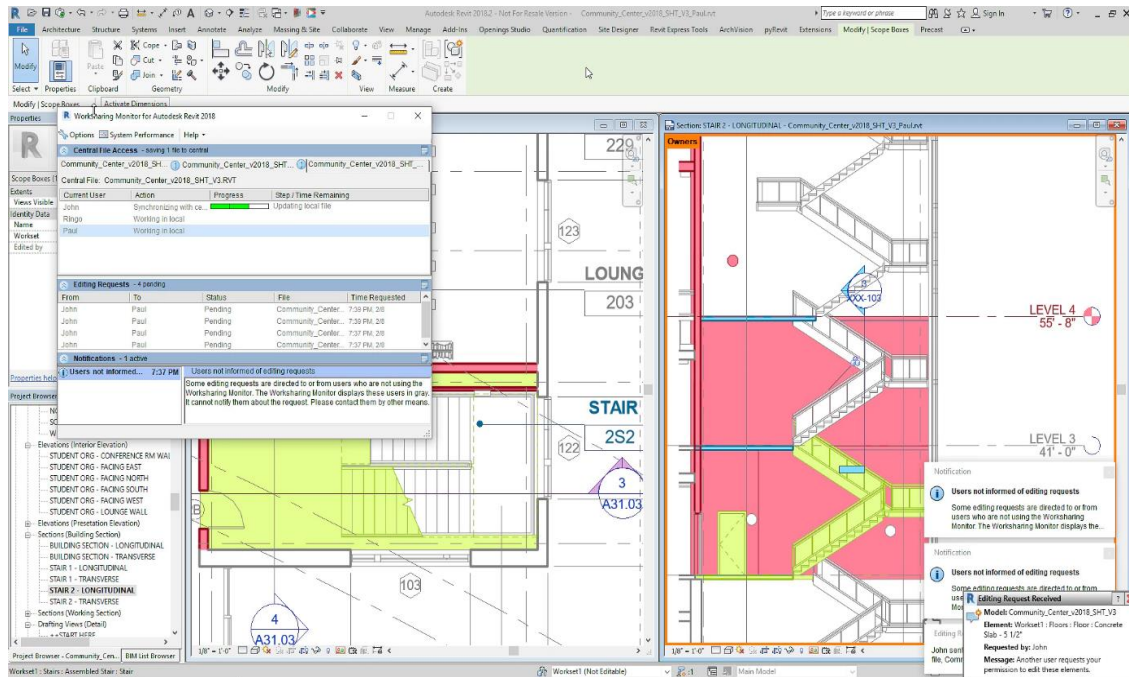
Componentes paramétricos	Um sistema gráfico para projeto e elaboração de formas, e a base para todos os componentes de construção concebidos no Revit.
Compartilhamento de trabalho	Os colaboradores de várias disciplinas podem compartilhar e salvar seu trabalho, utilizando um único arquivo central.
Interoperabilidade e IFC	O Revit importa, exporta e vincula seus dados com os principais formatos da indústria, incluindo IFC4.
Dynamo for Revit	Expanda e otimize fluxos de trabalho de BIM com uma interface de programação gráfica de código aberto que é instalada junto com o Revit.
Parâmetros globais	Incorpore a ideia do projeto com parâmetros que abrangem todo o projeto e que funcionam com cotas radiais e de diâmetro e restrições de igualdade
Modelagem arquitetônica	Adicione elementos arquitetônicos ao modelo de construção, incluindo paredes, portas, janelas e componentes.
Visualização de projetos 3D	Explore, valide e comunique seus projetos. Renderização mais rápida e precisa com o mecanismo de renderização Autodesk Raytracer.
Aço estrutural de modelagem	Modele conexões com um maior nível de detalhe, utilizando uma variedade de conexões de aço paramétricas no Revit ou criando suas próprias conexões de aço personalizadas.
Vínculos bidirecionais com análise	Integre os resultados da análise no processo de BIM e trabalhe em um fluxo de trabalho iterativo.
Vinculando com fabricação estrutural	A CAM Export conecta projetos de concreto moldado e pré-moldado com processos de fabricação automáticos.
Interoperabilidade do Navisworks	Abra um modelo de coordenação do Navisworks diretamente no Revit para coordenar o projeto com o trabalho de equipes que usam software diferente.
Importe/exporte folhas 2D	Importe arquivos do AutoCAD ou do Revit e prepare conjuntos de folhas para exportação para fabricantes, subempreiteiras ou outros envolvidos no projeto, no formato em que eles precisam.

Fonte: Adaptado de Autodesk.

Além de todas as características descritas, o Revit traz inúmeras outras facilidades. Seus recursos permitem a geração automatizada de plantas, elevações, cortes e maquetes eletrônicas, e ainda a nomeação e numeração automática das pranchas. Além disso, possibilita alterações imediatas conforme mudanças da escala, das alturas de cotas, textos e símbolos. O modo colaborativo do *software*, onde os projetos são compartilhados entre os membros da equipe, traz agilidade e rapidez aos trabalhos, tornando os prazos, antes apertados, muito mais estáveis.

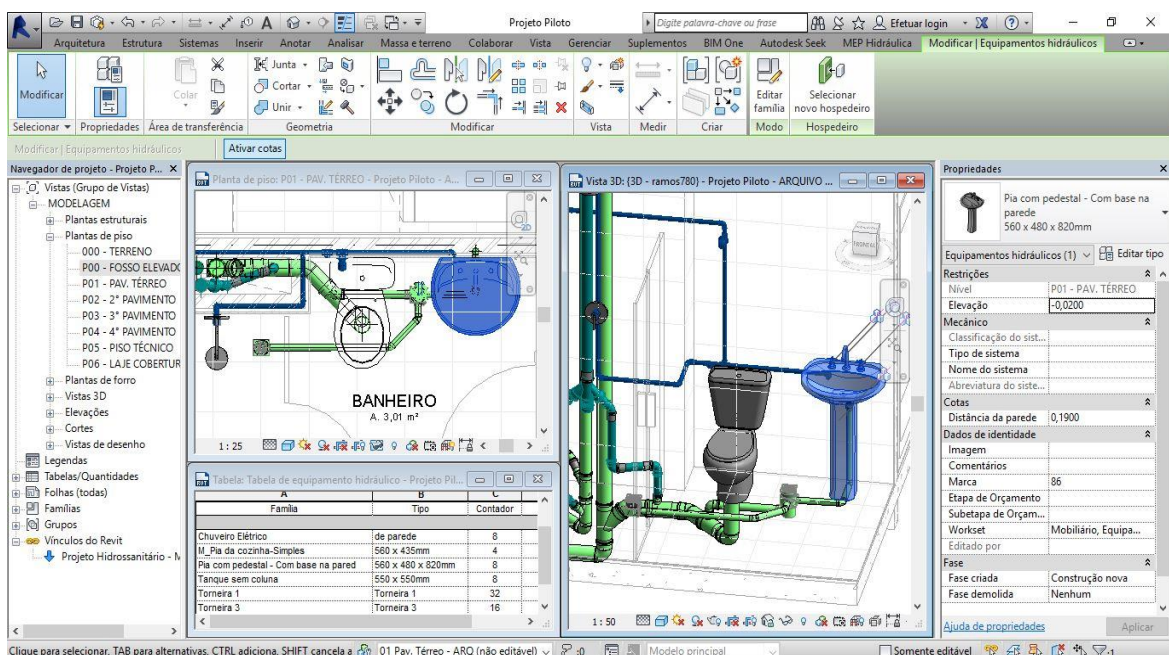
Abaixo, através das figuras 12 e 13, é possível visualizar o layout do software Revit.

Figura 12: Layout do Revit com realização de planta baixa e corte de uma escada.



Fonte: AUTODESK.

Figura 13: Layout Revit com representação de instalações hidrossanitárias.



Fonte: SIENGE (2016).

3.6.3 ArchiCAD®

O ArchiCAD® é um *software* BIM desenvolvido pela empresa húngara *Graphisoft Virtual Building Explorer* (VBE). Comercializado na década de 80, foi a primeira ferramenta BIM lançada no mercado, sendo muito difundida na Europa e atualmente ganhando espaço no Brasil.

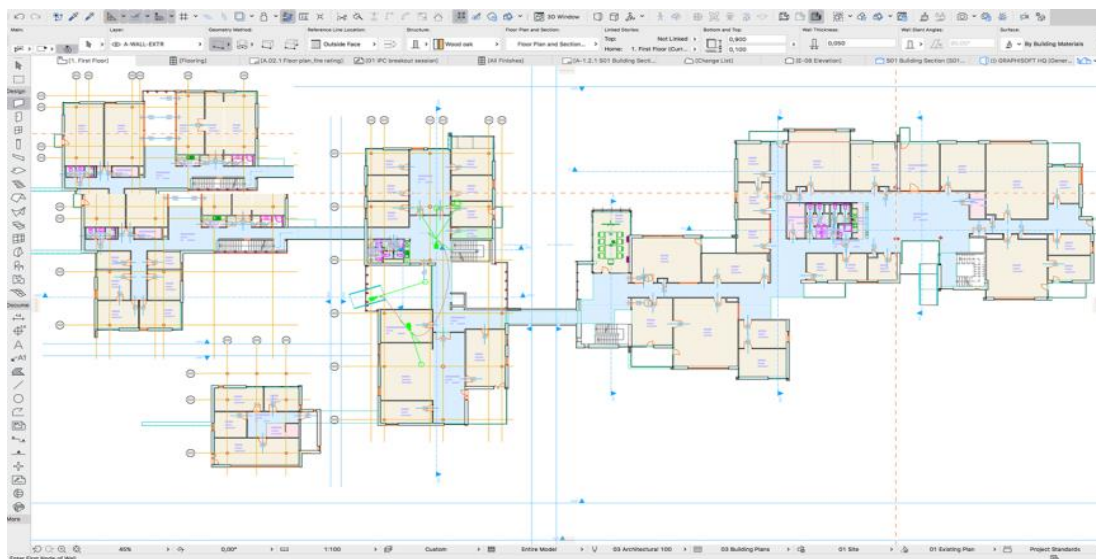
O ArchiCAD é uma ferramenta BIM de projeto usada por profissionais das áreas de arquitetura e engenharia. Com esse *software* é possível trabalhar em projetos 2D ou 3D, em plantas baixas, cortes e elevações onde qualquer mudança é interligada entre os desenhos.

Alguns dos benefícios do ArchiCAD são:

- Maior produtividade devido as mudanças automáticas e instantâneas;
- Interface intuitiva e fácil de usar;
- Possui uma grande biblioteca de objetos;
- Incorporação e vinculação de informações vitais, como fornecedores de materiais específicos.
- Visualização do edifício virtual e em 3 dimensões;
- Facilita o trabalho em grupo através do *BIMcloud*.

A figura 14 representa a interface do *software* ArchiCAD.

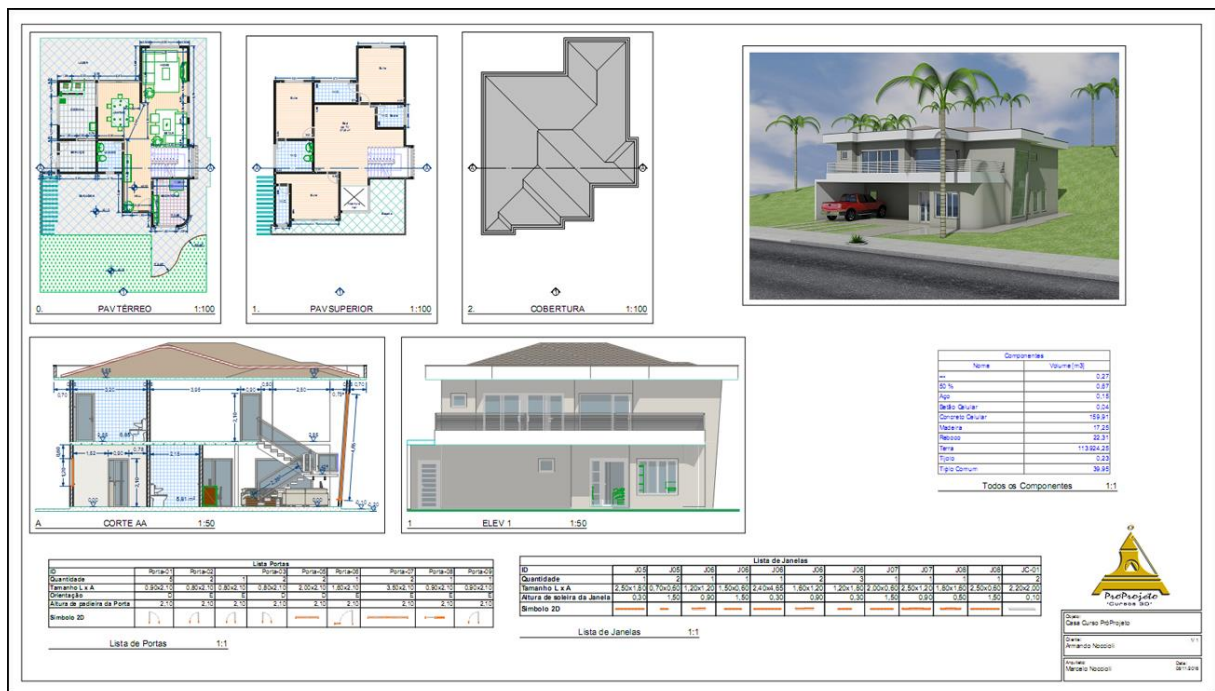
Figura 14: Interface gráfica do utilizador.



Fonte: ArchiCAD (2019).

Monteiro (2017) acrescenta ainda que o ArchiCAD proporciona controle sobre o projeto conservando a precisão e a eficiência na documentação. O banco de dados centralizado está diretamente ligado às construções de cada projeto como paredes, andares, portas, janelas e coberturas. Os projetos em geral (cortes, plantas, listas de componentes, tabelas de esquadrias, maquetes eletrônicas, animações e cenas em realidade virtual) são gerados automaticamente. A figura 15 representa a modelagem de uma casa utilizando o *software* ArchiCAD.

Figura 15: Modelagem de uma casa utilizando o ArchiCAD.



Fonte: PróProjeto (2017).

3.6.4 Navisworks

Também oferecido pela Autodesk, o Navisworks é uma ferramenta de análise de design 3D usada para complementar pacotes de desenho como o Revit e o AutoCAD. É uma aplicação baseada em um modelo BIM, que permite a antecipação e a redução de erros, antes mesmo do início da construção. Essa ferramenta é usada para revisão de projetos onde o usuário pode combinar modelos em três dimensões e navegar por eles em tempo real, sendo assim importante na fase pré-construção.

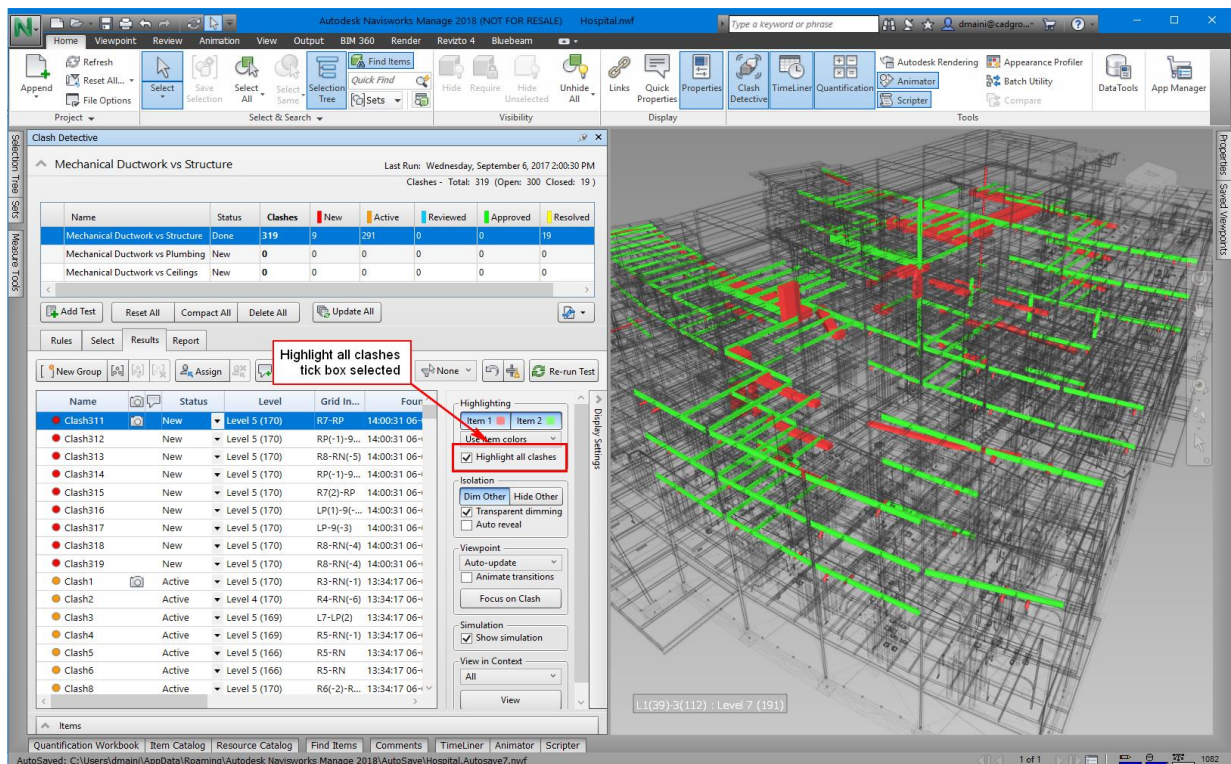
O Navisworks conta com uma série de recursos que podem ser utilizados pelos profissionais AEC, desde a coordenação, simulação até a análise dos dados inseridos

nos projetos afim da revisão do projeto como um todo. Além disso das funcionalidades em coordenação (3D), inclui também funções de planejamento (4D) e avaliação de custos (5D), tornando facilitada a comunicação entre os diversos setores.

Uma das ferramentas usadas na compatibilização dos projetos no software Navisworks é o *Clash Detective*. Segundo a Autodesk, o *Clash Detective* permite a identificação, a inspeção e o reporte de interferências de um modelo de projeto 3D, possibilitando a redução dos erros. Ele funciona a partir de testes realizados entre a geometria 3D tradicional (triângulos) e nuvens de pontos digitalizados a laser. Além disso, o *Clash Detective* pode ser combinado com outras funcionalidades do Navisworks, como o *Object Animation* (prevê interferências durante movimentos) e o *TimerLiner* (verificações de interferências com base no tempo). (Autodesk, 2017)

A seguir, a figura 16 exemplifica uma estrutura aberta no programa Navisworks, com a atuação da ferramenta *Clash Detective*, onde as interferências são mostradas em diferentes cores.

Figura 16: Ferramenta *Clash Detective* do programa Navisworks.



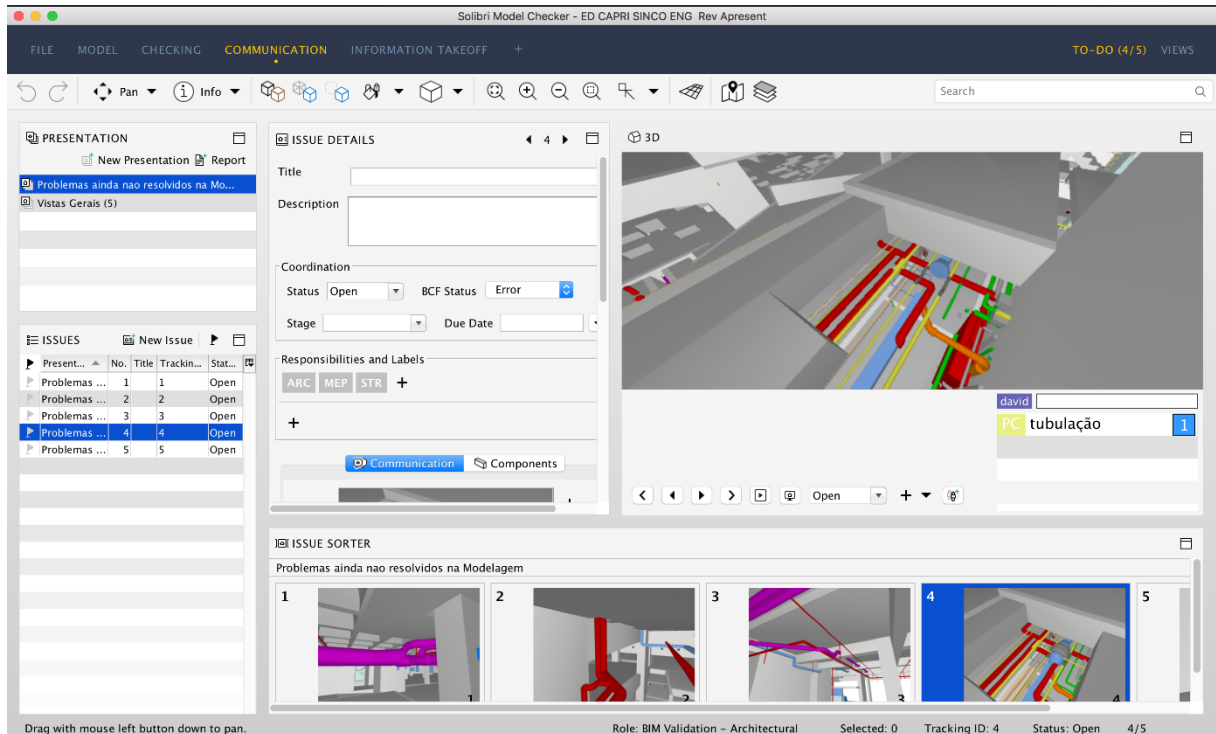
Fonte: AUTODESK 2017

3.6.5 Solibri Model Checker™

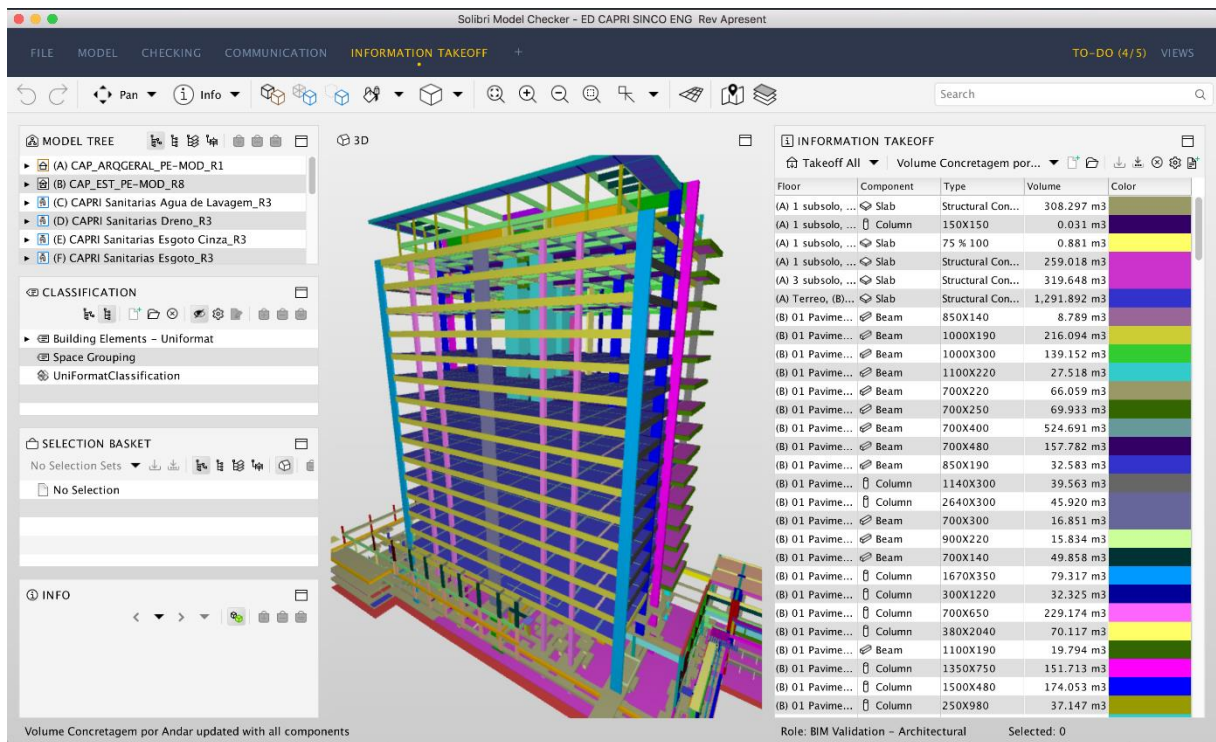
Fornecida pela Solibri, o *Solibri Model Checker* é um *software* que funciona dentro da metodologia BIM, sendo considerado um verificador de modelos que permite ao sistema fazer diversas verificações, incluindo a criação de regras mais detalhadas e filtros personalizados. Dentro dessas verificações, estão incluídas rotas de fuga, acessibilidade, atendimento de normas usadas no Brasil. (GONÇALVES, 2016).

Além disso, os dados obtidos das mais variadas disciplinas criadas nas ferramentas BIM são combinados em um único modelo no Solibri. Ele então, tem a capacidade de verificar e comunicar as falhas, onde também são extraídas medições, classificação de componentes dos modelos, os quais podem ser rotulados, mapeados, qualificados e quantificados. (SOLIBRI, 2019). A figura 17 está representado um modelo da comunicação do *software* Solibri, enquanto na figura 18 é possível visualizar a modelagem 3D de um edifício.

Figura 17: Interface do programa Solibri mostrando interferências de projetos.



Fonte: Solibri (2019).

Figura 18: Modelagem 3D no *software* Solibri Model Checker.

Fonte: Solibri (2019).

4. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado através do acompanhamento da execução de uma construção de um prédio misto, residencial e comercial, de 15 pavimentos, no período entre março e julho de 2019.

O acompanhamento da obra teve como principal função, a verificação de possíveis conflitos na execução das atividades, tendo como causa a inexistência ou a deficiência na compatibilização dos projetos. Com isso, tornaram-se notáveis custos gerados, mudanças de projetos, retrabalhos e desperdício de tempo.

Os projetos eram entregues de forma sequencial, por projetistas terceirizados. Os projetos complementares foram desenvolvidos tendo como base o projeto arquitetônico.

A metodologia usada foram pesquisa em campo com coleta de dados e sobreposição de desenhos 2D, a partir dos projetos existentes. Foram comparados projetos arquitetônicos, hidráulicos, elétricos e estruturais.

Além disso, a pesquisa teve auxílio do engenheiro e dos encarregados pelos setores, que forneceram informações mais detalhadas dos casos.

4.1 DESCRIÇÃO DA OBRA

A obra consiste na execução de um edifício residencial e comercial. O método estrutural utilizado é concreto armado e alvenaria de vedação, a qual tem função apenas de fechar e separar os ambientes, sem função estrutural, onde são usados blocos cerâmicos. As estruturas de fundações do tipo profundas, mais especificamente tubulões, que são elementos de furação moldados in loco. Como complemento do projeto arquitetônico foram integrados os seguintes projetos complementares: hidráulico, elétrico, telefonia e lógica, ar condicionado, preventivo contra incêndio e de gás. Os projetos foram elaborados por profissionais distintos, e a compatibilização, quando feita, foi realizada através da sobreposição das pranchas.

4.2 INCOMPATIBILIZAÇÕES

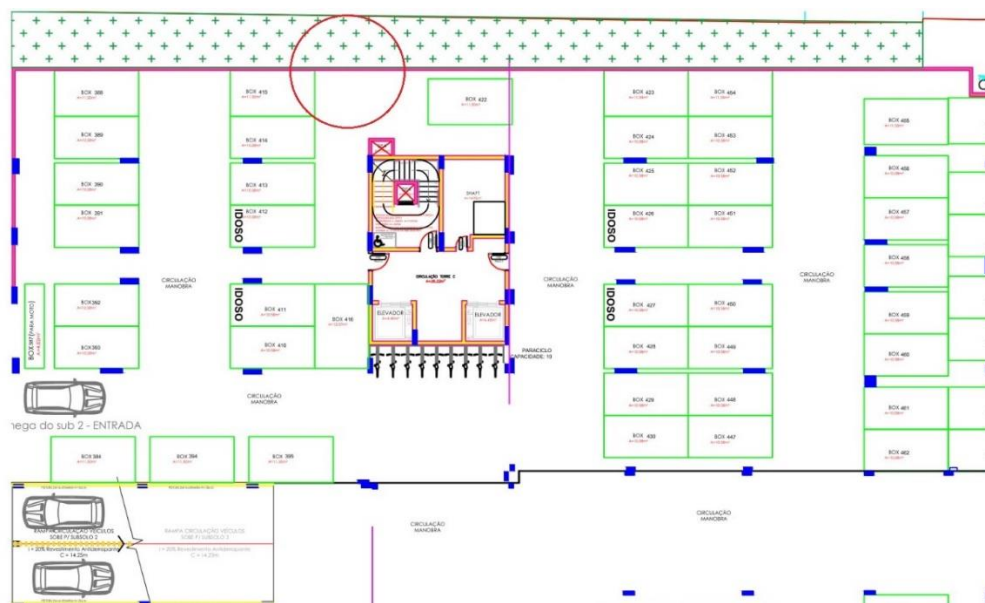
A partir da análise dos projetos e a pesquisa em obra, foram encontradas algumas inconformidades. Os erros encontrados puderam ser adequados diretamente na obra, gerando pequenas mudanças. Vale ressaltar que não houve controle sobre os gastos, tempo e desperdícios oriundos dos problemas relacionados as incompatibilidades. A seguir, seguem listadas algumas das incompatibilidades encontradas, e as soluções propostas.

4.2.1 Cortina de Contenção x Projeto Arquitetônico

O edifício possui em sua estrutura, três pavimentos abaixo do nível do solo. A partir do estudo geotécnico do terreno e as condições das construções que rodeiam a obra, verificou-se a necessidade de executar contenções nas paredes próximas ao solo. O estudo teve como resultado, o dimensionamento de paredes de contenção.

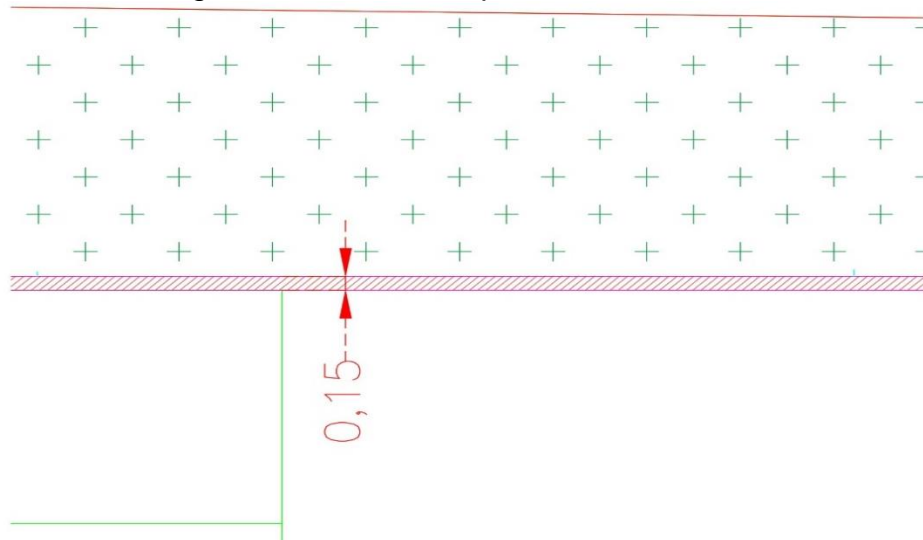
Aos pavimentos de subsolo, foi atribuído o uso de vagas garagem, como mostra a figura 19. As vagas foram dimensionadas pelo projeto arquitetônico, e posteriormente analisadas pelo projetista estrutural. Porém nesse caso, o projeto arquitetônico não levou em conta a possível necessidade da execução das paredes de contenção, e dimensionou as paredes com apenas 15 centímetros de espessura (figura 20). Como as vagas de garagem já estavam estipuladas, a área da parede de contenção não poderia avançar internamente. Com isso, a solução encontrada foi escavar uma parte do terreno próximo ao prédio vizinho. A partir desse desacordo entre os projetos, perdeu-se uma área de faixa verde, que fazia parte da área permeável do projeto.

Figura 19: Planta baixa arquitetônica do subsolo 3.



Fonte: Arquivos de obra.

Figura 20: Detalhe da parede do subsolo 3.



Fonte: Arquivos de obra.

4.2.2 Rede de Drenagem

O empreendimento terá na sua totalidade, quatro torres, que serão unidas pelo térreo. Esse espaço, que será uma área a céu aberto, compreenderá uma espécie de calçada, com lojas, projeto paisagístico que inclui bancos, chafarizes, áreas gramadas, plantas de pequeno porte e árvores.

Parte do térreo já foi entregue, juntamente com a primeira torre. Com isso, parte do projeto paisagístico foi realizado (figura 21).

Figura 21: Planta baixa do pavimento térreo com destaque para a área já executada do paisagismo.



Fonte: Arquivos de obra.

O local onde o projeto paisagístico foi executado, fica acima do primeiro pavimento de subsolo, portanto não há drenagem natural, havendo então necessidade da criação de um projeto de drenagem, no trecho onde haveria vegetação. Porém, devido à falta de integração dos projetos, os drenos não foram executados, enquanto a vegetação foi colocada no lugar especificado em projeto. Com isso, gerou-se um retrabalho e uma adequação no projeto hidráulico, pois tubulações foram incluídas. A figura 22 mostra os drenos que foram inseridos no local.

Figura 22: Execução dos drenos.



Fonte: Autora.

4.2.3 Projeto Arquitetônico x Projeto Estrutural

4.2.3.1 Reforço estrutural

Para dar início aos projetos complementares, é necessário ter em mãos o projeto arquitetônico. Em alguns casos, o projetista estrutural recebe o projeto arquitetônico já aprovado pela prefeitura. Com isso, a realização de mudanças no projeto estrutural fica dependente do proprietário e do arquiteto, os quais dificilmente aceitam alterações.

Neste estudo de caso foram identificadas consequências da falta de interação entre os projetos arquitetônico e estrutural. Nos pavimentos destinados às garagens, os pilares foram dispostos de maneira a atender o maior número de vagas e o melhor fluxo de automóveis, guiados pelo projeto arquitetônico. Com isso, o projeto estrutural manteve o arranjo de pilares proposto pela arquitetura, e como consequência houve a necessidade de realizar reforços estruturais no segundo pavimento comercial, como mostram as figuras 23 e 24. Custos extras, tempo e mão de obra adicionais são consequências desse tipo de discordância entre projetos.

Figura 23: Reforço estrutural nos pavimentos 1 e 2.



Fonte: Autora.

Figura 24: Reforço estrutural nos pavimentos 1 e 2.



Fonte: Autora.

4.2.3.2 Evidenciação das vigas e dos pilares em relação às paredes

O reforço estrutural citado acima, gerado pelo conflito entre os projetos arquitetônico e estrutural além as consequências já citadas, obteve como resultado projeções dos elementos estruturais muito acentuadas, os quais produzem um aspecto esteticamente disforme e muitas vezes desfavorável à organização do cliente final. As figuras 25 e 26 expõem os elementos estruturais já acabados.

Figura 25: Pilar e viga em desconformidade em relação à alvenaria.



Fonte: Autora.

Figura 26: Pilar e viga em desconformidade em relação à alvenaria.



Fonte: Autora.

Em alguns outros pontos do edifício, também foram observados pilares com projeções de 15 centímetros além da alvenaria, como é possível visualizar na figura 27.

Figura 27: Dormitório com pilar excedendo as dimensões das paredes.



Fonte: Autora.

4.2.4 Projeto Estrutural X Projeto Hidrossanitário

Entre os projetos estrutural e hidrossanitário, houveram algumas discordâncias analisadas em obra. Devido ao não alinhamento entre os projetos, mudanças nos traçados foram feitas ao longo da execução dos elementos hidrossanitários.

A figura 28 mostra que as peças hidrossanitárias foram desviadas ao redor do pilar.

Figura 28: Peças hidrossanitárias e estruturais.



Fonte: Autora.

No mesmo local citado acima, a figura 29 mostra uma perspectiva diferente do mesmo conflito. Nesse caso, é possível visualizar que a parede precisou ser aberta para a passagem dos canos, ficando expostos do lado externo da edificação.

Figura 29: Elementos hidráulicos expostos na fachada lateral do edifício.



Fonte: Autora.

No pavimento térreo, notou-se também alguns conflitos entre a estrutura e as peças hidrossanitárias. Na figura 30, verificam-se desvios das tubulações pois há elementos estruturais ao longo do trajeto.

Figura 30: Elementos hidráulicos expostos na fachada lateral do edifício.



Fonte: Autora.

4.2.5 Instalações elétricas

Os projetos elétricos são desenvolvidos a partir do projeto arquitetônico, porém, apesar disso, muitas vezes ocorrem discordâncias entre os dois. Como exemplo, foi possível observar diversos cortes nas paredes já rebocadas e com gesso, para instalação de novos pontos elétricos, como nas figuras 31 e 32. Em alguns casos, isso ocorre pois os apartamentos têm a possibilidade de receber modificações definidas pelos clientes, ainda na fase de execução. Isso gera inúmeros retrabalhos, perdas de materiais e tempo e mão de obra adicionais.

Figura 31: Retrabalhos em pontos elétricos.



Fonte: Autora.

Figura 32: Retrabalhos em pontos elétricos.



Fonte: Autora.

4.2.6 Projeto de Combate a Incêndio

O projeto de combate a incêndio foi elaborado e entregue com a obra já em fase de execução. O sistema hidráulico preventivo prevê a instalação de hidrantes em prédios residenciais com área superior a 750 m² ou altura superior a 12m (DECRETO Nº 53.280, p. 66). A instalação das tubulações (figura 33) que alimentam os hidrantes, foi feita quando todas as lajes já estavam executadas. Com isso, a solução foi abrir furos nas lajes nos corredores de todos os pavimentos para passagem da tubulação, que ficará exposta, ocupando espaço do corredor, sendo visualmente desagradável e dificultará a execução dos acabamentos.

Figura 33: Tubulação metálica do sistema hidráulico preventivo.



Fonte: Autora.

4.2.7 Interferências Geométricas

Um problema frequentemente encontrado, era a colisão de elementos geométricos dos diferentes projetos complementares, como mostram as figuras 34, 35 e 36. Por mais que esses conflitos não gerem grandes inconvenientes, fica evidente que não há qualquer tipo de organização entre os componentes, o que pode dificultar o trabalho dos operários.

Figura 34: Interferências geométricas: elementos hidrossanitários, hidráulicos, elétricos e de ar condicionado.



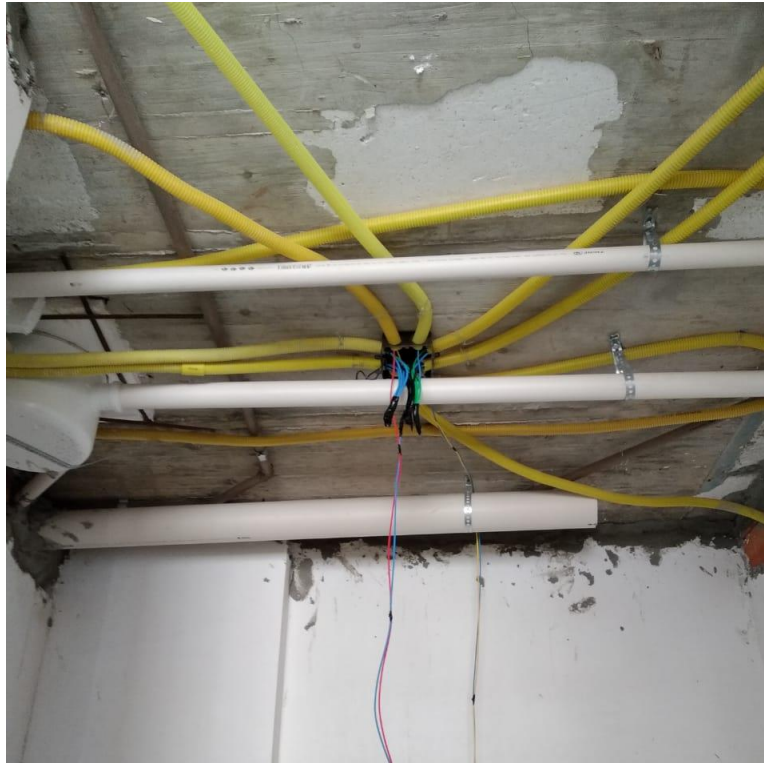
Fonte: Autora.

Figura 35: Interferências geométricas: elementos hidráulicos e elétricos.



Fonte: Autora

Figura 36: Interferências geométricas: elementos hidrossanitários e elétricos.



Fonte: Autora.

5. CONCLUSÃO

A alta complexidade do setor da construção civil e a crescente busca por soluções que maximizem lucros e reduzam contratempos, demandam profissionais qualificados que demonstrem eficiência ao apresentar resultados. Portanto, nesse cenário, a prática de compatibilizar projetos se torna uma aliada de fundamental importância, podendo antecipar erros e com isso manter planejamento e orçamento dentro dos planos iniciais.

O estudo de caso proposto neste trabalho permitiu identificar algumas das interferências que ocorrem dentro de uma construção. Nota-se que a falta de comunicação entre projetos arquitetônico e estrutural é a problemática mais presente, seguida por incompatibilidades entre projeto estrutural e demais projetos complementares, como por exemplo, conflitos físicos entre vigas, pilares e peças hidráulicas. Os métodos utilizados para verificação das interferências foram a análise

dos projetos arquitetônico e complementares bidimensionais em CAD e observação da estrutura geral no decorrer da execução.

Nota-se que o uso da sobreposição de projetos 2D é ineficiente ou até mesmo inexistente. Os projetos são entregues à empresa em prazos diferentes, por projetistas diversos e terceirizados, o que dificulta a compatibilização dos mesmos.

Observou-se que a execução da obra teve início com seus projetos ainda em fase de elaboração. Além disso, alterações nos projetos eram propostas pelos clientes durante a fase executiva, o que comprometia o gerenciamento das atividades, gerando retrabalhos, principalmente nos componentes elétricos.

Também pode ser observado que não houve muito acompanhamento e documentação sobre os custos, tempo e materiais utilizados com os retrabalhos derivados das interferências entre os projetos.

A ocorrência de alterações nos projetos e a tomada de decisões afim de resolver incompatibilidades é descrita com normalidade pelos profissionais, que usam da experiência de trabalho como principal meio de resolução dos problemas, que, mesmo momentaneamente solucionados, poderão futuramente culminar em patologias e incômodos aos usuários.

Portanto, percebe-se a necessidade de melhorias no setor de arquitetura, engenharia e construção no que diz respeito a área de compatibilização de projetos. O investimento e desenvolvimento de tecnologias está crescendo justamente para auxiliar, padronizar os processos e reduzir os contratempos que os profissionais enfrentam diariamente nos canteiros de obra, onde a margem de desperdícios e retrabalhos ainda é muito grande.

Ainda, é notável que existe uma necessidade de que haja maior comunicação entre os projetistas que desenvolvem e coordenam os projetos, para que os mesmos estejam integrados em um só modelo. Sendo assim, o início dessa integração deveria estar na educação, a qual tem um papel de grande importância, tendo em vista que no atual momento, a maior parte das graduações de arquitetura e engenharia civil, não tem integração entre as suas disciplinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDOR, M. et al. Estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM. Guia AsBEA: Boas práticas em BIM, Fascículo 1. São Paulo, outubro de 2013.

Disponível em:

<http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/d6005212432f590eb72e0c44f25352be.pdf>

. Acesso em: 21 de junho de 2019.

ArchiCAD. Budapeste, Hungria, 2019. Disponível em:

<http://archicad.com/pt/generic/graphic-user-interface/>. Acesso em: 15 de junho de

2019. 1p.

ARAUJO, C. VAZQUEZ RAMOS, F. O Desenho de Arquitetura na Era Digital. 4º Seminário Ibero-americano Arquitetura e Documentação. Belo Horizonte, novembro de 2015. Disponível em:

<http://www.forumpatrimonio.com.br/arqdoc2015/artigos/pdf/353.pdf>. Acesso em: 21 de junho de 2019.

BARBOSA, Ana Cláudia Monteiro. A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático: Construção de uma ETAR na Argélia. 2014. Dissertação de Mestrado – Instituto Superior em Engenharia do Porto, Porto, Portugal. Setembro de 2014.

Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/47140291.pdf>. Acesso em: 09 de junho de 2019.

CARVALHO, P. D. 4 vantagens da compatibilização de projetos. ENGETOP (Empresa Júnior de Engenharia Civil) - Escola Politécnica da UFBA (Universidade Federal da Bahia), Salvador, junho de 2016. Disponível em:

<https://www.engetop.org.br/single-post/2016/06/17/4-Vantagens-da-compatibiliza%C3%A7%C3%A3o-de-projetos>. Acesso em: 21 de junho de 2019.

CALLEGARI, S. Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89863>. Acesso em: 01 de junho de 2019.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. São Paulo, 2008. Disponível em:

http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf. Acesso em: 10 de junho de 2019.

CRESCO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: Anais do III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007. Disponível

em: <http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/tic2007/artigos/A1085.pdf>. Acesso em: 07 de junho de 2019.

GONÇALVES, R. Gestão das fases preliminar e interna do processo licitatório de edificações em instituições públicas sob o enfoque do PMBOK. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, 2011. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25841/Dissertacao%20-%20Romulo%20O.%20Goncalves-FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 de junho de 2019.

GONÇALVES JR, F. 5 desafios da compatibilização de projetos. Maio de 2016. Disponível em: <http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/5-desafios-da-compatibilizacao-de-projetos/>. Acesso em: 17 de junho de 2019.

GUS, M. Método para a Concepção de Sistemas de Gerenciamento da Etapa de Projetos da Construção Civil: Um Estudo de Caso. Dissertação de mestrado. CPGEC – UFRGS. Julho de 1996.

HILGENBERG, F. B.; ALMEIDA, B. L.; SCHEER, S.; AYRES, C. F. Uso do BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba. Gestão e Tecnologia de Projetos. 2012

HIPPERR, M. A. A.; ARAÚJO, T. T.; A contribuição do BIM para a representação do ambiente construído. I Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/173/173-739-1-SP.pdf>. Acesso em: 08 de junho de 2019.

MATTOS, A. D. BIM 3D, 4D, 5D e 6D. 2014. Blogs PINIweb.

MIKALDO JR, J.; SCHEER, S. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução? Curitiba, 2008. Gestão & tecnologia de projetos, Vol. 3, nº 1, p. 79-99, Maio 2008. 20p. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50928>. Acesso em: 07 de junho de 2019.

MONTEIRO, A. C. N.; JUNIOR, A.S.S.; CAVALCANTI, D. S. C.; PEREIRA, E. E. Compatibilização de Projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas. Revista Campo do Saber, Volume 3, p. 61, ISSN 2447-5017, 2017. Disponível em: <http://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/62>. Acesso em: 15 de junho de 2019.

MORAES, Marcelo. Do CAD ao BIM, uma breve explicação. PNM Tecnologia, nov. 2017. Disponível em: <https://www.pnmtecnologia.com/single-post/2017/11/14/Do-CAD-ao-BIM-uma-breve-explica%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 09 de junho de 2019.

NAVISWORKS. São Rafael, Estados Unidos da América, 2017. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/getting->

[started/caas/simplecontent/content/identifying-resolved-clashes-autodesk-navisworks-when-all-clashes-are-highlighted.html](https://www.autodesk.com/pt-br/started/caas/simplecontent/content/identifying-resolved-clashes-autodesk-navisworks-when-all-clashes-are-highlighted.html). Acesso em: 13 de junho de 2019. 1p.

PMI – *Project Management Institute*. Disponível em: <https://brasil.pmi.org/brazil/home.aspx>.

PRÓPROJETO. Modelagem de uma casa utilizando o ArchiCAD®. Disponível em: <http://www.proprojeto.com.br/> Acesso em: 16 de junho de 2019.

Revit: Recursos do *Software BIM*. São Rafael, Estados Unidos da América, 2017. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/revit/features>. Acesso em 13 de julho de 2019. 1p.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Decreto Nº 53.280, de 1º de novembro de 2016. Altera o Decreto nº 51.803, de 10 de setembro de 2014, que regulamenta a Lei Complementar nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013, e alterações, que estabelece normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndio nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul. 2016, p. 66.

ROCHA, A. P. Por dentro do BIM. Revista Pini Técnica – Projetos, edição 168. São Paulo, março de 2011. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/168/por-dentro-do-bim-em-fase-de-teste-em-287822-1.aspx>. Acesso em: 28 de maio de 2019.

SILVA, M. V. B. Gestão do tempo na construção civil e sua relação com as demais áreas da gestão de projetos. Revista On-Line IPOG. Goiânia, v.01, n.010. Disponível em: <http://docplayer.com.br/10869228-Gestao-do-tempo-na-construcao-civil-e-sua-relacao-com-as-demais-areas-da-gestao-de-projetos.html>. Acesso em: 04 de junho de 2019.

SIENGE. Tela do Revit mostrando os detalhes de montagem das instalações. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/4-bons-motivos-para-usar-bim/>> Acesso em: 13 de junho, 2019. 1p.

SOLIBRI A NEMETSCHEK COMPANY. Helsinki, Finlândia, 2019. Disponível em: <https://www.solibri.com/es/solibri-office>. Acesso em: 17 de junho de 2019.

YIN, Robert K. Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos. Bookman editora, 2015, p. 17.