



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE INTEGRAÇÃO ACADÊMICA E TECNOLOGIA – DIATEC
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JOÃO HUDSON OLIVEIRA NUNES

**BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE ARQUITETURA E
INSTALAÇÕES PREDIAIS EM UMA OBRA DE ALTO PADRÃO**

FORTALEZA

2023

JOÃO HUDSON OLIVEIRA NUNES

BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE ARQUITETURA E INSTALAÇÕES
PREDIAIS EM UMA OBRA DE ALTO PADRÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Cely Martins Santos de Alencar

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N925b Nunes, João Hudson Oliveira.
BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e instalações prediais em uma obra de alto padrão /
João Hudson Oliveira Nunes. – 2023.
71 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Cely Martins Santos de Alencar.

1. BIM. 2. Ambiente construído. 3. Gestão da informação. 4. Projetos. I. Título.

CDD 620

BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE ARQUITETURA E INSTALAÇÕES
PREDIAIS EM UMA OBRA DE ALTO PADRÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Cely Martins Santos de Alencar

Aprovada em: 07/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Cely Martins Santos de Alencar (OrientadorA)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio Paulo de Holanda
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Renata Mendes Luna
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Profa. Dr. Cely Alencar, pela excelente orientação.

Aos membros da banca deste trabalho, por terem aceitado o convite e por contribuírem com o crescimento desta pesquisa

Aos profissionais da construção civil consultados, pelo tempo concedido nas conversas e orientações.

Aos meus pais Maria Josefina de Oliveira Nunes e Godofredo Chagas Nunes, e ao meu irmão e minhas irmãs pelo apoio incondicional na busca dos meus sonhos durante toda minha na graduação de Engenharia Civil.

A UFC que me acolheu mais uma vez e me permitiu desenvolver atividades que contribuíram com meu crescimento profissional e pessoal.

“Minha grandeza não consiste em não haver caído nunca, mas em haver me levantado sempre.”,

Napoleão Bonaparte

RESUMO

O uso do *Build Information Modelling* (BIM) na construção civil vem trazendo inovações e tendências na práxis profissional com o desenvolvimento de projetos que utilizam modelos paramétricos capazes de fornecer dados precisos e valiosos nos diversos períodos construtivos. Ou seja, trata-se de um princípio que transcende uma simples visualização tridimensional e parte para um aproveitamento de integração de equipes, de compatibilização de projetos e de maior eficiência na execução de um empreendimento, possibilitando uma economia financeira, de recursos e de tempo. Para obras de alta complexidade e tamanho, evidencia-se a grande probabilidade de ter uma quantidade de informações desconectadas em inúmeros projetos segmentados, seja por erro de processamento de dados ou por erros humanos, ou pela falta de uma boa comunicação entre as partes. Uma forma de otimizar a gestão destas informações para prover e otimizar a gestão de informações e tempo, além do suporte na tomada de decisões é com a utilização do BIM. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo contribuir para um melhor entendimento acerca da importância do BIM caracterizando sua contribuição na compatibilização dos projetos de arquitetura e instalações de uma obra de alto padrão. O método adotado é o estudo de caso de um condomínio fechado de alto padrão de Fortaleza - CE. Como resultados, foram desenvolvidos modelagem tridimensionais a partir dos projetos básicos disponibilizados pelos engenheiros responsáveis pela obra durante a fase de sua execução. As soluções apresentadas para as incompatibilidades encontradas entre os projetos de arquitetura e instalações foram aplicadas no desenvolvimento da obra, além de se avaliar as aplicabilidades de cada modelo para as atividades em cada etapa da obra e em relação às dimensões do BIM. Por fim, pode-se notar os impactos da resolução dos conflitos encontrados a partir da utilização da metodologia BIM e do seu fornecimento de informações em campo.

Palavras-chave: Ambiente construído, BIM, Gestão da informação, Projetos.

ABSTRACT

The increased use of Build Information Modeling (BIM) in construction is currently bringing innovations and trends in professional practice with the development of a digital and parametric model capable of providing accurate and significant data in different construction periods. In other words, it is a principle that transcends a simple three-dimensional visualization and starts to take advantage of team integration, project compatibility and greater efficiency in the execution of a project, enabling financial, resource and time savings. For works of high complexity and size, there is a high probability of having a quantity of disconnected information in considerably segmented projects, whether due to data processing errors or human errors, or the lack of good communication between the parties. One way to optimize the management of this information to prove and improve information and time management, in addition to supporting decision-making, is with the use of BIM. In this context, this work aims to contribute to a better understanding of the importance of BIM by showing the impact of its contribution in making architectural projects and installations of a high-standard project compatible. The method adopted is the case study of a high-end gated condominium in Fortaleza - CE. As a result, three-dimensional modeling was developed based on the basic projects made available by the engineers responsible for the work during its execution phase. The solutions presented for the incompatibilities found between the architectural projects and installations were applied in the development of the work, in addition to evaluating the applicability of each model for the activities at each stage of the work and in relation to the BIM dimensions. Finally, you can observe the results of resolving conflicts found through the use of the BIM methodology and the provision of field information.

Keywords: Built environment, BIM, Information management, Projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Árvores de problemática do estudo.....	15
Figura 2 -	Influência dos Custos ao longo das Fases.....	20
Figura 3 -	Sobreposição dos projeto de estrutura x arquitetura x instalações sanitárias.....	26
Figura 4 -	Fluxo de trabalho em 2D.....	27
Figura 5 -	Fluxo de trabalho em BIM.....	28
Figura 6 -	Objetivos primários e secundários do BIM.....	31
Figura 7 -	Uso do BIM.....	31
Figura 8 -	Comparação do uso do BIM.....	32
Figura 9 -	Dimensões do BIM.....	33
Figura 10 -	Usuários do BIM.....	35
Figura 11 -	Interoperabilidades de arquivos em BIM.....	36
Figura 12 -	Fluxograma da Metodologia de Pesquisa.....	39
Figura 13 -	Modelagem do projeto estrutural do condomínio.....	42
Figura 14 -	Modelagem do projeto estrutural de uma casa padrão.....	43
Figura 15 -	Modelagem do projeto de arquitetura da casa padrão.....	43
Figura 16 -	Modelagem do projeto de instalações sanitárias da casa 300.....	44
Figura 17 -	Modelagem do projeto de instalações sanitárias da casa 400.....	44
Figura 18 -	Modelagem do projeto de instalações hidráulicas da casa de Bombas.....	45
Figura 19 -	Modelagem do projeto de instalações elétricas da casa 200.....	45

Figura 20 - Modelagem do projeto de instalações elétricas da casa padrão.....	46
Figura 21 - Janela de propriedades.....	47
Figura 22 - Classificação dos sistemas de instalações por cores.....	48
Figura 23 - Função Vincular da aba Inserir.....	50
Figura 24 - Vínculo entre os projetos de estrutura e de instalações prediais.....	50
Figura 25 - Visualizadores do Revit.....	51
Figura 26 - Caixa de corte aplicada no WC de serviço da casa padrão.....	52
Figura 27 - Visualização interno dos ambientes.....	53
Figura 28 - Planta inicial de Layout do pavimento Superior.....	54
Figura 29 - Planta de Layout de personalização da casa 800.....	55
Figura 30 - Planta de locação de condensadoras e de furos de passagens.....	58
Figura 31 - Planta de locação dos ralos de águas pluviais das cobertas.....	59
Figura 32 - Plantas ajustadas das instalações sanitárias do Subsolo da casa 500.....	60
Figura 33 - Plantas de locação dos poços artesianos.....	61
Figura 34 - Modelo <i>As built</i> das instalações hidrossanitárias das casas.....	61
Figura 35 - Modelo <i>As built</i> das instalações hidráulicas da casa de Bombas/Cisternas	62
Figura 36 - Corte da planta de forro da Guarita.....	63
Figura 37 - Acompanhamento de execução da estrutura da Guarita.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Fases do processo de projeto	22
Tabela 2 -	Dimensões do BIM e o ciclo de vida do empreendimento	65
Tabela 3 -	Aplicabilidades dos modelos BIM	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
BIM	Modelagem de Informação da Construção
CAD	<i>Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
MEP	<i>Mechanical Electrical and Plumbing</i>
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Contextualização.....	12
1.2	Problema de pesquisa e questões motivadoras.....	13
1.3	Justificativa.....	16
1.4	Objetivos.....	17
1.4.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	17
1.4.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	17
1.4.3	<i>Estrutura do trabalho.....</i>	18
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Projetos da construção civil.....	19
2.2	Etapas de elaboração de projetos.....	21
2.3	A compatibilização de projetos.....	23
2.4	Métodos de compatibilização.....	25
2.4.1	<i>Compatibilização em CAD.....</i>	26
2.4.2	<i>Compatibilização em softwares BIM.....</i>	27
2.5	Metodologia BIM.....	28
2.6	Dimensões do BIM.....	32
2.7	Processo de colaboração em BIM.....	34
2.8	Interoperabilidade BIM.....	35
3	METODOLOGIA.....	38

3.1	Descrição do estudo de caso.....	39
3.1.1	<i>Processo de seleção das atividades.....</i>	39
3.1.2	<i>Funcionalidades do BIM na obra.....</i>	40
3.1.3	<i>Comparação do nível de BIM.....</i>	40
4	MODELOS DESENVOLVIDOS.....	41
4.1	Descrição do Objeto de estudo.....	41
4.2	<i>Softwares de interface BIM.....</i>	46
4.3	<i>Autodesk Revit MEP (Mechanical Electrical and Plumbing).....</i>	47
4.4	Compatibilização.....	49
4.5	Incompatibilidades e interferências detectadas.....	53
4.5.1	<i>Estrutura e Arquitetura.....</i>	54
4.5.2	<i>Arquitetura e Instalações.....</i>	56
4.6	Sugestões e aplicações realizadas.....	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
6	CONCLUSÃO.....	67
	REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A construção civil vem sendo afetada pela evolução tecnológica, assim como as demais áreas do conhecimento, cada vez mais recebendo melhorias por tecnologias na práxis profissional. Décadas atrás, datando do século 18 na França, os projetos de engenharia civil eram feitos em papel e caneta, até que o computador é inventado em 1936 por Alan Turing, em 1971 o primeiro software CAD (Automated Drafting and Machinery, ou ADAM) é desenvolvido, e em 1981 é disponibilizado às massas e dá-se início o seu avanço no planeta, revolucionando a construção civil conforme é descrito por Belluomini (2017). Essa transição dos projetos em papel para o meio digital trouxe inúmeras vantagens, seja quanto ao ganho de produtividade ou à possibilidade de realizar ajustes de projetos de maneira mais simples e rápida, e desta forma ser possível alcançar obras e construções de maiores complexidades, e assim, tais programas foram sendo utilizados, atualizados e evoluíram ao passar do tempo.

No cenário nacional, a indústria da construção civil é umas das mais importantes da economia brasileira por impactar vários setores da economia, tanto de produtos, como de serviços, gerando emprego e renda. Em 2021 o investimento em obras foi de 8,6% do PIB brasileiro de acordo com a publicação da Fiesp (2021). É um setor reconhecido como termômetro da economia por influenciar diretamente no número de contratações, sejam diretas e indiretas.

Por mais que as empresas deste ramo busquem por inovações e melhorias de desempenho e produtividade, este setor não avançou tanto quanto outras indústrias com o avanço da tecnologia conforme Eastman (2008). No Brasil o setor da construção civil é caracterizado pela baixa qualificação da mão de obra e falta de métodos de gestão apropriados de acordo com Ernst & Young (2015).

A busca por melhoria no desempenho deste setor é incessante, principalmente por aumento da produtividade. Para as empresas e os profissionais ganharem produtividade é necessário: planejamento da execução de empreendimentos; adoção de métodos de gestão; equipamentos; materiais; métodos construtivos; melhorias de projeto; qualificação da mão de obra, como descrito por Ernst & Young (2015). São vários caminhos e maneiras de se melhorar o desempenho na construção civil, assim um programa abrangente de aumento de produtividade, com iniciativas coordenadas é direção a seguir para atingir novos patamares de

produtividade, para enfrentar os custos crescentes, a falta de mão de obra qualificada e o aumento da complexidade dos negócios.

A complexidade de conciliar os diferentes interesses numa construção, vão desde os desejos dos proprietários da organização, dos investidores, dos projetistas, dos planejadores, orçamentistas, dos gestores, dos funcionários, dos terceirizados e dos agentes externos, como a comunidade, financiadores, governo etc. A fim de se encontrar soluções com os menores custos, riscos e garantias de qualidade do produto. A dificuldade de conciliar diversos interesses e as complexidades do setor, dos processos de projeto, pode incorrer em dificuldades para gerar valor de acordo com o estudo de Timm (2023). O processo de inovação é complexo, interdisciplinar e envolve múltiplas circunstâncias, mas é essencial para garantir o sucesso, a competitividade e a sustentabilidade.

Esse processo de inovação é multidisciplinar, onde a colaboração entre os diversos agentes é de extrema importância para qualquer ambiente construído, a condução desta fragmentação é chave para o sucesso do empreendimento, também sendo umas das principais barreiras para inovação de acordo com Poirier; Forgues; Staub-French (2016). A percepção da inovação por tantos agentes é marcada pelas mudanças tecnológicas de produto, processo ou organização. Na categoria de processo o *Building Information Model* (BIM) é marca da inovação do setor da construção conforme a percepção das entrevistas feitas por Abadi (2014).

O utilização plena da metodologia BIM no Brasil ainda é um desafio, diante de inúmeros obstáculos, como resistência na mudança de processos internos, aquisição de equipamentos adequados ao bom funcionamento dos softwares BIM e capacitações dos funcionários, embora se verifique um movimento de implementação da metodologia, de forma lenta no passar dos últimos anos, além de ser objeto de estudo em inúmeros trabalhos acadêmicos em todo mundo, tendendo a ser o grande diferencial de uma construção civil enxuta, dinâmica, econômica e sustentável.

1.2 Problema de pesquisa e questões motivadoras

A indústria da construção civil brasileira está bem abaixo do nível de produtividade em comparação às demais indústrias, e ainda mais em relação aos países desenvolvidos, onde a implementação de soluções cada vez mais tecnológicas. Este setor construtivo apresenta uma

elevada utilização de mão-de-obra com baixa especialização, e por isso tem um papel socioeconômico tão fundamental para o país.

A busca por inovação é constante em qualquer setor produtivo, na construção busca-se sempre melhorar o desempenho, aumentar a produtividade e qualidade, porém diversos problemas aparecem com retrabalhos no canteiro de obras, imprevistos na obra, com desperdícios de materiais, com falhas de planejamento, com informações desorganizadas e com projetos incompatibilizados. Tudo isso incorre em perdas e prejuízos, com gastos exacerbados com materiais e mão-de-obra, reduzindo os lucros, a qualidade do produto e demais problemas.

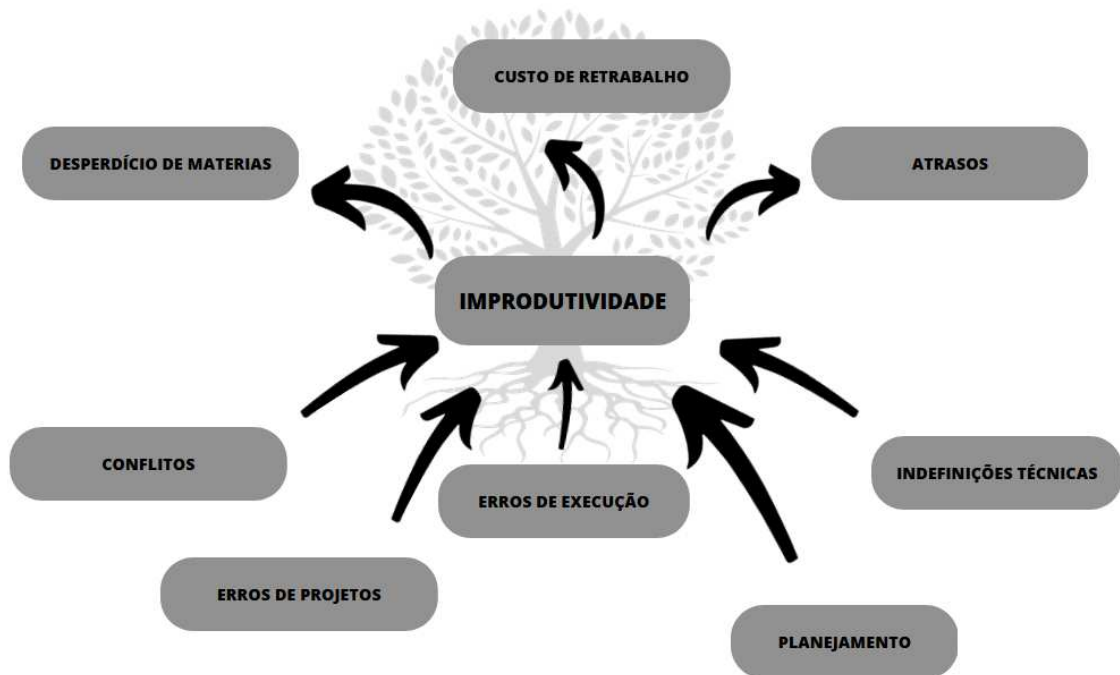
A falha de comunicação é um fator que favorece o surgimento de problemas. Nesse contexto o BIM surge como opção sistêmica para gerir de maneira mais fácil, rápida e simples múltiplas informações almejando organizar as informações e tomar decisões mais adequadas.

O desenvolvimento de novos empreendimentos possui cada vez mais metas mais rígidas e, portanto, a necessidade de informações principalmente nas fases de projeto e de planejamento, e para isso elas precisam ser bem mais organizadas para serem de fácil acesso e ter possibilidades maiores de se obter soluções por meio delas. Para a implantação do BIM a colaboração é essencial e é necessário uma gestão precisa de informações entre os diversos colaboradores.

Obras de alto padrão são a tendência do mercado imobiliário fortalezense, este setor apresentou aumento na demanda nos imóveis com custo superior a 1,5 milhão no ano de 2022, além de terem sido os mais procurados no período crítico da pandemia da Covid-19. Esses tipos de empreendimentos de altíssimo padrão possuem espaços bem generosos e acabamentos de altíssimo nível. Para esse tipo de obra, a qualidade requisitada é superior aos imóveis convencionais, o cliente muitas vezes tem poder de escolhas e definições da obra, o que acaba interferindo de maneira mais impactante nas decisões técnicas e tornando tais empreendimentos mais variáveis em comparação às unidades convencionais de moradia. Para isso é necessário que os múltiplos *stakeholders* envolvidos na construção possam se comunicar e ter um fluxo de informação adequado, para fornecer dados e soluções de maneira rápida, segura e acertada durante as fases de planejamento, execução, gestão e manutenção diante de um cenário de prováveis mudanças repentinas.

A Figura 1 esboça de maneira resumida como essa problemática se comporta em relação às principais causas, que podem ser representadas como raízes, e suas consequências, que são como ramos de uma árvore.

Figura 1 - Árvores de problemática do estudo



Fonte: Autor (2023).

No Brasil, a adoção desta metodologia de otimização de custos e de trabalhos na construção civil ainda é recente, e tem muitos pontos a estudar, descobrir e melhorar. Para isso necessita-se ter mais conhecimentos sobre a área da tecnologia aplicada na construção que ainda é pouco explorada pelo setor construtivo brasileiro junto dos modelos BIM, e quais as vantagens práticas do seu uso, principalmente em obras maiores e mais complexas.

Desta forma, as questões motivadoras deste estudo são as seguintes:

- Quais as vantagens e desvantagens da adoção do BIM em campo? (Pina, 2020)
- Quais as principais funcionalidades do BIM foram utilizadas na obra? (Succar, 2008)(Mariz, Pichi, 2020)
- Quais os motivos de incompatibilização entre projetos são mais comumente observados? (Succar, 2008)

Desta maneira, busca-se entender como a implementação da metodologia pode auxiliar na prevenção de problemas oriundos da incompatibilização entre projetos na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO)?

1.3 Justificativa

Com o desenvolvimento dos empreendimentos, como a crescente necessidade cada vez maior por prazos e custos menores, se faz necessário um sistema e metodologia que propicie isto da maneira mais acertada e ágil. Nesse quesito a metodologia BIM é uma boa aliada na redução de custos e organizar de forma mais eficiente os prazos de uma obra, ao integrar diversos agentes de um empreendimento e fazê-los trabalhar de maneira integrada, possibilitando ganhos na criação de projetos, ajustes conforme demandas de clientes, construtores, fornecedores etc. Uma prática cada vez mais difundida e que dá ganhos em diversos aspectos no mundo, no Brasil não poderia ser diferente, apesar das dificuldades e desafios para implementar tais técnicas, apresenta cada vez mais uso e desenvolvimento conforme as necessidades e requisitos do mercado interno.

Analisando a produção científica brasileira sobre BIM, considerou-se necessário, mesmo que tenha havido aumento da produção nacional de estudo sobre BIM, o estudo de Barreto (2022) mostra que houve um período de bastante publicações sobre a disseminação do BIM no Brasil entre 2016 e 2021, já em 2020 houve uma diminuição na publicação sobre este tema.

A partir da publicação do Decreto 10.306/2020, conhecido como Decreto BIM 2020, estabeleceu-se a necessidade do uso do *Building Information Modeling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia que sejam realizados por órgãos e entidades da administração pública federal no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM instituída pelo decreto 9.983/2019.

Por meio desta lei federal, regulamentou-se os requisitos mínimos e diretrizes para os projetos de engenharia e arquitetura nos contratos públicos e organizações a cargo da disseminação do BIM. Essa implementação será realizada de maneira gradual, inicialmente a partir de 2021 foi exigido da realização de modelos para detecção de interferências, geração de modelos 3D e obtenção de quantitativos. Já em 2024, será a vez dos modelos contemplarem o planejamento, orçamento e execução. Então em 2028, espera-se que o ciclo da obra seja totalmente contemplado.

A princípio busca-se obter com esta metodologia uma visão simplificada, projeto mais legíveis, que os retrabalhos diminuam, os processos sejam sincronizados e que a compreensão de levantamento de serviços a serem realizados seja mais precisa e otimizada.

Surge desta maneira a necessidade da verificação de que o BIM é realmente implementado na obra. Desta forma é possível identificar os pontos fortes e fracos deste setor analisado. Assim, é possível ter uma visão da aplicabilidade da metodologia em campo e propor aspectos e caminhos que o uso deste método pode percorrer para aumentar a produtividade do setor da construção civil.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Caracterizar a utilização do BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e instalações prediais em uma obra de alto padrão em Fortaleza/CE.

1.4.2 Objetivos Específicos

- 1) Evidenciar as modificações realizadas na obra compatibilizando os projetos de arquitetura com os projetos de instalações hidrossanitárias, elétricas e de incêndio.
- 2) Identificar as principais aplicabilidades da metodologia BIM que podem ser observadas na obra
- 3) Caracterizar a utilização da metodologia BIM compatibilizando os projetos de arquitetura com os projetos de instalações prediais em execução na obra.

Almeja-se com este estudo, compreender melhor os pontos explorados no modelo BIM em campo, para então caracterizar a utilização e traçar caminhos ainda pouco explorados no setor da construção civil que possam contribuir para mitigação de problemas que ocorrem comumente nesse setor, como retrabalhos, desperdícios de materiais, dificuldade de busca por informações organizadas, dentre outros. Para então contribuir na construção de um ramo de mercado mais produtivo, competitivo e que possa entregar empreendimentos com ainda mais qualidade e atendendo aos desejos dos clientes.

1.4.3 Estrutura do trabalho

O estudo está organizado em cinco capítulos definidos em: introdução, revisão da literatura, metodologia, análise e discussão dos resultados e conclusão.

No capítulo 1, Introdução está descrita a temática do estudo, com uma breve recapitulação histórica da temática do BIM, com a justificativa da escolha do tema e das delimitações dos objetivos estabelecidos que serviram de guia para o desenvolvimento do estudo.

No capítulo 2, Revisão de literatura se encontra os referencias teóricos que fundamentam a base de dados utilizada no trabalho e elucidam informações pertinentes ao tema.

No capítulo 3, Metodologia é descrito como o trabalho é classificado e como o processo metodológico foi estabelecido para a realização do trabalho e através de um estudo de caso para compatibilização de projetos proposta e, assim, atingir as metas estabelecidas pelos objetivos.

Capítulo 4, Modelos desenvolvidos. No tópico em questão é explanado as características e informações do objeto de estudo, as funcionalidades do aplicativo em que foram criados os modelos tridimensionais, e descrito o processo de compatibilização entre projetos, além de serem expostos os conflitos encontrados e as soluções adotadas.

Capítulo 5, Resultados e Discussões, neste tópico são discutidos os resultados obtidos e as principais aplicações do BIM na obra em função das suas dimensões e das fases da obra.

Por fim, no capítulo 6, Considerações Finais é finalizado o estudo, com evidenciação dos resultados encontrados e opiniões sobre a pesquisa, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Building Information Model (BIM) é o resultado da interação de práticas, processos e tecnologias que possibilitam o desenvolvimento de uma metodologia voltada ao gerenciamento na construção civil, conforme Succar (2009). É um estudo que engloba vários campos de atuação e de conhecimento dentro da indústria de engenharia, arquitetura, construção e operações, considerado um campo promissor pelas inovadoras práticas e métodos tecnológicos, trazendo vantagens competitivas.

2.1 Projetos da construção civil

Projetos de empreendimentos estão a usar cada vez mais o BIM na fase de conceituação arquitetônica e na de planejamento para alavancar e otimizar os resultados durante a execução da obra, impactando de maneira significativa no planejamento, no prazo e nos custos finais da obra.

Nesta etapa define-se o projeto de construção civil como as atividades anteriores à execução em campo, onde os desenhos técnicos detalham todos os assuntos, desde os projetos de estruturas, de fundação, de arquitetura e de instalações. Tais projetos são representações gráficas de boa parte das informações necessárias para a execução da obra, definição e quantificação de trabalhos, mas como são geralmente produzidos separadamente não possuem interdisciplinaridade, pelo fato da fase de desenvolvimento ter ênfase usualmente de ser o momento da solução definitiva das mudanças que ocorreram na fase de planejamento que não foram totalmente compatibilizadas.

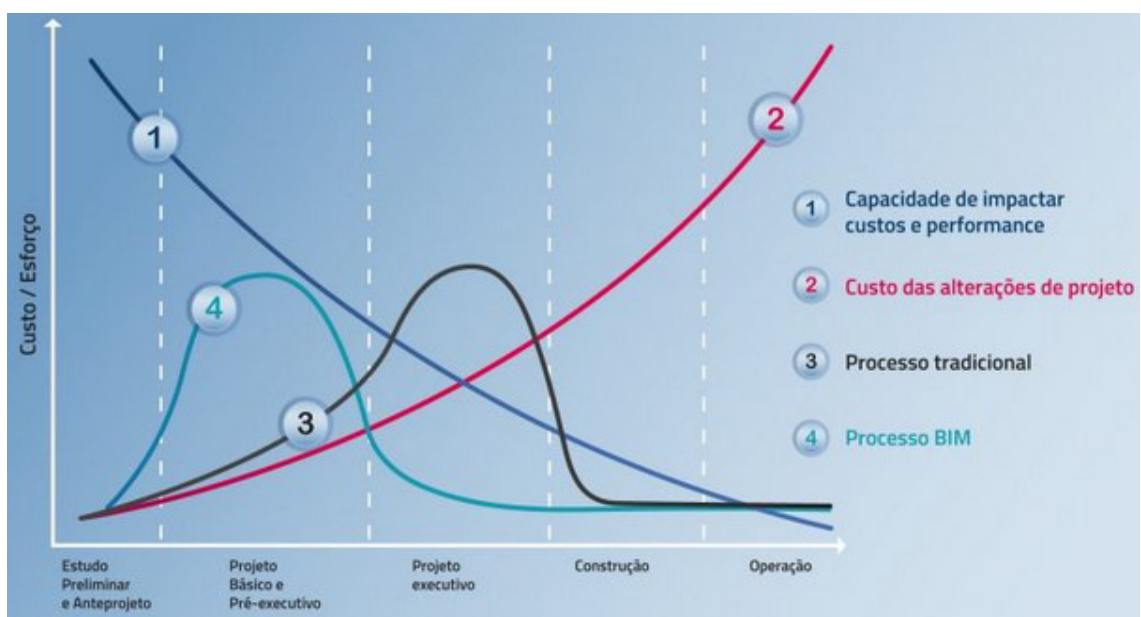
Para Campestrini (2015) a antecipação das problemáticas encontradas nas fases iniciais de qualquer produto demanda que seja envolvida uma maior quantidade de profissionais pertinentes ao processo produtivo no geral, ou seja, é cada vez mais necessário especialistas de cada etapa para que as tomadas de decisões dentro desta complexidade traga ao produto final soluções mais flexíveis, adequadas e com menos chances de erros e de retrabalhos.

Alguns dos pontos que são observados no momento de análise de projetos para execução de uma obra são descritos no estudo de Won (2016), onde são elencados as causas da geração de resíduos a partir da literatura e da categorização dos seus fatores de maior incidência. Ele elenca como causas da geração de resíduos na construção as seguintes: mudanças de última hora; projetista com deficiências projetuais; erros de desenhos; material com má qualidade;

erros de estocagem; má coordenação das equipas; má gestão de suprimentos; planeamento falho dentre outros.

Desta forma é possível avaliar e entender quais as causas e o potencial de impacto nos custos do empreendimento ao longo do tempo. Assim, mostra-se que com tempo demandado adequado para elaboração e maiores esforços nos projetos é possível uma redução do custo de desperdícios, dos erros e de demandas não planeadas previamente. Tal fato se traduz no gráfico da influência dos custos ao longo das fases de uma projeto por Melhado (2016) exibido pela Figura 2 abaixo:

Figura 2 - Influência dos Custos ao longo das Fases



Fonte: Mais Engenharia (2022)

Nota-se que o impacto do uso da metodologia BIM é maior e mais importante nas fases de planeamento e nos estudos preliminares e básicos (curva 4), e que sua utilização implica numa maior chance de trazer um impacto na redução de custo (curva 1), e sua consequência são mudanças nos projetos e na construção com menor repercussão financeira, como mostrado na curva 2, o que o antevem ao método tradicional (curva 3).

2.2 Etapas de elaboração de projetos

O processo de produção de projetos de engenharia civil teve um grande impacto com o advento do CAD (Computer Aided Design), programas computacionais que assistem no desenvolvimento de desenhos técnicos e prestam um grande auxílio aos projetistas, trazendo assim, um grande diferencial na produção e assistência na comunicação e compartilhamento de informações de empreendimentos.

Padronizar o processo de elaboração de projetos permite aos desenvolvedores e analistas um melhor entendimento do projeto e, conseqüentemente, do empreendimento que geralmente passa pelas mãos de diversos profissionais, cada um em sua área específica. O que serve de auxílio na elaboração de um método de mitigação e resolução de conflitos devido às divergências e pela falta de coordenação entre os envolvidos.

Segundo as orientações da NBR 16.636 - Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos (2017), traz os requisitos necessários para cada fase da elaboração de projetos de edificações, além das diretrizes do Guia do PMBOK (Project Management Body of Knowledge, 2000), um guia que identifica e conceitua práticas e processos que fomentam técnicas e ferramentas de gestão de projetos, baseados em princípios e domínios de desempenho.

Estes guias traçam etapas corriqueiras e constantes de projetos de edificações. Utilizando-se de uma adaptação do anexo A da NBR 16.636-2 (2017) e das divisões dadas por Mikaldo Jr. (2006) junto ao processo indicado pelo Sinduscon (1995) possibilitou trazer um quadro resumo comparativos das etapas de elaboração de projetos, conforme é mostrado Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Fases do processo de projeto

FASES DOS PROJETOS DE EDIFICAÇÕES	
NBR	SINDUSCON
ATIVIDADES PREPARATÓRIAS	INTENÇÃO-CLIENTE
LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PRELIMINARES (LV-PRE)	LEVANTAMENTOS
PROGRAMA GERAL DE NECESSIDADES (PGN)	DIRETRIZES
ESTUDO DE VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO (EVE)	ESTUDO DE VIABILIDADE
LEVANTAMENTOS DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS ESPECÍFICAS (LVIT-ARQ)	ESTUDO PRELIMINAR
ANTEPROJETO E/OU PRÉ-EXECUÇÃO	ANTEPROJETO
	1ª COMPATIBILIZAÇÃO
PROJETO LEGAL	PROJETO LEGAL
	2ª COMPATIBILIZAÇÃO
PROJETO EXECUTIVO	PROJETO EXECUTIVO
	3ª COMPATIBILIZAÇÃO
	REVISÃO FINAL - OBRA

Fonte: adaptado pelo Autor (2023)

O passo referente a Intenção-cliente e Levantamento de dados trata da busca pela definição de dados básicos para guiar o projeto e permitir estabelecer critérios para que seja possível ter um estudo de viabilidade. As diretrizes são os fatores que circundam as necessidades gerais do projeto. O estudo de viabilidade trata-se de uma análise sobre o potencial da construção do empreendimento, elencando risco e oportunidades, e, por fim, as possibilidades financeiras de concretização da obra. A etapa de estudo preliminar resume-se a apresentação geral das técnicas e soluções a serem adotadas para as necessidades do empreendimento como um todo definidas na etapa das diretrizes.

O anteprojeto é uma etapa de conciliação da arquitetura com as demais necessidades específicas, como projetos de instalações e estrutura, e a fase da 1ª compatibilização é conciliação das eventuais diferenças e erros entre os projetos dispostos, sendo uma conferência das informações dispostas.

O processo do projeto legal engloba ter projetos prontos e adequados aos requisitos legais necessários para o início de toda a obra, como requisito para obter alvarás e licenças segundo as normas da prefeitura, corpo de bombeiros e instruções normativas, e a segunda compatibilização é mais uma conferência dos projetos, pois muitas vezes para adequação aos

requisitos legais são necessários algumas modificações, que podem ter impacto nos projetos complementares.

O projeto executivo executa-se o desenvolvimento e detalhamento por completo de todos os projetos da obra, para que a obra seja munida de todas as informações necessárias possíveis e que possibilite o início da construção, e também é necessário outra etapa de compatibilização, a terceira compreende uma nova rodada de conferência e ajustes, pois muitos detalhes são inseridos nesta etapa e que muitas vezes acabam entrando em conflito, sendo necessário novos ajustes.

Todas estas fases precedem compatibilizações, sejam mais simples em relação a conceitos de construção ou em relação aos materiais e serviços a serem utilizados, mas que após as fases preliminares de estudo, anteprojeto e projeto legal como indicado anteriormente. Tem-se como base deste estudo compreender e detalhar as compatibilizações e as etapas apresentadas no processo indicado pelo SINDUSCON.

2.3 A compatibilização de projetos

Uma etapa imprescindível para a realização de qualquer obra que vise reduzir desperdícios e custos é a compatibilização de projetos. Com o surgimento dos softwares com foco em engenharia, como o softwares CAD foi possível avançar na capacitação e disseminação do desenvolvimento de projetos da construção civil cada vez mais robustos, complexos e arquitetonicamente mais ousados. E com o surgimento de novas tecnologias e desenvolvimento e aperfeiçoamento dos materiais da construção civil possibilitou-se maior aprofundamento nestas atividades, fazendo-se surgir técnicas inovadoras de desenho, soluções mais simplificadas. No entanto, soluções de compatibilização, orçamentação e planejamento só começam a ser trabalhadas com o uso do BIM.

Deste ponto é necessário e essencial que tais profissionais trabalhem de forma bem coordenadas e em conjunto, pois as as diferenças e incompatibilidades irão surgir e é imprescindível uma boa coordenação para que o produto final seja realizado da melhor forma possível.

A percepção da origem dos problemas gerados pela má gerência das compatibilizações não parecia ser um problema significativo no início do uso destes softwares conforme Mikaldo Jr. (2016). Após a percepção desta deficiência, tanto o mercado quanto as

universidades buscaram alternativas para conseguir soluções metodológicas e técnicas para sanar tais ineficiências. Com o mercado notando que a falta de compatibilização dos projetos gera prejuízos, buscou-se então intensificar os esforços para resolver este problema. A partir disto, o mercado seguiu o raciocínio de descentralizar o desenvolvimento dos projetos, como execução das atividades para especialistas, e com isso, demanda-se cada vez mais importante o papel do gestor de tantos colaboradores, além do seu papel de mediar conflitos, assim como resolver as incompatibilidades dos projetos.

Compatibilizar projetos é uma excelente solução para a segregação entre as diferentes atividades, que ocorre comumente nas obras de construção civil, pois permite que tais segmentos possam ser cada vez mais detalhistas pelo aumento da especialização, além de permitir a integração por meio da gestão centralizada e trazer soluções transformando o produto final mais assertivo de maior qualidade, conforme Sousa (2010). Tal maneira de gerir projetos permite mitigar um dos seus principais problemas que é o desperdício, além de evitar erros por falta de comunicação entre os colaboradores, dentre diversos outros que trazem custos significativos aos proprietários.

Para Melhado (2005) gerir uma obra por meio de uma compatibilização permite, acima de tudo, integralizar todas as especialidades da obra sob uma gestão para reduzir desperdícios e retrabalhos. Tudo isso voltado para que a qualidade final do trabalho seja a melhor possível, alcançada por meio de análises de incompatibilidades após cada etapa do desenvolvimento do projeto.

Com o lançamento das primeiras ferramentas CAD 2D em 1982 o mercado de arquitetura e engenharia civil teve um marco de virada tecnológica, substituindo as pranchetas por projetos elaborados com auxílio de computadores, como relatado por Gianaccini (2012). Os desenhos em CAD tem a vantagem de carregar uma inúmera quantidade de informações, muito além do que é visto na tela do computador ou impresso em pranchas. O que eleva a qualidade das informações contidas nos projetos, desde que usadas de forma correta pelos envolvidos.

Já em 1986 surge o aplicativo ArchiCAD 2.0, lançado em 1987, com a utilização do conceito de “Edifício Virtual” da Graphisoft, sendo um produto capaz de gerar formatos em 3D, além dos 2D previamente lançados por outros aplicativos voltados para a indústria da construção civil, sendo reconhecido revolucionário para o mercado pela capacidade de armazenar uma quantidade de informações ainda maior que os modelos em 2D. O

desenvolvimento de imagens tridimensionais melhorou a visualização dos projetos, proporcionando maior e melhor entendimento dos mesmos.

Nos anos seguintes surge a metodologia BIM, por meio de um ambiente tridimensional de modelagem dos projetos de uma construção é possível atrelar informações a cada elemento, indo além de um simples elemento em 3D, capaz de trazer informações financeiras, construtivas, de fornecimento, de montagem, de manutenção dentre diversas outras informações, transformação a modelagem numa construção virtual altamente capaz de prever problemas futuros.

Aliado ao modelo BIM, a compatibilização passou de uma simples sobreposição de projetos nos moldes das plataformas 2D para um ambiente projetado, digital e composto por banco de dados capaz de agregar informações às diferentes etapas de uma obra, seja na concepção inicial, na execução, na análises financeiras ou manutenções.

A capacidade de verificação de conflitos em um único arquivo como as incompatibilidades entre elementos estruturais, de instalações, de paisagismo podem ser rapidamente identificados tanto visualmente como por meio de ferramentas dos programas como Autodesk Revit e Naviswork, que dispõem de processos de detecção de colisões entre os elementos dos modelos

Integralização dos projetos aumenta o entendimento do empreendimento como um todo, tanto para os clientes, gestores, construtores dentre outros. Isto é feito ao longo das etapas definidas pelo SINDUSCON, utilizando métodos como a sobreposição das diferentes disciplinas, a modelagem tridimensional dos projetos básico dentre outros métodos para investigar eventuais incompatibilidades. Tudo isso permite evoluir o produto final tanto na produtividade de execução da obra, como na redução de desperdícios e maior racionalidade de utilização dos recursos e processos, além de possibilitar o uso serviços cada vez mais especializados.

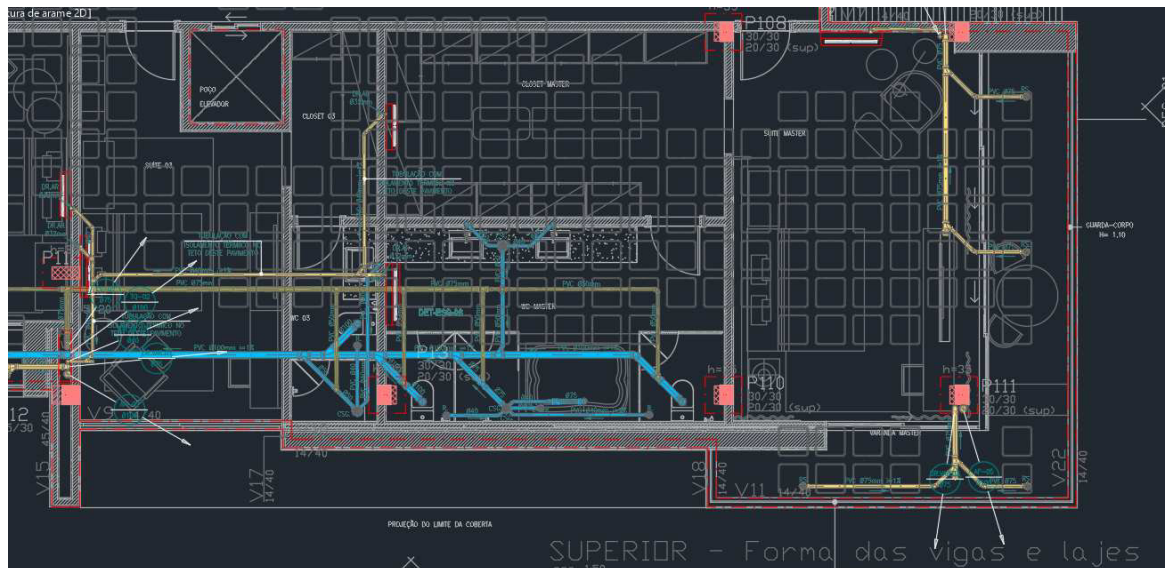
2.4 Métodos de compatibilização em BIM

O processo de compatibilização na construção civil é diverso e bastante amplo, técnicas e softwares também são diversos em razão das múltiplas finalidades, seja a aferição de custos, de quantitativos, de planejamentos dentre outras razões.

2.4.1 Compatibilização em CAD

A primeira técnica aliada aos softwares CAD consiste na sobreposição dos projetos em diferentes camadas. Uma camada ou popularmente conhecida como layer, como eram feitos nos projetos à mão, pode-se diferenciar os elementos por meios de cores, traçados, espessuras de linhas, transparência, dentre outras categorias de classificação dos elementos gráficos. Os projetos em CAD permitiram sobrepor de forma mais ágil e fácil diferentes projetos e camadas gráficas, e assim fazer uma análise deste ambiente construído. Neste tipo de técnica pode-se fazer uma análise simples e visual voltada para identificação de interferências, por exemplo se elementos estão sobrepostos a outros, se não estão alinhados de forma correta, se falta algum item etc, conforme é demonstrado na Figura 3 abaixo:

Figura 3 - Sobreposição dos projeto de estrutura x arquitetura x instalações sanitárias

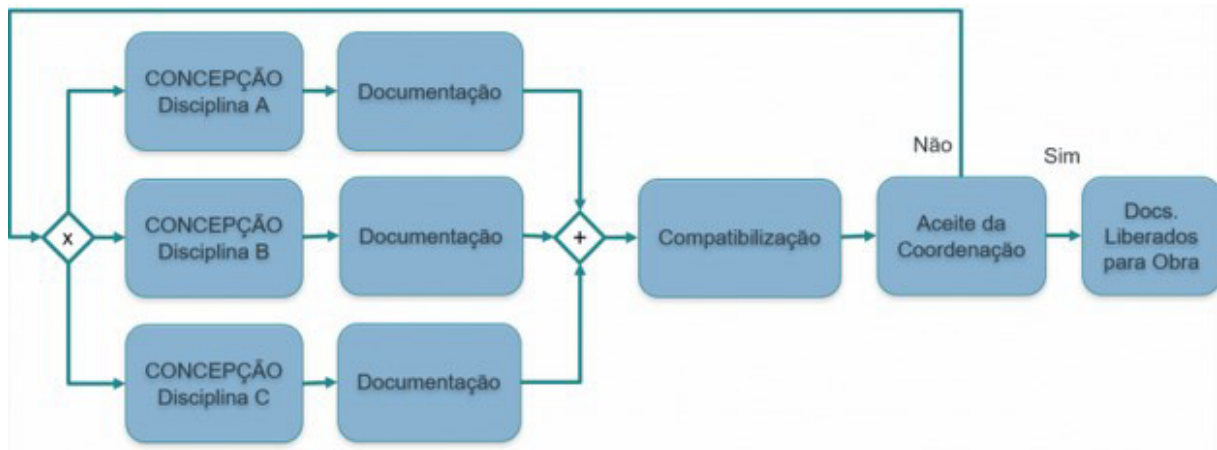


Fonte: Autor (2023).

Por ser uma técnica simples e rápida é bastante utilizada em canteiros de obra por conta de sua facilidade em obter análises, mas por ser limitado às vistas em pranchas, alguns detalhes de cortes e em outras direções de visualizações são dificultadas e com o aumento da complexidade dos projetos, o nível de informações aumenta e os detalhes são limitados neste tipo de avaliação. Para Sousa (2010) há um elevado nível de informações e detalhamento nos projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias onde o caminhamento dos eletrodutos, declividades das tubulações não são representadas fielmente à como será executado em obra e tornam a identificação de interferências mais dificultadas, por mais que isto não seja uma necessidade prescrita em norma brasileira se torna um dos limitantes deste tipo de análise.

O fluxo deste tipo de elaboração e compatibilização de projetos em 2D pode ser demonstrada pela imagem da Figura 4 a seguir:

Figura 4 - Fluxo de trabalho em 2D



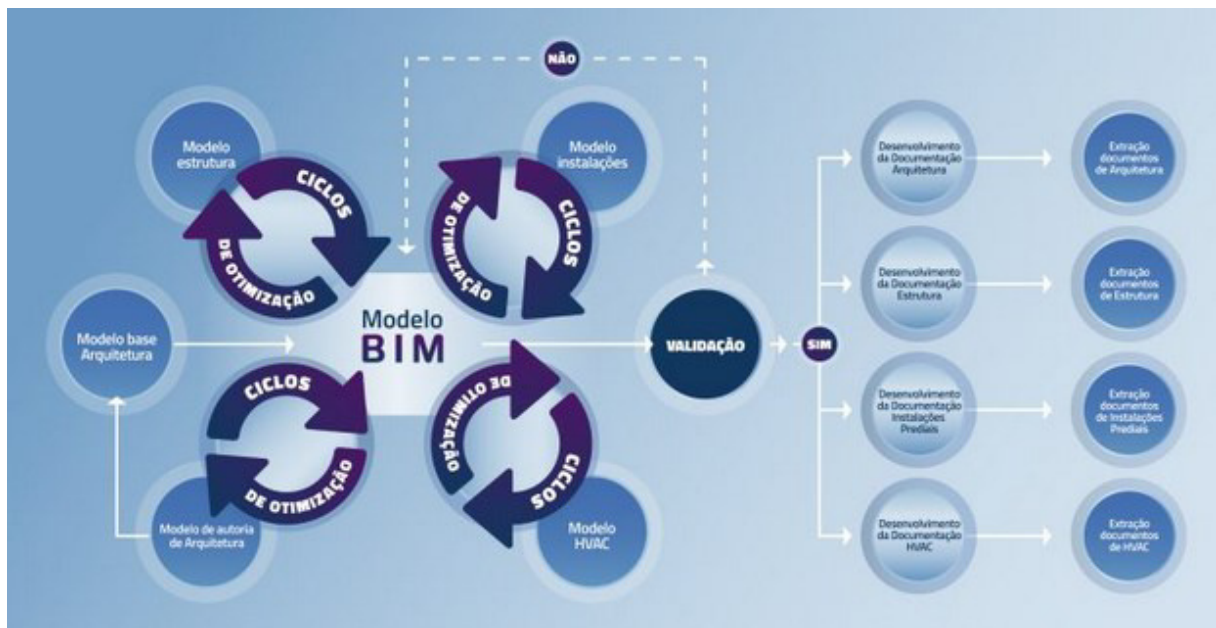
Fonte: Mais Engenharia (2022).

2.4.2 Compatibilização em softwares BIM

Partindo para os modelos em BIM, é possível agregar ainda mais valor e informações nas avaliações de eficácia da compatibilização dos projetos, pois nestes modelos os detalhes e as informações, desde que bem modelados. Além disto, também é elencado o fator de colaboração simultânea entre os colaboradores. Esta premissa de colaboração entre as disciplinas é intensa, com ênfase nas fases de desenvolvimento de projetos possibilitando um trabalho de compatibilização multidisciplinar mais ágil.

O fluxo de trabalho em BIM faz a integração da utilização de um modelo tridimensional com informações entrelaçadas, o que demanda maior coordenação, mais fases de análise e otimizado que um modelo 2D, a fim de extrair informações, desenhos, documentos e quantitativos de maneira mais rápida e assertiva, o que é exemplificado pela Figura 5. Uma das técnicas por meio da modelagem tridimensional consiste na identificação visual de inconsistências, erros ou deficiências no ambiente virtual simulando uma vistoria de uma obra acabada, sendo capaz de requerer maiores detalhamentos ou sugerir mudanças aos projetos. Outra vantagem destes modelos vem da capacidade dos programas fazerem uma análise automática por meio da programação visual, como utilizado pelo *plugin Dynamo* da Autodesk, para analisar as incompatibilidades dos projetos de maneira automática.

Figura 5 - Fluxo de trabalho em BIM



Fonte: Mais Engenharia (2022)

O fluxograma da Figura 5 descreve de maneira simplificada as diversas e repetitivas análises e ciclos de otimização que um projeto em BIM pode sofrer (seja por completo ou numa certa disciplina), seja qual for a etapa como arquitetura, estrutura, instalações etc, até que chegue-se ao ponto que todos os projeto estejam bem compatibilizados e por fim, possam gerar produtos como desenhos e relatórios bem elaborados.

2.5 Metodologia BIM

Para Eastman (2014) BIM pode ser entendido como um modelo capaz de gerar valor ao agregar informações precisas de todo o seu ciclo de vida, em que seja possível ter um ambiente mais dinâmico e de fácil acesso aos diversos colaboradores, e que seu gestor possa coordenar esse ambiente virtual de maneira mais prática.

A metodologia BIM vai além de se criar um modelo tridimensional de uma edificação, é dada como uma filosofia de trabalho, é um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem múltiplos colaboradores a interagir para construir e gerir em um ambiente virtual (Bim Excellence, 2021).

Desta forma pode-se listar alguns exemplos do que não é considerado um projeto desenvolvido em BIM:

- Modelos que contém somente um modelo 3D, sem atributos de objetos;
- Modelos sem suporte de colaboração e comportamento;
- Modelos que são compostos de várias arquivos em CAD 2D que precisam ser combinados para delimitar uma construção;
- Modelos que possibilitam fazer alterações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas.

Percebe-se que modelos construídos apenas para visualização não são considerados BIM por não terem a capacidade de agregar informações importantes sobre os seus componentes, o que não possibilita a parametrização, integração de dados e análise de projeto.

A depender do nível que se deseja chegar de um modelo BIM, alguns pontos relevantes na aplicação do projeto precisam ser esclarecidos, como esclarece Yonsei University et al (2018), é necessário estabelecer os seguintes pontos:

- Objetivos do projeto;
- Indicadores chave de desempenho;
- Plano de utilização do BIM para cada objetivo;
- Compartilhamento de metas de desempenho;
- Análise do cumprimento dos objetivos;
- Demonstração dos resultados obtidos.

Os objetivos do projeto precisam ser colocados com foco em cada etapa da obra, objetivando reduzir as interferências, os custos etc. Além do que, para cada objetivo também deve ser colocado um indicador associado, para que seja possível avaliar se as metas foram atingidas ao fim do processo, como o percentual de assiduidade do planejado com o executado em relação ao tempo e custos, as interferências resolvidas etc. A utilização da gestão à vista com os colaboradores permite compartilhar as metas entre todos envolvidos e atentos para as métricas a serem seguidas na execução dos modelos. Com a execução do projeto deve-se seguir com uma avaliação do cumprimento dos objetivos, e se todas as metas foram alcançadas, registrando os dados obtidos para ser uma base para projetos futuros.

Pode-se abordar BIM em três pilares de gestão, sendo estes: processos, pessoas e tecnologias. Na abordagem dos processos entende-se que a metodologia permite fluidez e sincronia ao desenvolvimento das atividades, mesmo que essas sejam executadas separadamente e por equipes com especialidades diferentes. A abordagem das pessoas relaciona a colaboração das diferentes equipes alinhadas ao objetivo principal que é a obra com o máximo

de qualidade e execução fiel aos projetos. E por fim, o lado das tecnologias associa o uso de técnicas e meios computacionais para aplicação da metodologia BIM de forma ampla.

A aplicabilidade e utilização do BIM é uma estratégia que valida o atingimento de objetivos primários e secundários, como os componentes necessários de um empreendimento durante seu ciclo de vida, conforme descreve Kreider e Messner (2013). A seguir são descritos os objetivos de um projeto:

- 1) Gerenciamento: Obtenção de informações de um empreendimento sobre as suas fases do seu ciclo de vida, pode ser a quantificação de determinados elementos ou o estado atual de algum elemento da edificação como forma de gestão de ativos, ou seja, o gestor está coletando, organizando e monitorando informações. Alguns dos objetivos secundários são a qualificação, monitoramento, quantificação etc.
- 2) Análise: A viabilidade de um projeto requer uma sequência de estudos mais complexos, este objetivo busca utilizar um critério metodológico dos elementos para que esta análise siga padrões de padronização, previsão, coordenação e validação. Nesta etapa, os dados coletados são tratados a fim de auxiliar na tomada de decisões.
- 3) Criação: Etapa em que são desenvolvidas e debatidas questões técnicas que resultam nos desenhos técnicos, o que inclui orientações, detalhes técnicos e especificações de materiais, além do dimensionamento dos elementos.
- 4) Comunicação: Uma das principais funcionalidades do BIM é conseguir estabelecer uma comunicação entre os colaboradores para facilitar a troca de informações, sendo um dos pilares para as demais funcionalidades do BIM.
- 5) Implementação: Possibilidade da indústria implementar algumas interações humanas no canteiro de obra para melhorar o desenvolvimento de elementos específicos do empreendimento. Utiliza-se dos dados do modelo BIM para permitir a criação ou o controle de elementos ou fases de obra, sendo uma das maneiras de elevar a produtividade da construção e operações de instalações.

Desta maneira, pode-se simplificar essa relação entre as categorias de objetivos primários e secundários que ordenam a finalidade do uso do BIM da seguinte forma demonstrada pela Figura 6:

Figura 6 - Objetivos primários e secundários do BIM

GERENCIAR	CRIAR	ANALISAR	COMUNICAR	IMPLEMENTAR
IDENTIFICAR	ESPECIFICAR	COORDENAR	VISUALIZAR	FABRICAR
MONITORAR	DIMENSIONAR	VALIDAR	TRANSFORMAR	CONTROLAR
CAPTURAR	ORGANIZAR	PREVER	DESENHA	REGULAR
QUANTIFICAR			DOCUMENTAR	MONTAR

Fonte: Kreider e Messner (2013), adaptado pelo autor.

No âmbito do uso geral do BIM de um aspecto geral do uso do BIM é possível organizar e separar em relação às suas principais características, entre objetivos e características, conforme é demonstrada sua organização pela Figura 7. Fatores que ao serem determinados passa uma abordagem da utilização do BIM em um empreendimento mais focada e aplicada aos interesses dos colaboradores.

Figura 7 - Uso do BIM



Fonte: Kreider e Messner (2013), adaptado pelo autor

Carmosa e Carvalho (2017) trazem um estudo que compara os principais usos de BIM no Brasil e no Sudeste norte-americano oriundos de dois estudos diferentes. As principais diferenças apontadas pela pesquisa foram que no Brasil o BIM é utilizado para ser uma ferramenta de apoio na obtenção de uma obra, seja quantitativo, informações de projetos, etc. Já para os norte-americanos, o BIM serve como uma ferramenta para planejamentos e apresentações iniciais, além de ultrapassar o período de obra, pensado para ser utilizado no ciclo de vida completo de uma edificação, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Comparação do uso do BIM

Fonte	PINI (2013)		Langar e Pearce (2014)	
Pais/Região	Brasil	%	Sudeste EUA	%
Principais usos	- Projetos	90%	- Visualização	83%
	- Levantamentos quantitativos	60%	- Apresentações iniciais	80%
	- Compatibilização de projetos	50%	- Projetos executivos	68%
	- Orçamentos	35%	- Análise construtiva	63%
	- Cronograma	20%	- Compatibilização de projetos	58%
				- Projetos de reforma
			- Projetos de sustentabilidade	50%

Fonte: Carmosa e Carvalho (2017)

2.6 Dimensões do BIM

Um ambiente virtual repleto de elementos geométricos com informações que agregam valor na construção de um empreendimento é um modelo BIM. No entanto a representação visual de uma construção não limita este modelo BIM, também pode ser incluso em suas características o tempo como dimensão, assim como o seu custo. Estas são as dimensões do BIM, geralmente chamadas de nD, primeira a 2D refere-se às plantas e aos documentos em duas dimensões, o 3D é a representação tridimensional, o 4D é a incorporação do tempo que o empreendimento requer para ser desenvolvimento, o 5D refere-se aos seus custos incorporados ao modelo conforme explica Kymmell (2008), como exemplificado pela Figura 9.

Figura 9 - Dimensões do BIM



Fonte: *BibLus.Accasoftware* (2018)

A dimensão 1D é a aplicação de protocolos que ensejam a adoção da metodologia BIM numa organização. A 2D é o fluxo colaborativo e adoção de soluções integradas à gestão. A 3D envolve o ambiente virtual tridimensional capaz de agregar múltiplas informações dos elementos do empreendimento. A 4D é o planejamento do tempo de uma edificação atrelado a cada elemento. A 5D refere-se aos custos de produção de cada elemento, e da forma que ele é atrelado a sua origem, instalação e classificação. A 6D é referente a sustentabilidade do projeto e da construção, elencando as atividades e os serviços, traçando análises conceituais energéticas e monitoração da geração de resíduos. A 7D é o gerenciamento de facilidades onde é pensado o ciclo de vida como um todo, tendo um plano de manutenção e suporte técnico BIM. A 8D é voltada ao conceito de Acidente Zero, onde a saúde e a segurança são as prioridades máximas durante as fases de projeto, de construção e de operação. A 9D traz a filosofia Lean Construction na fase de construção. A 10D traz a industrialização da construção, buscando tornar o setor da construção mais produtivo e integrando as novas tecnologias.

No entanto, na visão de Eastman (2014), as dimensões do BIM são restritas às dimensões 3D e 4D, as mais básicas mencionadas por Kymmell (2018). Conforme Sousa (2021) as aplicações das dimensões de utilização do BIM vão além do modelo tridimensional, sendo atreladas às etapas do ciclo de vida (Projeto, Construção e Manutenção), a depender da etapa

em análise. Durante as fases iniciais de um projeto, o modelo 3D pode ser usado para analisar seu comportamento, extrair quantitativos e estudar opções técnicas adequadas, já o 4D pode ser utilizado no planejamento para elaboração de cronogramas, e o 5D para fazer estimativas de custos do materiais estimados e prazos estipulados.

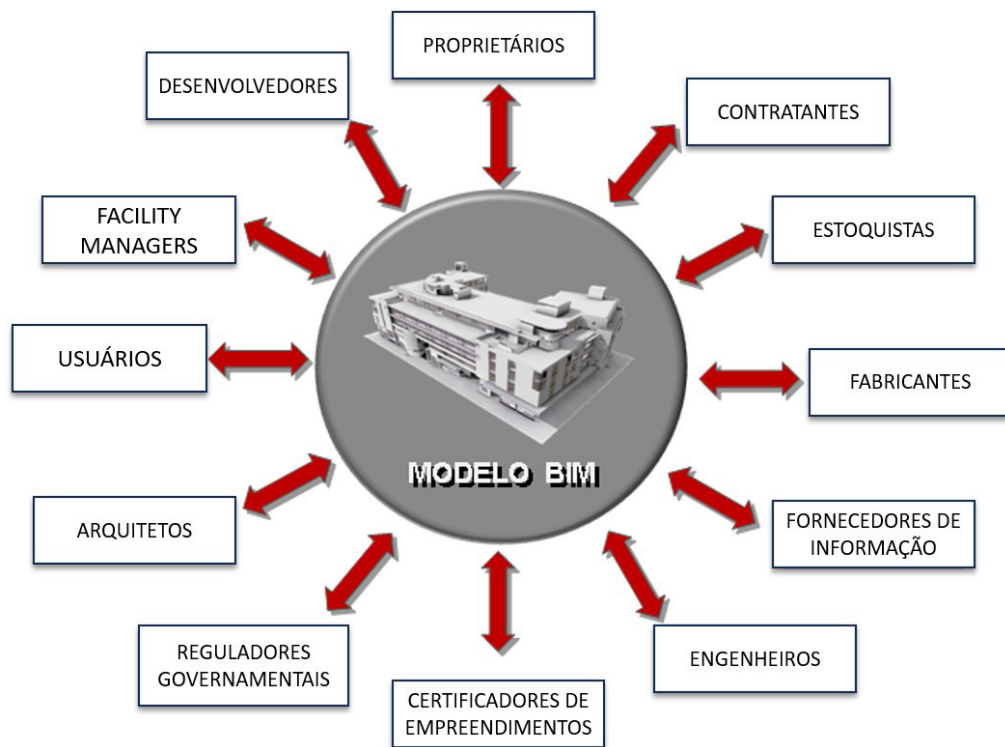
2.7 Processo de colaboração em BIM

Um conceito essencial associado ao BIM é a colaboração, a relação de trabalho em equipe de maneira cooperativa. Kymmell (2018) relata que há a presunção que todas as pessoas que colaboram têm objetivos comuns ao trabalho a ser desenvolvido, e isso exige disciplina dos envolvidos para que se tenha uma combinação de esforços e clareza no que está sendo desenvolvido para que os objetivos sejam alcançados.

Sousa (2021) complementa que para que este esforço de colaboração gere resultados bem sucedidos, os esforços dos colaboradores precisam ser precisos, com foco nas metas e nos objetivos, além de serem bem coordenados. Um processo que requer de cada membro prática e disciplina nos processos realizados, e de um direcionamento estratégico para que os esforços caminhem na direção dos objetos.

Conforme a grande quantidade de colaboradores que interagem no desenvolvimento de um modelo em BIM, todos os envolvidos requerem uma quantidade de informações para seus devidos processos internos, e a relação entre estes diferentes personagens e informações torna o modelo BIM num ambiente complexo, tal relação entre colaboradores é mostrada pela Figura 10. Para que este modelo possibilite a atuação de cada participante de maneira colaborativa é necessário um ambiente adequado para receber essa diversidade de atores, assim o modelo BIM surge como um meio que facilita essa colaboração por ser um meio de comunicação padrão comum entre os colaboradores, ser eficiente e ser automatizado.

Figura 10 - Usuários do BIM



Fonte: Graphisoft (2022), adaptado pelo Autor.

2.8 Interoperabilidade em BIM

Segundo Machado (2019) a interoperabilidade é a capacidade oferecida aos usuários de um software transferir dados para outros softwares por meio de um método padrão comum de troca de dados.

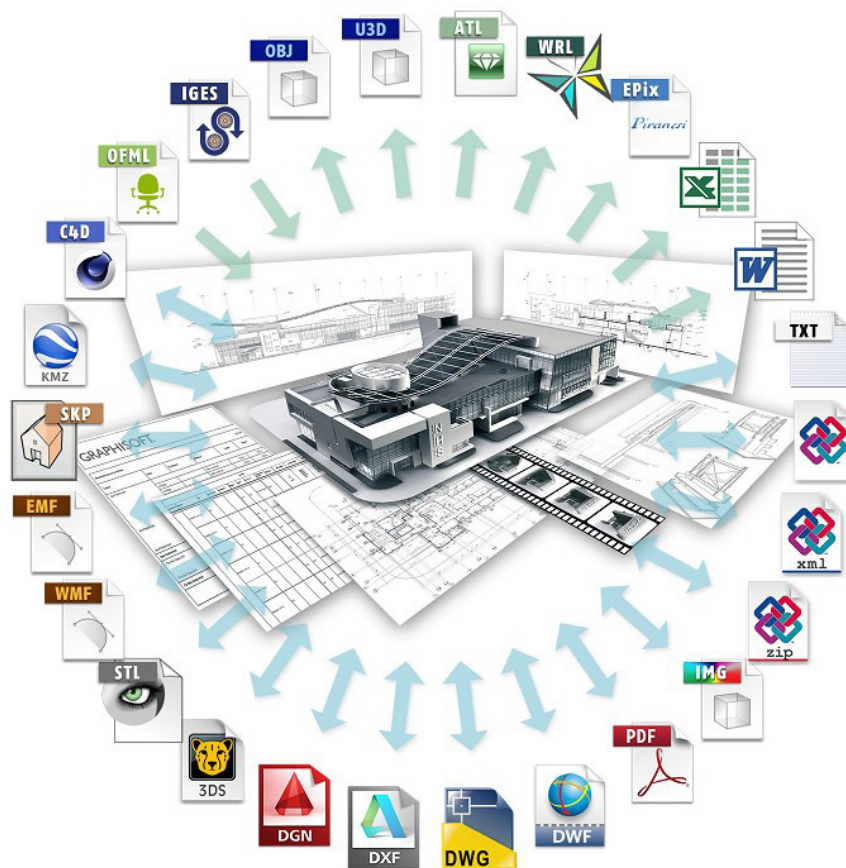
A grande oportunidade de conseguir relacionar diferentes colaboradores e fazê-los trabalhar de forma conjunta, mesmo se tratando de disciplinas bem diferentes, é por meio da interoperabilidade dos modelos gerados por cada grupo. Para Kymmell (2018), interoperabilidade é a capacidade de integrar diferentes formatos de arquivos e possibilitá-los obter e transferir informações relevantes entre si, sendo o formato de troca de informações entre esses diferentes sistemas. Na visão de Eastman (2014), este termo pode ser interpretado como a necessidade de repassar dados entre os diferentes formatos, o que possibilita a conexão entre diferentes especialistas e, desta forma, ser possível que cada UM contribua com o modelo.

Uma peça chave na resolução de problemas no gerenciamento do ciclo de vida de uma obra é a requisição de informações da mesma pelos colaboradores do projeto. O tipo de

informação varia bastante conforme cada requerente, para isso o modelo BIM possibilita o usufruto do trabalho colaborativo, permitindo a identificação e passagem dos dados entre diferentes aplicações, ou vice-versa, E informações de fontes diferentes para o meio colaborativo.

Na Figura 11 pode-se observar que o modelo BIM pode comunicar-se com inúmeros softwares e arquivos de várias extensões, permitindo a comunicação de várias fontes em um meio em comum, possibilitando a troca de informação de diversos profissionais para o desenvolvimento de um empreendimento. Desta forma, é possível ver o benefício de se eliminar a necessidade de replicação de entradas de informações, um fluxo de trabalho e de automação, tornando o desenvolvimento do empreendimento mais rápido e prático.

Figura 11 - Interoperabilidades de arquivos em BIM



Fonte: Graphisoft (2022).

O modelo utilizado pelos diferentes *softwares* é no formato IFC (Industry Foundation Classes) que é um arquivo de formato aberto, não proprietário, conforme padrão internacional ISO 16739, utilizado para troca e compartilhamento de dados do modelo tridimensional entre os diversos colaboradores e os mais diversos softwares. Ele é um arquivo

de sistema de armazenamento, capaz de organizar e levar dados digitais em uma estrutura organizada baseada em regras precisas, o que possibilita transmitir além de informações geométricas de objetos de um projeto, os dados associados a tais geometrias, dentre elas, informações alfanuméricas, como propriedades, classificação, quantidades que definem propriedades físicas e parâmetros, informações construtivas, etc. Isso leva os diferentes softwares a conseguirem se comunicar numa linguagem comum padrão.

3 METODOLOGIA

A fim de organizar e definir a forma de realização deste estudo, foram determinadas as estratégias de pesquisa no desenvolvimento dessa metodologia.

A partir das necessidades e desafios encontrados na obra, nas reuniões com os responsáveis técnicos de obras de alto padrão nas discussões sobre a temática da metodologia BIM, principalmente sobre como implantar de maneira simplificada e utilizar o seu potencial inovador, ágil e cooperativo. Desta forma foi possível levantar problemáticas e necessidades de entendimento do real estado de utilização do BIM para avaliar o seu impacto na obra.

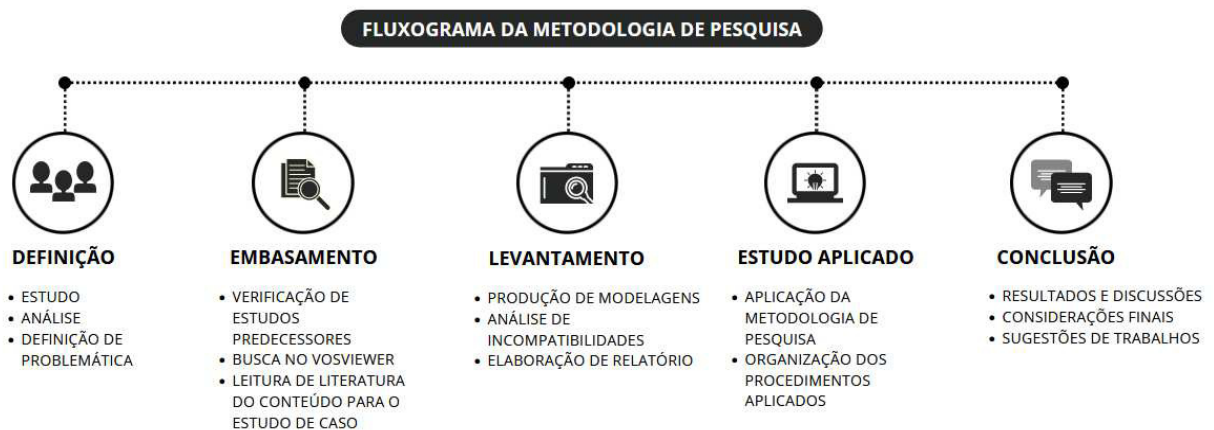
Tendo em vista isso, a metodologia adotada para este estudo tem caráter exploratório, por proporcionar maior familiaridade com o problema estudado, envolvendo levantamento bibliográfico para fundamentar os parâmetros analisados com os estabelecidos por outras pesquisas. Tem uma abordagem qualitativa por analisar o problema de maneira descritiva indutivamente, e qualitativa por trazer informações do estudo de maneira classificada e analisada parametricamente.

Quanto ao procedimento técnico, este trabalho faz um estudo de caso para mostrar na prática o assunto abordado, com um objeto de análise para que seja feita de maneira detalhada e é amplamente estudada. Desta forma é possível compará-lo ao que já está consolidado na bibliografia sobre o assunto.

Os resultados serão expostos, identificando os fatores e parâmetros utilizados para classificá-los e analisá-los. As informações obtidas pelo modelo Bim serão expostas e classificadas e individualmente descritas. Por seguintes, tais informações serão consolidadas e comparadas com a bibliografia de referência. Por fim, será possível evidenciar as implementações em BIM utilizadas na obra em questão, analisar os benefícios de cada implementação, e, finalmente, evidenciar os benefícios da implementação da metodologia BIM em uma obra comparar a sua adoção com a bibliografia consolidada.

A Figura 12 mostra de maneira resumida o fluxograma das etapas desenvolvidas nesta pesquisa a seguir:

Figura 12 - Fluxograma da Metodologia de Pesquisa



Fonte: Autor (2023).

3.1 Descrição do estudo de caso

O estudo está dividido em 3 seções, na primeira será caracterizado o processo de identificação das atividades, demonstrando como as atividades foram selecionadas. Na segunda etapa será realizada a estruturação das funcionalidades do BIM em cada atividade. Na terceira etapa serão explanados a forma de análise e obtenção de informações e uso de suas informações sobre as aplicações práticas do BIM na obra. Por fim, na última seção é realizada uma comparação dos resultados obtidos com o referencial teórico sobre BIM.

3.1.1 Processo de seleção das atividades

Foram coletadas as atividades que possivelmente tinham alguma relação com BIM na execução da obra, são exemplos práticos realizados na obra, buscados pelos registros, informações e ilustrações que permitissem entender como a modelagem em BIM contribui para o estudo do caso, principalmente em relação a importância de suporte na tomada de decisão.

3.1.2 Funcionalidades do BIM na obra

Das atividades analisadas, elas foram classificadas de acordo com cada função e uso do BIM no empreendimento, nas etapas de concepção, de projeto e de construção, segundo o modelo de classificação em BIM adotado neste estudo.

3.1.3 Comparação do nível de BIM

Objetivando-se entender o nível de impacto do BIM do empreendimento, foi realizada uma comparação das utilidades da metodologia adotadas na obra com um a bibliografia consolidada do tema, a fim de entender e visualizar as tendências das pesquisas em BIM por meio da análise de trabalhos já publicados neste campo tanto nacional como internacional. é interessante notar que este estudo não busca propor um estudo bibliométrico aprofundado, mas apenas visualizar como o BIM está sendo utilizado e entender qual o seu impacto pela sua utilização.

Para análise das publicações, escolheu-se estudar as publicações listadas no banco de dados da Scopus, uma fonte de dados abrangente de publicações nacionais e internacionais de diferentes instituições e pesquisadores. A busca se deu por pesquisas que continham em seu título a palavra “BIM”, limitadas à área de engenharia, com preferência aos trabalhos publicados a partir de 2016 até 2023, por fim foi exportado um arquivo que lista e classifica todos os estudo pelo termo pesquisado, com base em dados, como título, autor, coautores, ano de publicação, universidade de origem, país de origem etc.

Utilizando-se do programa VOSViewer para selecionar uma base de dados inicial e mais relevante para este estudo. Ele é uma aplicação que permite a criação de uma rede bibliométrica visual, onde é possível ver, dependendo de qual critério é adotado, por exemplo, qual o país que mais publica sobre o termo pesquisa, os autores mais citados, autores com mais publicações, quais os trabalhos mais recentes, dentre outras categorias para serem analisadas.

O resultado trouxe estudos que continham múltiplas subcategorias, mantidas na relação de estudos por estarem relacionadas ao estudo em questão, mesmo por terem focos diferentes como em projetos (estruturais, arquitetônicos, instalações, eficiência energética, programação etc) ou em campo (obras, quantitativos, estudos de casos etc).

4 MODELOS DESENVOLVIDOS

O presente trabalho apresenta como objeto de estudo de caso a realização do desenvolvimento de modelos tridimensionais e seus processos de compatibilização dos diferentes tipos de projetos de instalações com o arquitetônico por meio de uma interface BIM. Aborda-se a modelagem dos projetos de arquitetura e as instalações hidrossanitárias, sendo elas a sanitária, a hidráulica, a de combate a incêndio, a de gás e a de elétrica. Limita-se a compatibilização entre os sistemas de instalações com o de arquitetura por almejar atingir os objetivos desta pesquisa.

Tenta-se abranger e demonstrar as utilidades do BIM, desta forma, demonstrar o seu uso e que isso traz facilidades no processo de coordenação, gestão, tomada de decisões e controle de documentos, sendo umas das maneiras de dar ganho de produtividade, redução de erros, promovendo a participação de cada responsável na sua área nas soluções de problemas detectados.

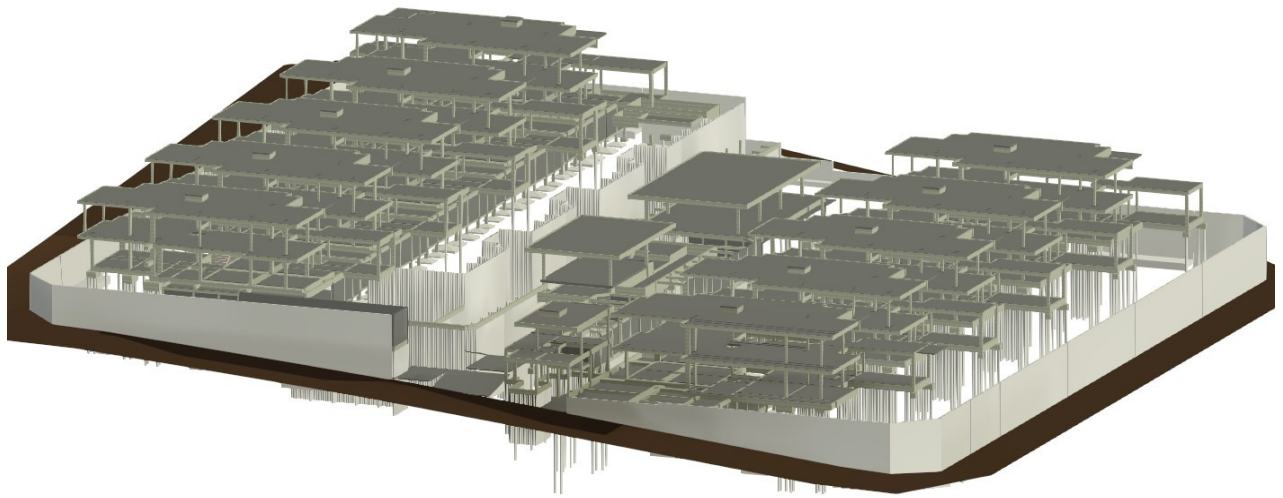
4.1 Descrição do Objeto de estudo

O objeto de estudo é um condomínio de alto padrão situado no município de Fortaleza - CE, sendo composto por dez (10) casas residenciais de alto padrão, com dois pavimentos, tendo no primeiro pavimento cozinha, área de serviço, sala de estar com pé direito de 6,5m de altura, sala de jantar, varanda, deck, além de piscina individual, jardim amplo e com vista para a Praia do Futuro. O pavimento superior conta com 3 suítes com banheiro e closets amplos, além de cada um ter varanda, e um gabinete na parte central. No subsolo de cada casas conta com garagem para 7 carros. A área comum dispõe de um salão de festas amplo, academia, guarita, uma quadra de beach tênis e uma sala de jogos.

As casas têm denominação em números crescentes com base em centenas de 100 a 1000, sua disposição no terreno se dá por 5 casas superiores na parte mais alta do terreno, 5 casas inferiores na parte mais baixa do terreno, e a área comum entre elas. Todas as casas contam com vista para o mar.

No que tange ao projeto estrutural do condomínio, ele não é abrangido no presente estudo por questões de disponibilidade de tempo e objetivos desta pesquisa, no entanto sua modelagem foi essencial para a modelagem do projeto de arquitetura e foi incorporada nela. Abaixo é mostrado na Figura 13 a modelagem do projeto estrutural do condomínio.

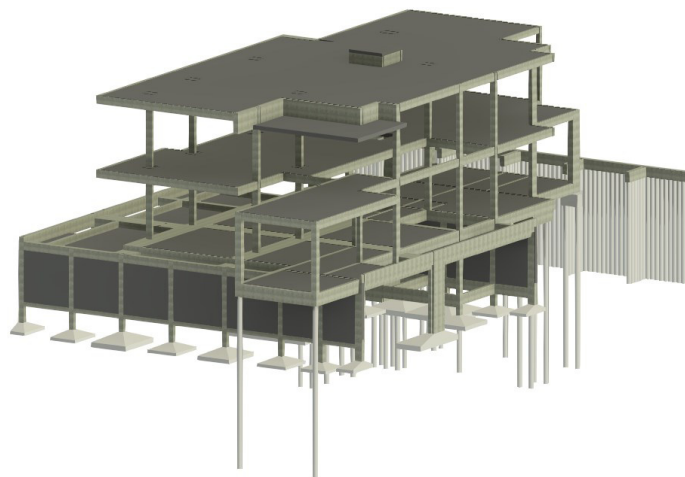
Figura 13 - Modelagem do projeto estrutural do condomínio



Fonte: Autor (2023).

A seguir na Figura 14 é exibido a modelagem estrutural de uma residência padrão do condomínio:

Figura 14 - Modelagem do projeto estrutural de uma casa padrão



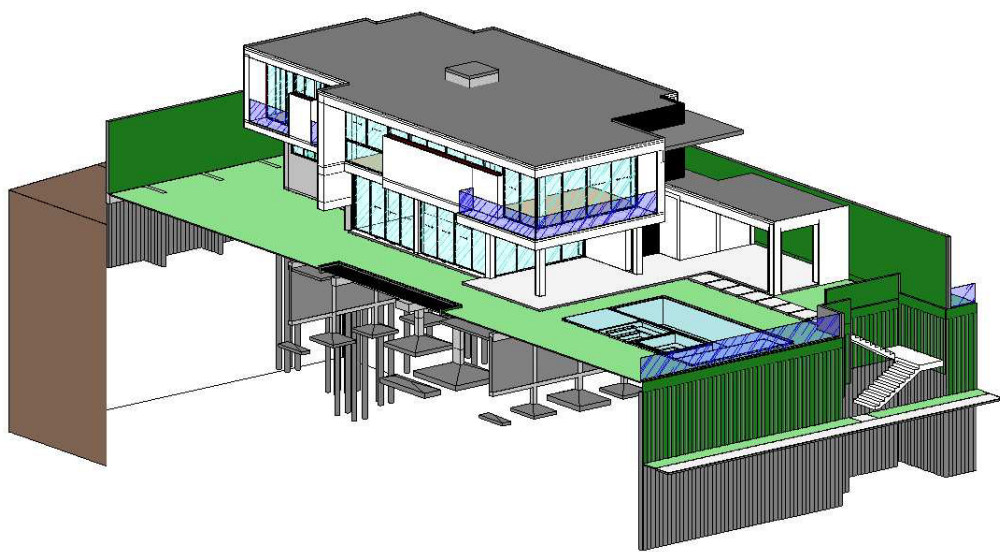
Fonte: Autor (2023).

Para os projetos de arquitetura foram considerados os projetos básicos da construtora para as casas, denominados de projeto padrão. Para algumas das casas foram recebidos projetos personalizados e, diante dos casos de projetos personalizados com modificações na arquitetura e instalações, eles foram considerados nesta análise, por exemplo

a falta de um projeto personalizado de instalações hidrossanitárias da casa 500, para esta residência a compatibilização realizada em campo foi utilizado para execução destes sistemas.

Na Figura 15 é mostrada a modelagem da arquitetura da casa 400, considerada como um casa padrão, mesmo tendo recebido um projeto de personalização, onde nas questões de alvenaria e de vedações não apresentou mudanças significativas, no entanto as principais alterações foram nas instalações, como adição de projeto de som e automação, mudanças de pontos elétricos.

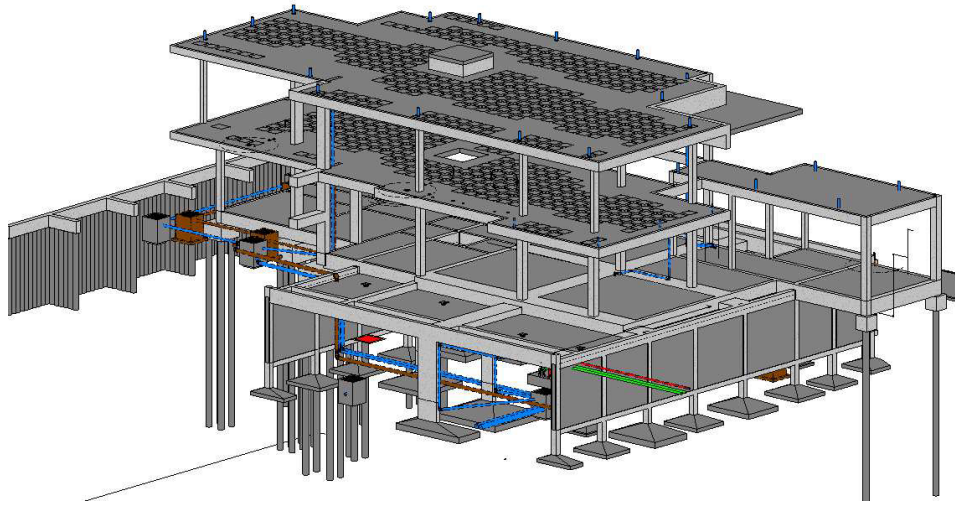
Figura 15 - Modelagem do projeto de arquitetura da casa padrão



Fonte: Autor (2023).

Quanto às instalações prediais sanitárias do condomínio, foi desenvolvido a modelagem do condomínio por completo, que envolve a divisão por sistema no modelo e evidenciado por cores diferentes entre esgoto primário (marrom), água pluvial (azul escuro), sistema de cozinha (laranja), sistema de sabão (vermelho), sistema de ventilação (amarelo), dreno de ar condicionado, como exibidos pela Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Modelagem do projeto de instalações sanitárias da casa 300



Fonte: Autor (2023).

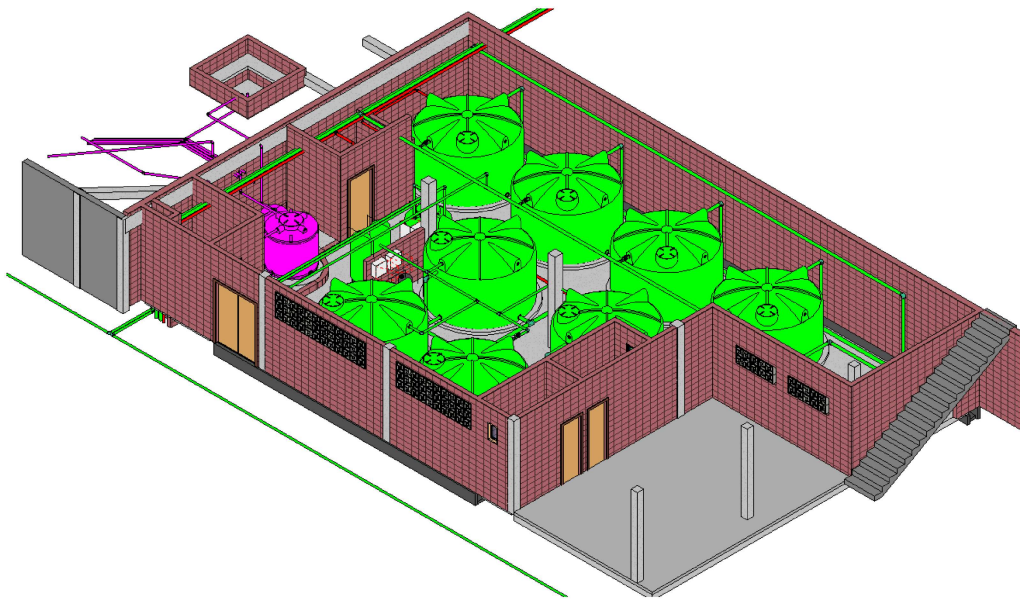
Figura 17 - Modelagem do projeto de instalações sanitárias da casa 400



Fonte: Autor (2023).

Para o projeto de instalações hidráulicas foram desenvolvidas as disciplinas de alimentação de água fria do condomínio, concentradas na casa de bombas, e as instalações hidráulicas de cada casa (na cor verde), também foram modeladas neste projeto as instalações de combate a incêndio dos hidrantes (na cor vermelha), as instalações de alimentação e circulação da piscina (na cor rosa), como visto na Figura 18 a seguir:

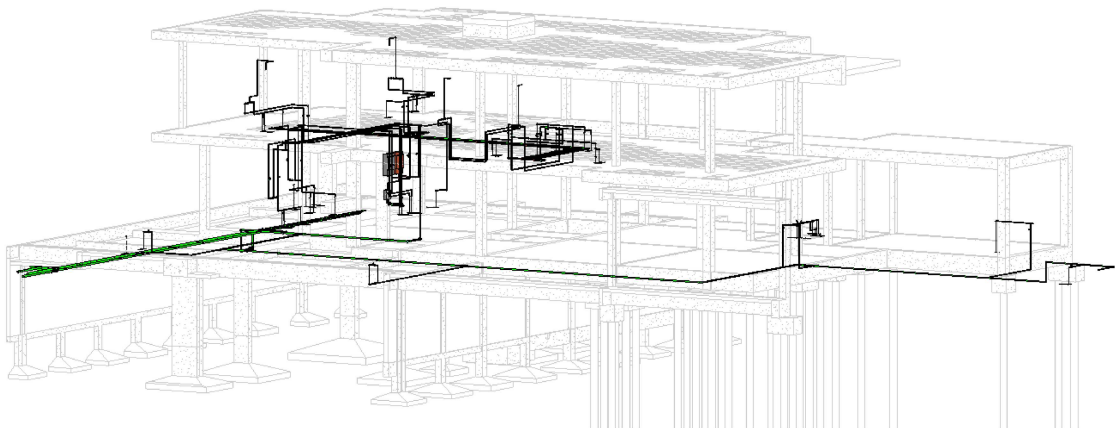
Figura 18 - Modelagem do projeto de instalações hidráulicas da Casa de Bombas



Fonte: Autor (2023).

Na questão das casa foram levantadas as instalações hidráulicas de água fria (na cor verde), de água quente (na cor vermelha), mostrada pela Figura 19 abaixo:

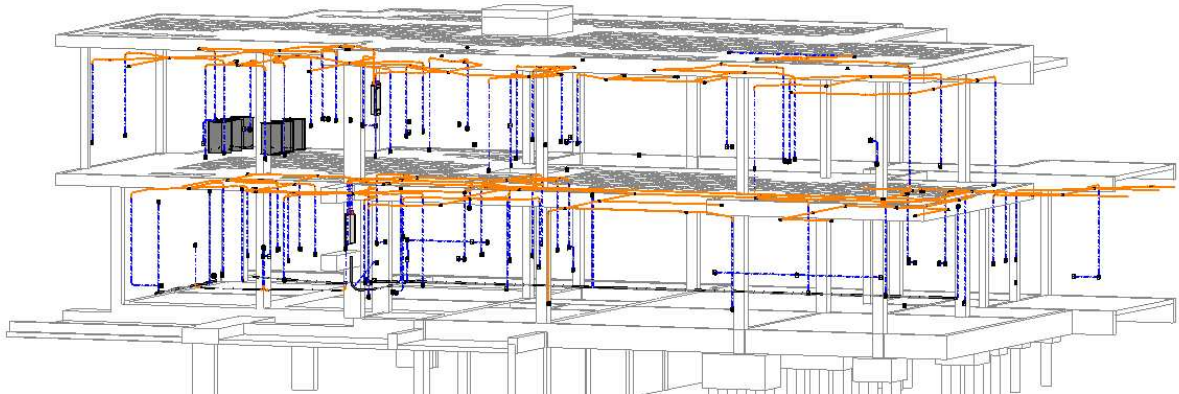
Figura 19 - Modelagem do projeto de instalações elétricas da casa 200



Fonte: Autor (2023).

Para o projeto elétrico foi realizada a modelagem da casa padrão, como mostrado na Figura 20 abaixo:

Figura 20 - Modelagem do projeto de instalações elétricas da casa padrão



Fonte: Autor (2023).

4.2 Softwares de interface BIM

O software Revit 2023, da Autodesk, foi utilizado neste estudo, tendo em vista algumas das suas vantagens, como a possibilidade da importação de arquivos bases do estudo disponibilizados em dwf (*Drawing Web Format*) e dwg (*Drawing Format*), formatos de arquivos de desenhos assistido por computador, além de compilar diferentes disciplinas por meio de vínculos ou importações em um único arquivo, como no caso de múltiplas disciplinas de instalações em um único modelo, e de permitir ajustar de maneira simples a visualização das camadas neste arquivos, tornando a sua visualização mais limpa. Isso possibilita gerir uma grande quantidade de informações diferentes em um único lugar, ainda que tais arquivos possam ser ocultos ou não durante a fase de modelagem.

Para agregar ainda mais vantagens a este programa, existem modelos da própria Autodesk ou de terceiros disponíveis na internet, com itens e famílias de diversas disciplinas, a exemplo de elementos arquitetônicos como pilares retangulares, circulares, com molduras, nas estruturais podem ser sapatas, estacas, para os projetos hidrossanitários podem ser tubos e conexões com sistemas de classificação, para o de elétrica podem ser caixas de passagem, eletrodutos, tabelas e quantitativos. Tudo como forma de facilitar o desenvolvimento e tornar o processo de modelagem mais enxuto, rápido e prático por disponibilizar os componentes necessários.

O modelo Bim mostra sua diversidade em todas as fases do empreendimento, para Medeiros (2017) as ferramentas BIM, como *Navisworks*, *Solibri* e *Tekla BIMsight*, tornam a

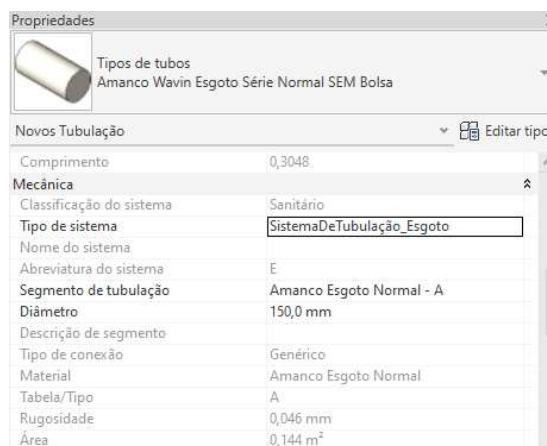
comunicação entre a equipe da sala técnica com a da obra mais eficiente e rica em informações pertinentes, seja pelo uso dos modelos acessados na obra para seus diversos fins, como acompanhamento da execução da obra, do planejamento, da extração de quantitativos e dúvidas quanto a execução de algum serviço.

4.3 Autodesk Revit MEP (Mechanical Electrical and Plumbing)

Um dos programas mais utilizados no Brasil para elaboração de projeto MEP em BIM da Autodesk, como também há o ArchiCAD da Graphisoft dentre outros. Tais programas utilizam da metodologia BIM para agregar uma larga quantidade de informações, que nestes programas são denominados parâmetros. Eles guardam todas as informações que definem as propriedades físicas e geométricas dos elementos de um modelo, sendo os principais artifícios de modelagem e dimensionamento, bases de qualquer modelo BIM. Para Bokmiller (2014), os principais responsáveis pelo ganho de tempo nessa rotina de modelagem são a parametrização e o dimensionamento inteligente com informações precisas, que proporcionam redução de erros e agilidade das tarefas.

O programa é capaz de guardar uma série de parâmetros de todos os elementos e é possível identificá-los na janela de propriedades, bastando selecionar o elemento desejado. Para um segmento de tubo, a janela de propriedade no grupo de mecânica pode mostrar informações sobre a classificação de sistema, diâmetro nominal, material (série normal ou série reforçada), rugosidade, área do tubo. Além disso, há outros grupos de parâmetros, sendo todos atualizados em tempo real como mostrado na Figura 21.

Figura 21 - Janela de propriedades

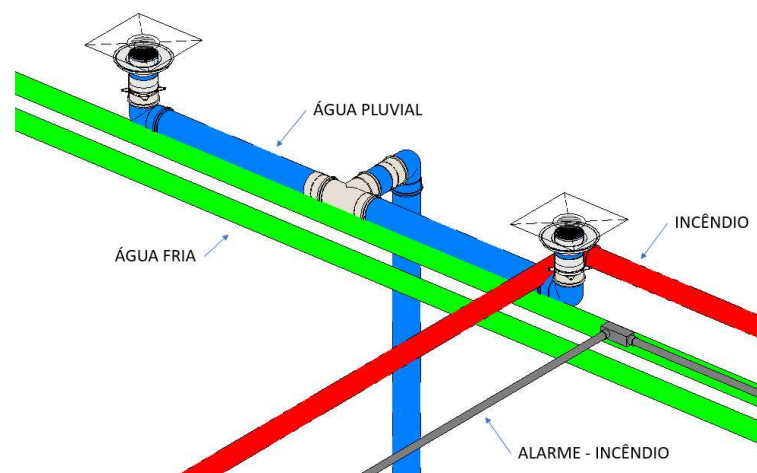


Fonte: Autor (2023).

Um dos pontos fortes do BIM é a facilidade de trocar informações, ainda mais quando os parâmetros dos elementos podem ser configurados pelos fabricantes com informações precisas e necessárias, como forma de facilitar e difundir as propriedades dos seus produtos. Um exemplo disto, na Figura 21 foi exemplificado para o sistema de esgoto sanitário com tubos e conexões já configurados pela sua fabricante.

Para o parâmetro de tipo de sistema, é possível definir uma diferenciação de exibição de cores para cada sistema utilizado no modelo. No exemplo da Figura 22 é demonstrado alguns tipos de sistema utilizados na modelagem, para o sistema de água pluvial foi utilizada a cor azul, para o sistema de incêndio foi utilizado o vermelho, para o sistema de água fria foi utilizada a cor verde e para o sistema de alarme de incêndio a cor cinza.

Figura 22 - Classificação dos sistemas de instalações por cores



Fonte: Autor (2023).

Desta maneira, destacam-se os parâmetros básicos no Revit: parâmetros de sistema, de famílias, de projeto e de compartilhamento. Bokmiller (2014) detalha que os sistemas são editáveis dentro do próprio programa, mas não podem ser excluídos ou alterados. Os de Família são usados para definir as propriedades geométricas dos elementos e obter dados de engenharia e componentes de famílias, esses são customizáveis conforme a necessidade de modelagem para aumentar a precisão e capacidade dos componentes dos objetos, extrair e analisar dados. Também há os compartilhados que são utilizados para coordenar as informações nos projetos, são capazes de dar suporte na classificação e organização dos dados em famílias, tabelas, identificadores de anotações. Por último, tem-se os parâmetros de projeto que só existem no ambiente de projeto, que podem ser utilizados em tabelas, quantitativos, mas não em identificadores de anotação.

4.4 Compatibilização

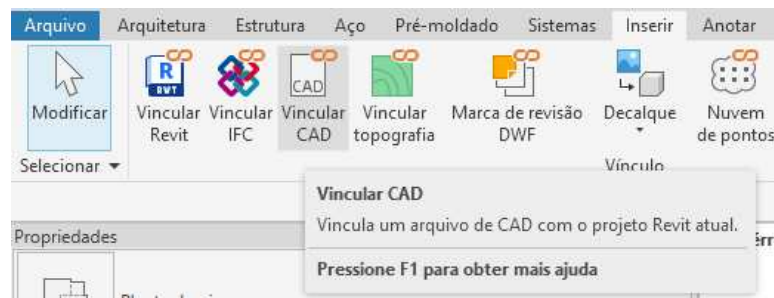
Com base nos projetos de instalações disponibilizados em formato DWG, a modelagem dos projetos se deu um processo dividido em três etapas, em cada etapa envolvendo uma análise técnica objetivando uma trazer fidedignidade dos projetos em CAD ao modelo em 3D.

Durante o processo de modelagem já é possível identificar erros ou incongruências dos projetos, assim ao ser identificado algum erro é de suma importância o registro imediato de tal informação para que não seja esquecida. E a forma com que os erros são encontrados, uma boa parte destes itens são identificados pela visualização seja da sobreposição de projetos de diferentes disciplinas nos planos 2D e 3D.

No tocando da interoperabilidade do BIM, destaca-se a modelagem das disciplinas de forma independentes entre si, onde o fato da integração de diferentes áreas num único ambiente virtual pode trazer melhoria dos fluxos de trabalhos no tocante de agregar informações relevantes e necessárias para cada área, além de uma melhoria no gerenciamento dos projetos, pois os responsáveis por cada disciplina podem se aprofundar nas suas áreas e ter mais foco somente nas informações mais necessárias para o desenvolvimento de seus projetos. E quando todos os projetos são reunidos em um só, o processo de gerenciamento de projetos e mediação de conflitos entra em ação para tomar as decisões que melhor serão aproveitadas pelo empreendimento.

Essa vinculação de diversas modelagens é realizada no próprio Revit, por meio da ferramenta “vínculo”, acessível na aba “inserir”, mostrado na Figura 23. Desta forma é possível vincular tantos projetos em Revit, em CAD, em IFC (modelagens parametrizadas que pode ser oriundas de outras plataformas de modelagem em BIM como Graphisoft, AltoQi, TQS, etc). Tal funcionalidade permite visualizar todos os sistemas ao mesmo tempo, tornando os ajustes mais ágeis e fáceis diante disto. Desta forma, as interferências entre os projetos, antes isolados, são mais fáceis de serem observados para, assim, serem ajustados e/ou modificados.

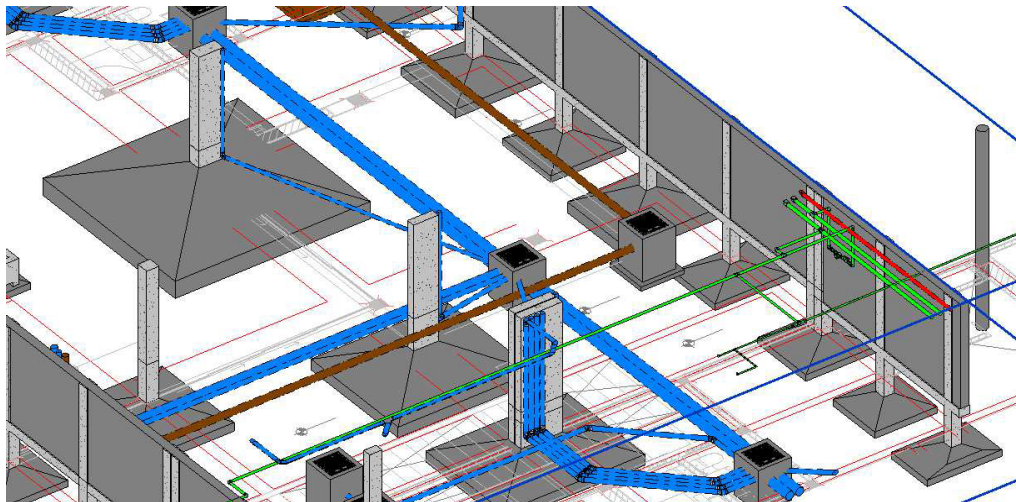
Figura 23 - Função Vincular da aba Inserir



Fonte: Autor (2023).

O programa permite vincular inúmeros projetos de uma vez, seja entre modelagem do próprio Revit ou com outros tipos, como DWG ou IFC. Ele também permite a configuração da visualização, permitindo gerenciar deixando-os ocultos, transparentes, meio-tom, adicionar ou remover vínculos dentre outras várias opções. Na Figura 24 é demonstrado um exemplo de vinculação entre os projetos de estruturas e de instalações prediais do pavimento subsolo superior da obra desenvolvidos no Revit, além do suporte de plantas baixas em CAD servindo de auxílio nas modelagens.

Figura 24 - Vínculo entre os projetos de estrutura e de instalações prediais

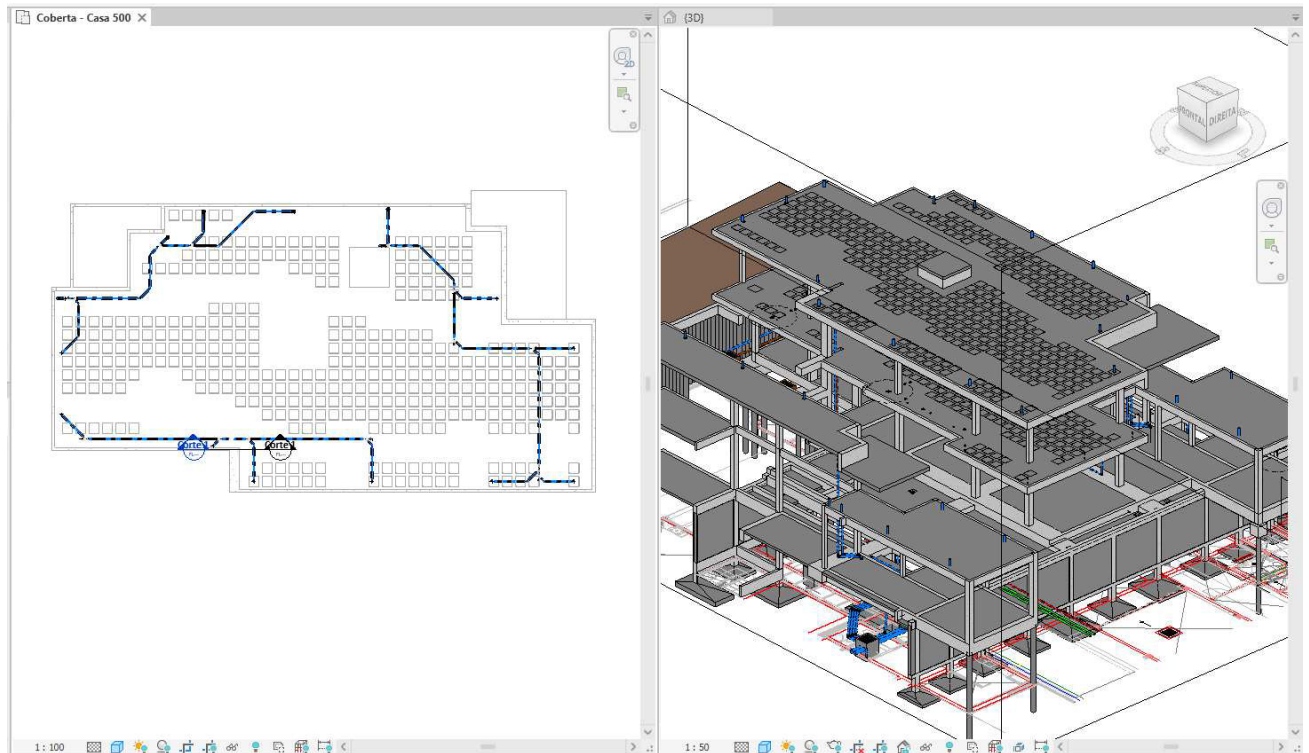


Fonte: Autor (2023).

O processo de checagem em cada etapa de entrega do relatório de incompatibilidades foi feito com auxílio do visualizador do Revit para conferência em tempo real à modelagem como mostrado na Figura 25. Outro auxiliador na visualização e checagens manuais dos modelos pode ser feitas com o BIMCollab ZOOM, programas para visualização de arquivos em IFC que por terem foco na visualização de modelos e serem de fácil manuseio,

não precisam de equipamentos com alto desempenho gráfico, assim podem ser utilizados tanto por projetistas quanto por clientes e demais responsáveis por acompanhar o desenvolvimento da obra sem grandes dificuldades.

Figura 25 - Visualizadores do Revit



Fonte: Autor (2023).

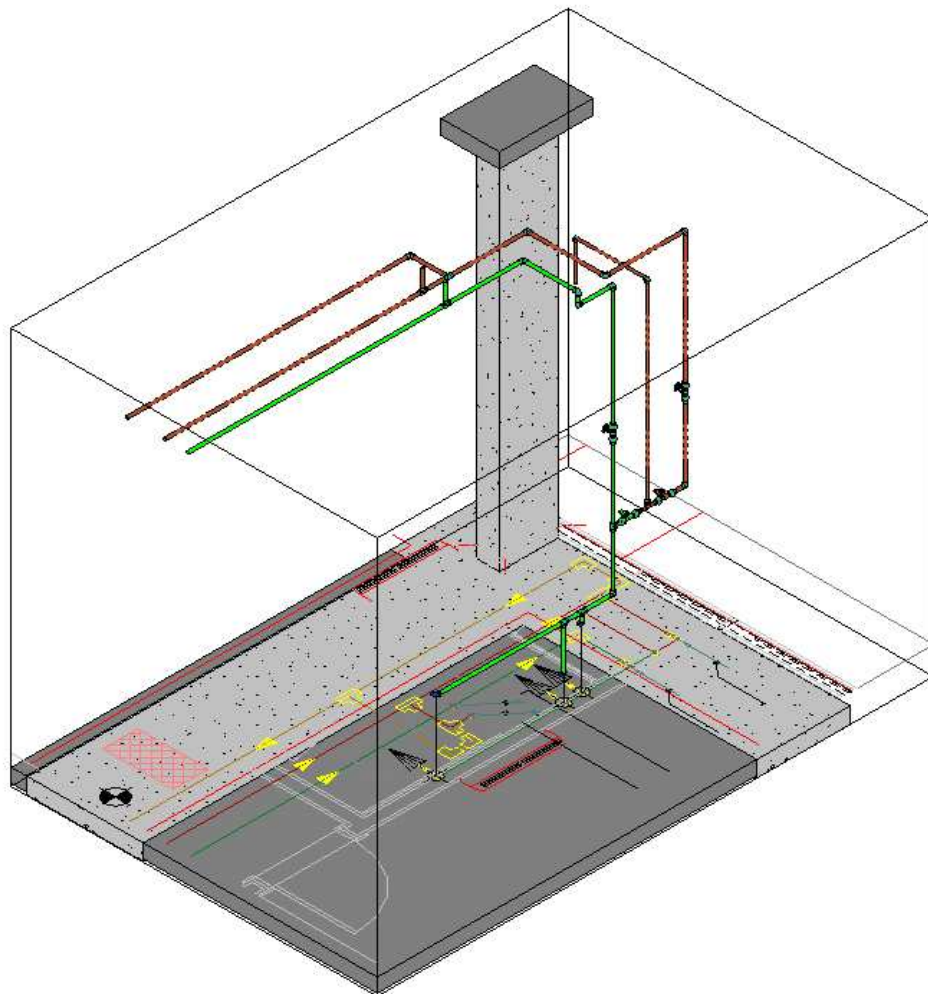
Este processo de compatibilização segue uma metodologia de checagem em cada compartimento em que existe algum sistema de instalação, os passos abaixo foram seguidos para que tal procedimento fosse repetido em todos os ambientes de maneira igualitária. As etapas são estas:

A 1ª etapa consiste na utilização de configuração de opacidade e aplicação de filtros com cores para cada sistema, assim é mais fácil diferenciar os projetos, que em muitos casos utilizam-se do mesmo material, tendo somente diferenciação na modelagem pela aplicação de um parâmetro no tipo de sistema, por exemplo o material dos tubos de PVC é utilizado tanto nos sistemas de esgoto e de ventilação, mas ao adotar um filtro de visualização no programa é possível distinguir visualmente cada sistema facilmente, além disto, o programa categoriza os itens individualmente por sistema, o que leva a obter e analisar de forma mais precisa a utilização de cada material.. No Revit isso pode ser feito no gerenciador de vínculos, onde se

tem as opções de transparência e opacidade para cada vínculo, além da aplicação de filtros de cores em cada projeto individualmente.

A 2ª etapa consiste na configuração de caixas de cortes, onde são aplicados cortes em planos horizontais e verticais, assim cria-se uma área delimitada para retirar o excesso de itens ou áreas visíveis que não são necessárias. Isso é feito no intuito de analisar ambientes separadamente, como verificado na Figura 26 abaixo:

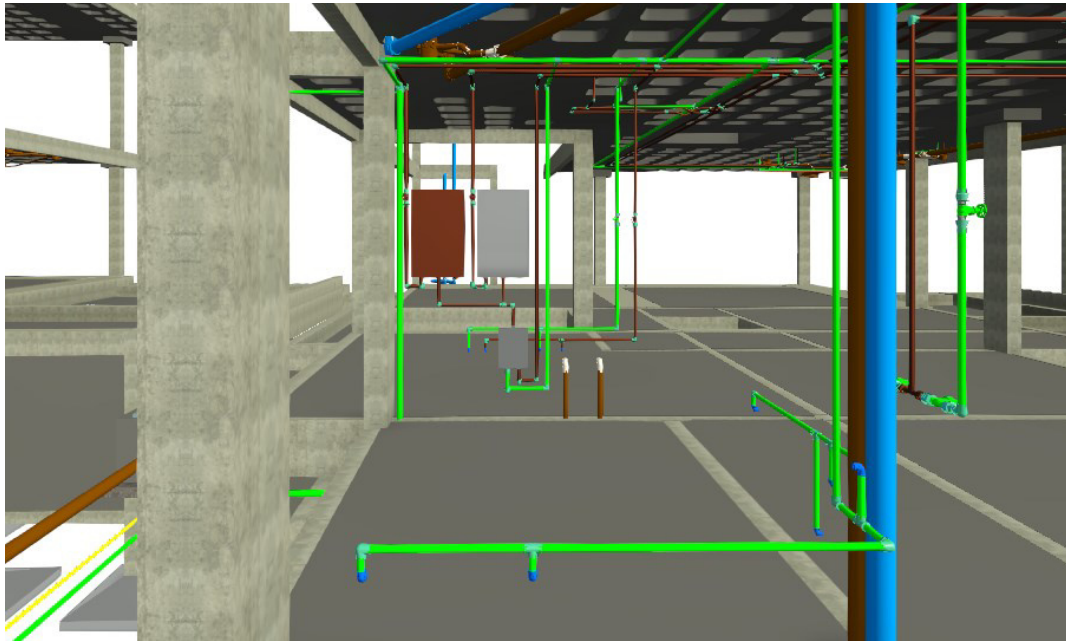
Figura 26 - Caixa de corte aplicada no WC de Serviço no sistema de água fria



Fonte: Autor (2023).

A 3ª etapa utiliza das áreas de corte, navega-se por dentro dos ambientes internos para realizar conferências dos elementos internos, como mostrado na Figura 27:

Figura 27 - Visualização interno dos ambientes



Fonte: Autor (2023).

Por fim, a 4ª etapa consiste no registro dos erros ou incongruências observadas durante a fase de modelagem dos projetos desenvolvidos em cada fase do projeto para que seja feita uma análise considerando todas as modelagens em conjunto. Para então selecionar os mais críticos, com maior complexidade de conclusão e as ações primárias que podem ser tomadas para prevenir erros ou que promovam soluções adequadas a cada situação observada.

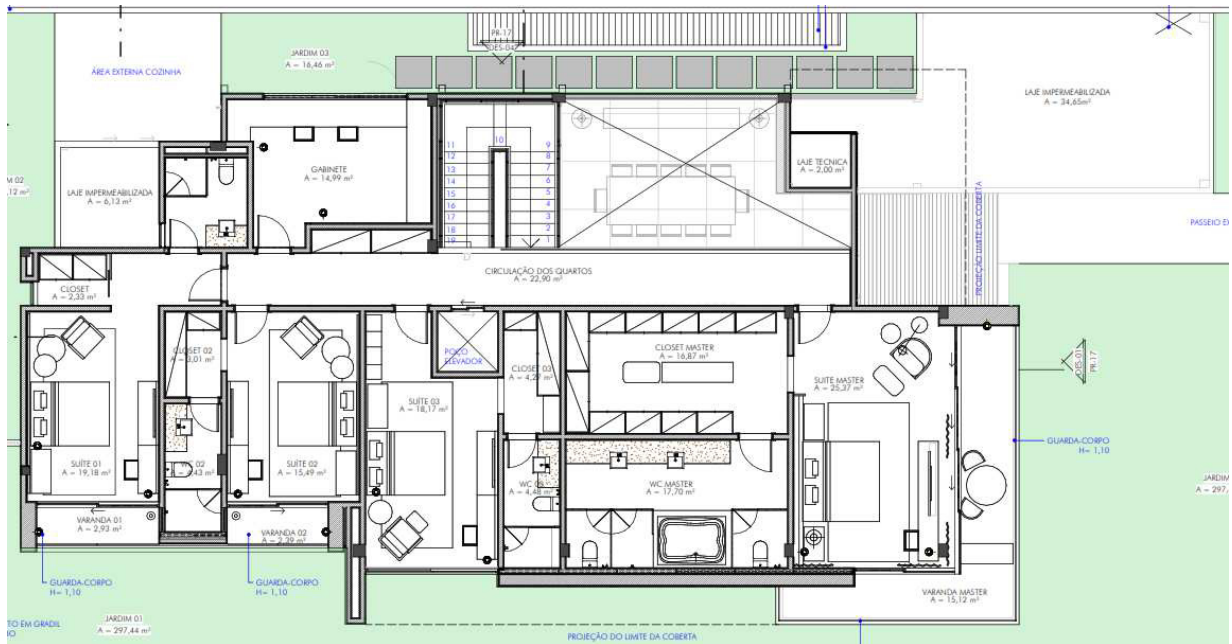
4.5 Incompatibilidades e interferências detectadas

Dada a modelagem inicial da disciplina de arquitetura, partiu-se para as de instalações prediais que utilizam o projeto de arquitetura com vínculo. Em seguida é feita a compatibilização inicial entre arquitetura e com uma modelagem de instalação diferente, e assim, são listadas as primeiras incompatibilização encontradas somadas àquelas já observadas na fase de modelagem destes projetos. Por último, todos os projetos são vinculados em um único modelo para ser feita uma análise final e acrescenta-se as observações obtidas nesta fase com as previamente obtidas.

4.5.1 Estrutura e Arquitetura

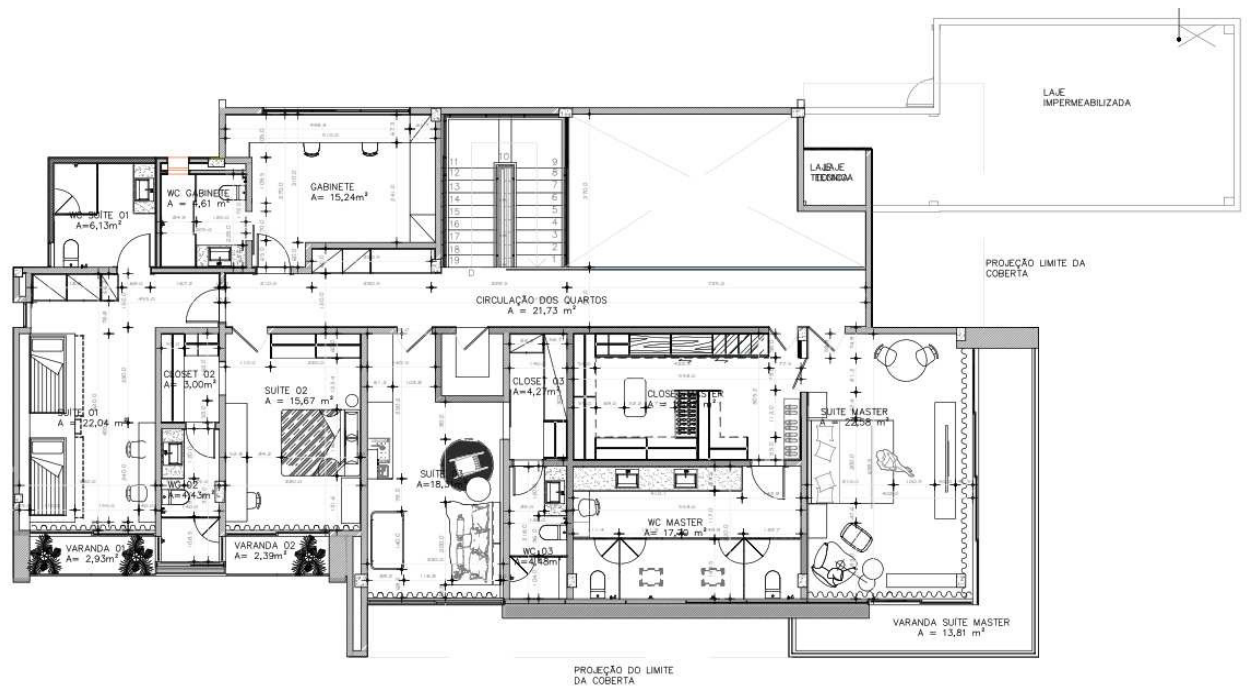
Dada a modelagem inicial da disciplina de arquitetura, foi realizada uma compatibilização com o projeto estrutural, mesmo que não seja foco deste trabalho, mas como forma de exemplificar que algumas decisões de mudanças arquitetônicas dos proprietários afetaram a estrutura inicial das casas e, por consequência, tiveram um grande impacto nas instalações prediais. A Figura 28 e a 29 mostram a alteração do uso de uma laje que muitos condôminos optaram por fazer, uma laje antes prevista para ser laje técnica onde seriam dispostas as máquinas condensadoras que posteriormente foi utilizada como banheiro, áreas de lazer ou depósitos etc, assim as principais alterações estruturais foram na ampliação da laje da cobertura deste ambiente que era a laje técnica.

Figura 28 - Planta inicial de Layout do pavimento Superior da casa padrão



Fonte: Autor (2023).

Figura 29 - Planta de Layout de personalização da casa 800



Fonte: Autor (2023).

Outra incompatibilidade entre arquitetura e estrutura para as casas foi na varanda do térreo, a estrutura não foi feita observando um detalhe das bordas elevadas em relação ao jardim das varandas, configurando-se assim como erro de projeto. Além disto, demais modificações foram realizadas nas contenções dos muros externos e dos internos, que por não terem muito impacto nos sistemas de instalações não são levados em conta neste estudo.

Para a área comum, as principais incompatibilidades vieram das alterações de layout do Salão de festas e da Guarita, o Salão de festas foi ampliado e teve pequenas alterações nos banheiros, já na Guarita os principais itens observados foram as plantas de forro conflitando com a estrutura, ademais, com o ajuste da rampa de entrada e das calçadas do empreendimento, as cotas de piso do pavimento térreo e da eclusa entraram em conflito, sendo necessário uma revisão das cotas deste local. De maneira geral, na compatibilização entre arquitetura e estrutura pode-se observar 5 erros de projetos e 11 oriundos das modificações dos proprietários das casas. Por fim, a modelagem estrutural serviu de acompanhamento da execução e registro *As Built* da estrutura como um todo.

4.5.2 Arquitetura e Instalações

Na compatibilização entre o projeto arquitetônico e os projetos hidrossanitários foram observadas algumas incompatibilidades que decorreram principalmente pelas modificações dos projetos personalizados de cada unidade residencial, para sanar tais erros foram realizadas algumas modificações, como na locação de furos dos ralos de águas pluviais nas coberturas para coincidir com as novas posições dos tubos de quedas para o sistema de água pluvial, já para o sistema sanitário, as observações vieram da modificação das posições das pias nas cozinhas, e dos vasos e pias principalmente dos WC's Masters. E conforme alterações nos tubos de quedas dos sistemas sanitário e água pluvial foram vistos caminhamentos das tubulações nos subsolos com dificuldades de serem realizados . Já para o sistema de água fria nas áreas comuns, a principal incompatibilidade veio da implantação de um salão de jogos não previsto na área destinada à Casa de Máquinas, onde ficam alocadas Cisternas de 20.000L destinadas à água do condomínio e as instalações de incêndio. Além disto, também não foi prevista a necessidade da instalação de dois novos poços profundos.

Além da alteração do layout da Casa de Máquinas, também não foi esperada a necessidade da inclusão de duas novas áreas neste local, sendo preciso reservar ambientes à piscina e à água mineral. O local das máquinas da piscina foi composto por um tanque de 3.000L, motores e filtros de areia, para o local de água mineral foi implantado dois tanques inox e um motor de alimentação para o condomínio.

No sistema sanitário as incongruências ocorreram pela modificações dos layouts das casas, que impactaram principalmente nos subsolos das casas, alterando o caminhamento dos tubos de quedas até as caixa coletoras. Outro ponto veio da adaptação das rampas de entradas dos subsolos, que antes era retas e tinham uma inclinação de 20,% e passaram a atender uma demanda específica para a entrada de carros da marca Porsche do modelo 911, tornando-as rampas curvas com inclinações específicas o que leva a alterar as cotas dos tubos nestes trechos. Deste modo, na compatibilização entre arquitetura e instalações hidrossanitárias foram vistos no total de 4 erros de projetos pela falta de detalhamento e especificações técnicas adequadas, 23 incompatibilidades resultantes das modificações, principalmente, nos layouts das casas, além dos acréscimos de sistemas após o início das obras.

Para as instalações de combate a incêndio, os principais itens observados em relação ao projeto original foi pelo requisição demanda das tubulações de distribuição que passavam pelos tetos dos subsolos até as casas fossem feitas rentes ao teto para não diminuir a altura

ultimo dos subsolos, desta forma não foi prevista a quantidade real e necessária de conexões de aço galvanizado. Foi observado um total de 5 incompatibilidades oriundas da requisição dos clientes nos tetos dos subsolos e 7 de projeto pelo detalhamento do ponto de entrada dos hidrantes na área externa do condomínio, e pela localização dos pontos de iluminação de emergência das áreas comuns.

No projeto de instalações elétricas, as principais alterações do projeto básico foram de alguns erros de projeto, como pontos de tomadas previstas em locais que previam esquadrias de piso a teto, e principalmente pela modificação de pontos elétricos pelos projetos personalizados, seja pela alteração da locação, da altura, da remoção ou adição de pontos elétricos, de dados, de TV, de automação, etc. Um ponto de destaque para os projeto elétricos é que os caminhamentos dos eletrodutos que não são projetados conforme serão executados. Outro ponto observado foi os diversos pontos elétricos alterados (seja posição, altura ou cargas etc) pela alteração de layout das casas. Outro ponto observado foi a necessidade de rebalancear as cargas dos quadros elétricos de todo o condomínio, já que foram incluídos novos ambientes, outros foram modificados e a carga já não é a mesma da projetada inicialmente. Foram observados num total de 9 incompatibilidades de projetos pelo detalhamento genérico de vários pontos, sejam quadros, caminhamento, e definições técnicas encaminhadas à obra, além disso, as principais mudanças requeridas pelos proprietários permitiram observar 25 incompatibilidades, sejam pelas mudanças de localização de pontos elétricos e luminotécnicos, pela inclusão de novos ambientes, pela alteração da carga dos quadros de cargas, pela inclusão de novos sistemas elétricos no condomínio, pela mudança do tipo de alimentação predial de aéreo para subterrâneo, dentre diversas outras causas.

Com o ajuste das alturas dos muros externos, as instalações de CFTV do condomínio sofreram um ajuste nas alturas dos pontos de câmeras, mas algo que não teve grande impacto orçamentário ou de execução. As incompatibilizações foram num total de 6, referentes às localizações das câmeras no lado externo dos muros, além da inclusão do quadro elétrico das câmeras na alimentação do condomínio.

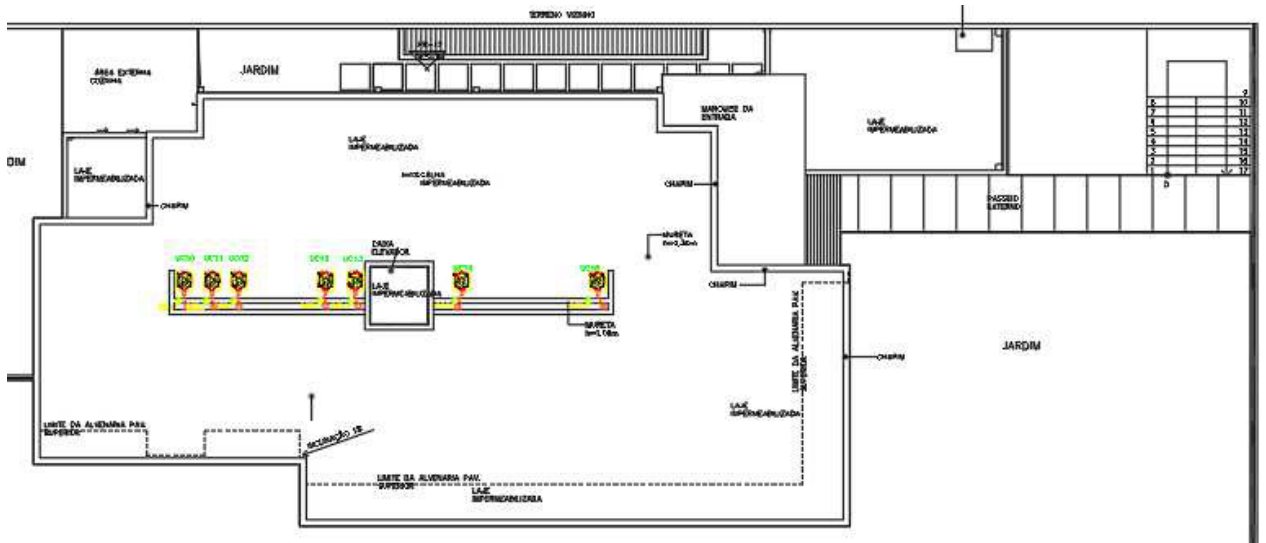
Na compatibilização das instalações de gás não houveram mudanças significativas em relação ao projeto inicial, apenas sendo ajustada a casa de gás, local que sofreu uma pequena modificação arquitetônica.

4.6 Sugestões e aplicações realizadas

No que tange aos ajustes e aplicações adotadas para mitigar ou solucionar os erros observados, foram elaboradas plantas, detalhamentos específicos, demandas de ajuste de projetos direcionados aos devidos projetistas. Em seguida, foram elaborados estudos em obra como forma de se concentrar as informações entre engenheiros, assistentes, projetista e clientes, assim com um gestor BIM encarregado de gerenciar as demandas oriundas de diversos colaboradores e direcionar aos devidos responsáveis suas atividades. Então, abaixo são demonstradas as principais ações tomadas em obra utilizando da metodologia BIM.

O primeiro ponto a ser considerado é o ajuste das condensadoras das casas, onde foi realizado um estudo para realocar as máquinas condensadoras e pela nova localização ser na cobertura não prever nenhum furos desta lajes para passagem de tubulação pelo projeto hidrossanitário, junto da planta das condensadoras foi feito a locação dos furos das lajes no pavimentos superior e cobertura, como mostrado na Figura 30.

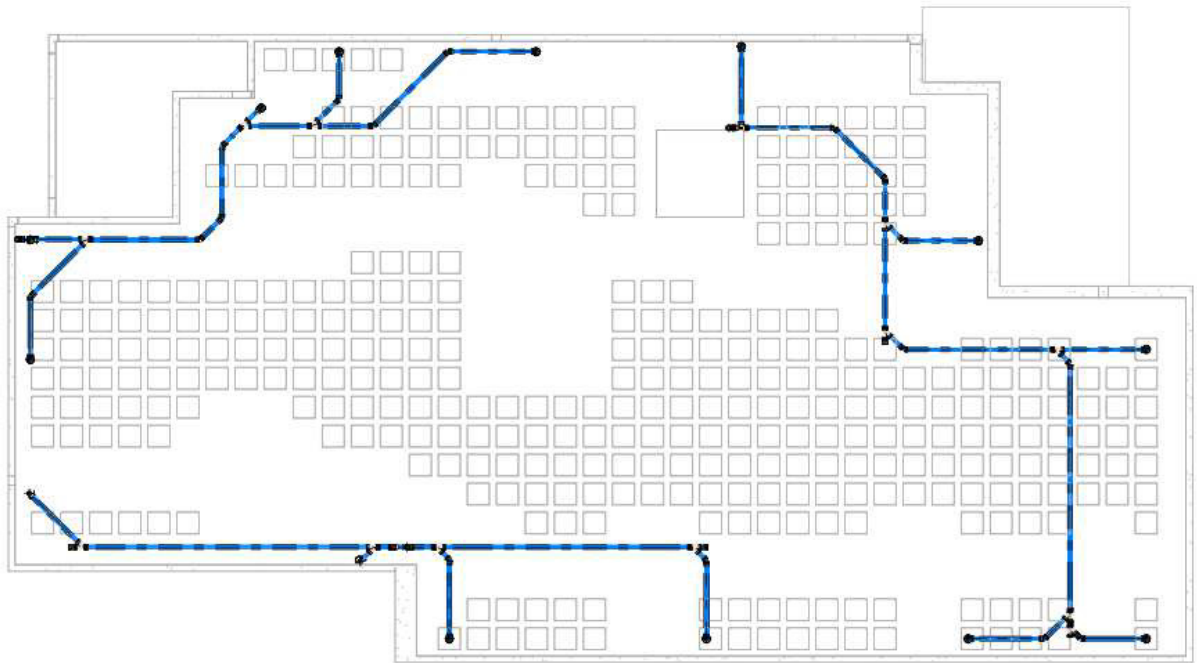
Figura 30 - Planta de locação de condensadoras e de furos de passagens



Fonte: Autor (2023).

O segundo ponto a ser visto é a modificação dos furos de águas pluviais na cobertura, nesta área foi desenvolvido um projeto de ajuste das instalações de água pluviais como modelo *As Built*, onde é mostrado na Figura 31 os novos pontos dos ralos hemisféricos das cobertas das casas.

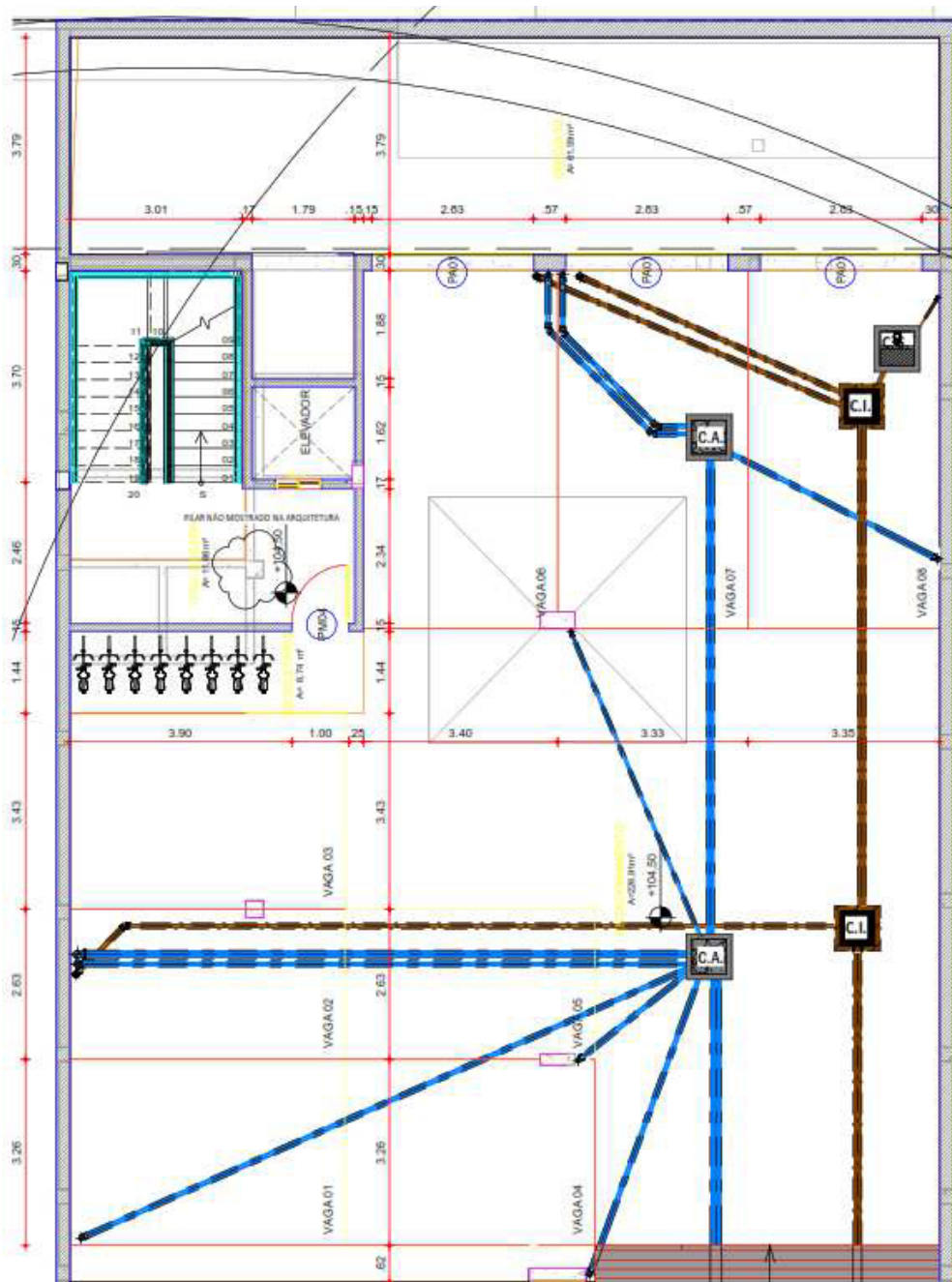
Figura 31 - Plantas de locação dos ralos de águas pluviais das cobertas



Fonte: Autor (2023).

Com os ajustes das prumadas de água pluviais e de esgoto sanitário dos subsolos inferior e superior, as caixas de passagens foram movimentadas das suas posições iniciais e, junto disso, também foram remanejadas as tubulações que chegam nestas caixas obtendo no final deste estudo um modelo *As Built* devidamente preciso das instalações de água pluvial e de esgotamento sanitário de todo o condomínio, como mostrado na Figura 32 o piso do subsolo da casa 500.

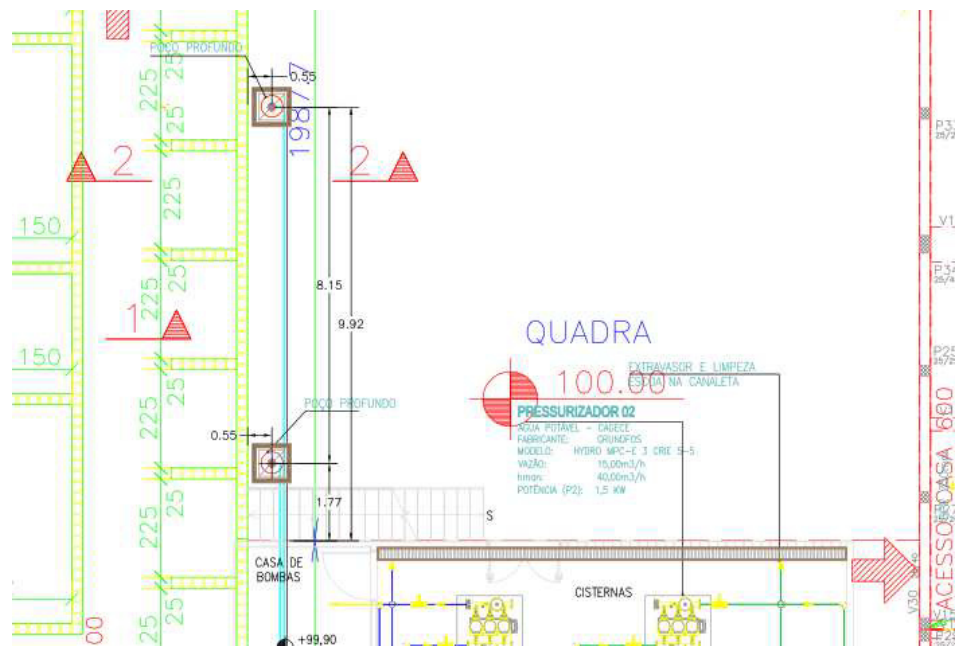
Figura 32 - Plantas ajustadas das instalações sanitárias do Subsolo da casa 500



Fonte: Autor (2023).

Com a inclusão de 2 (dois) novos poços artesianos na obra, foi preciso colocá-los em um posição precisa, pensada numa forma que em uma eventual manutenção não houve muita interferência com as áreas de entorno dos mesmos, para isso foi feito estudo das possíveis locações, e no fim foi feita uma planta de locação dos poços profundos, juntos da implementação destes equipamentos, em seguida foi feito a ligação destes pontos ao projeto de água fria do condomínio, conforme a Figura 33 a seguir.

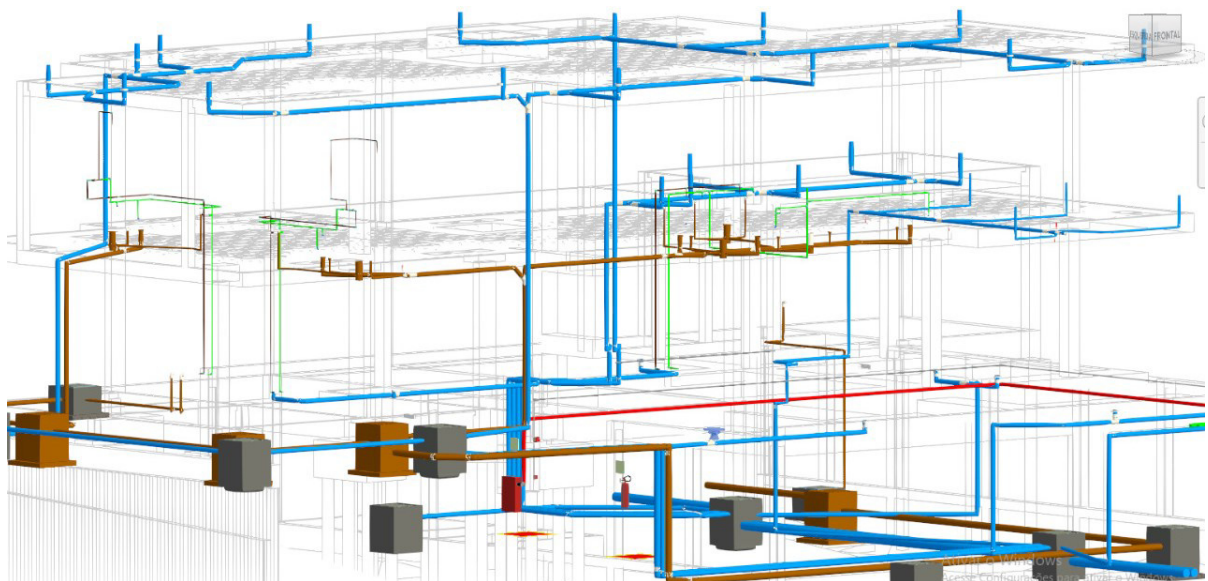
Figura 33 - Plantas de localização dos poços artesianos



Fonte: Autor (2023).

Diante das várias modificações realizadas pelos proprietários nas suas casas, seja pela modificação estrutural ou arquitetônica dos layouts, tais alterações foram mapeadas em BIM para cada unidade residencial. Desta forma foi possível criar um As built de cada casa, e registrar a quantidade de material necessária para realizar tais modificações, como mostra a Figura 34.

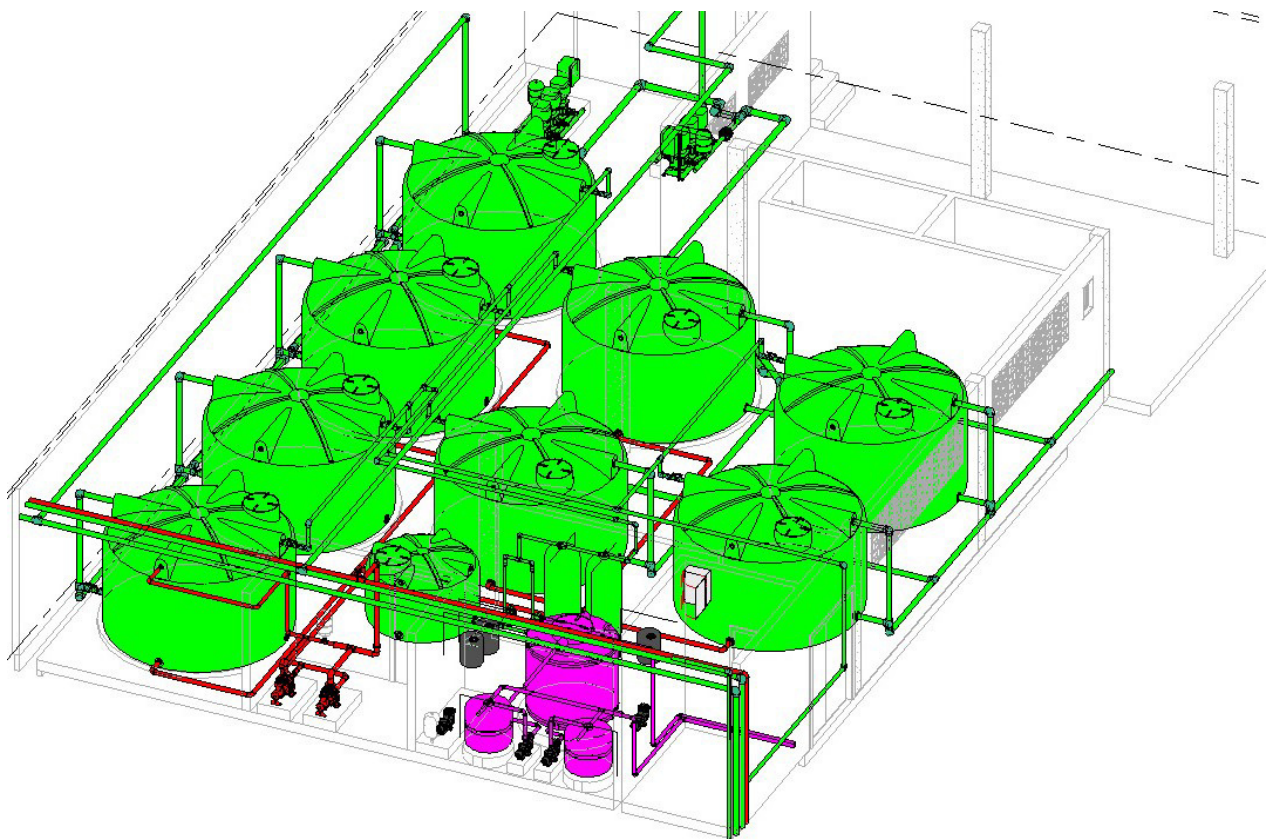
Figura 34 - Modelo *As built* das instalações hidrossanitárias das casas



Fonte: Autor (2023).

Atenção aos pontos de alteração também nas áreas comuns, principalmente na Casa de Bombas, onde foram implementados novos ambientes, novos sistemas, e com tudo isso foi necessário um modelo *As Built* preciso que mapeou diversos pontos de alteração em relação ao projeto inicial, como: a elevação das cisternas e bombas por meio de bases de concreto; adequação das calhas destinadas a eventuais extravasões ou manutenções neste ambiente; a mudança das posições das cisternas de água; o detalhamento da Estação de Tratamento de Água (ETA) para a água oriunda dos poços profundos, que no projeto inicial não foi especificado; inclusão do sistema da piscina que não existia previamente; o ajuste das tubulações no entorno das bombas de água; dentre outros ajustes nas tubulações. Tais modificações podem ser vistas na Figura 35 a seguir:

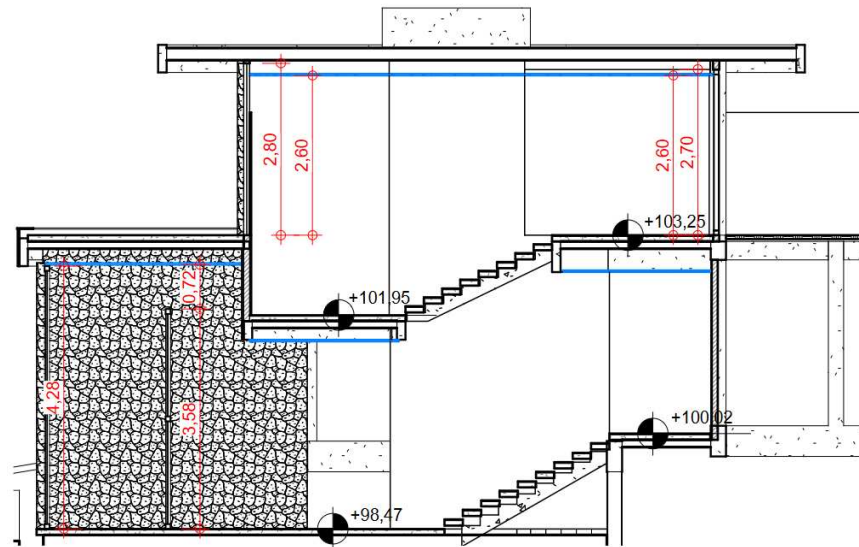
Figura 35 - Modelo *As built* das instalações hidráulicas da casa de Bombas/Cisternas



Fonte: Autor (2023).

Com os erros observados nas plantas de forro no projeto arquitetônico da guarita do condomínio, aliado às modificações estruturais necessárias na eclusa (mudança de nível da eclusa e alteração na altura dos patamares da primeira escada) e no entorno da rampa de entrada do condomínio, foi elaborado um estudo de planta de forro que previa todas estas modificações, como mostrado na Figura 36.

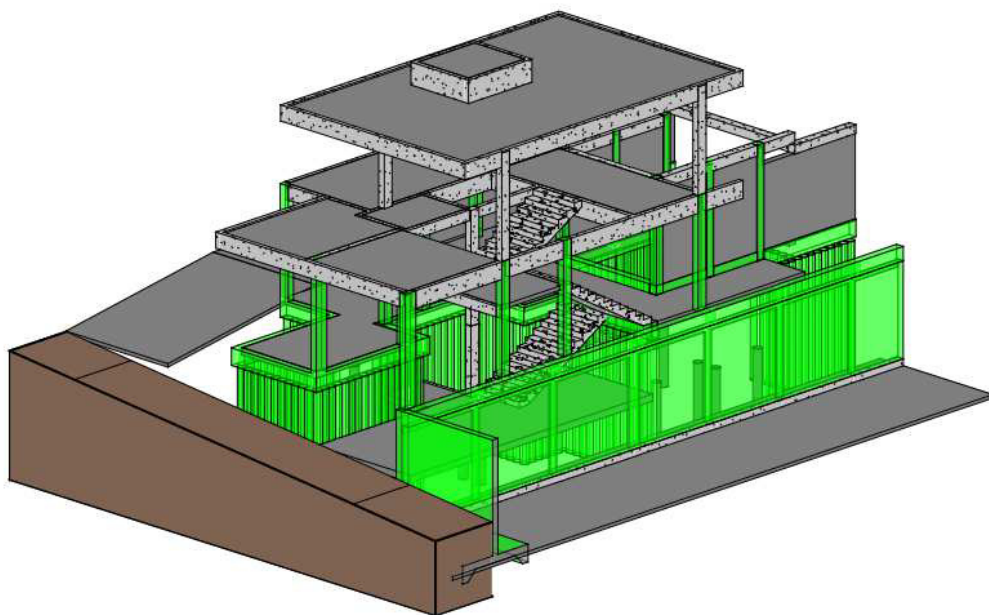
Figura 36 - Corte da planta de forro da Guarita



Fonte: Autor (2023).

Com o projeto estrutura foi possível ser feito um acompanhamento visual do andamento do planejamento de execução da estrutura da guarita, na Figura 37 tem-se um exemplo deste acompanhamento, onde os elementos são hachurados de verde caso sejam executados de acordo com o planejamento.

Figura 37 - Acompanhamento de execução da estrutura da Guarita



Fonte: Autor (2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O escopo de atuação deste trabalho está em torno da análise dos principais problemas oriundos de incompatibilidade entre os projetos de arquitetura e de instalações de um condomínio de alto padrão por meio da metodologia BIM.

Na primeira etapa metodológica, é obtida uma visão ampla da revisão bibliográfica acerca do tema BIM e suas principais funcionalidades, compreensão da geometria de processos da metodologia BIM é essencial para uma correta análise e previsão de erros. Com o estudo de caso fica demonstrado os processos adotados para elaboração das modelagens dos projetos estudados e analisar as incompatibilidades entre as diferentes disciplinas. Dada a proposição de mitigação de erros e correções de projetos por meio das plantas elaboradas é possível analisar a utilização de modelos tridimensionais em obra, sendo a cada disciplina avaliadas a seguir:

A modelagem estrutural auxiliou na obtenção de quantitativos precisos de concreto, servindo de apoio na programação das concretagens e análises de planejamento da execução das estruturas das casas e da área comum.

A modelagem da arquitetura ajudou na compreensão da obra como um todo, desde aspectos gerais, e suporte na identificação de pequenos detalhes, que normalmente não são descritos nos projetos convencionais. Diante da personalização de projetos de layout das casas, a modelagem arquitetônica serve de apoio na avaliação de mudanças bruscas, servindo de ponto de apoio para estudos de compatibilização e que servem de apoio para os projetistas estruturais realizarem as revisões dos projetos, além de ajudar na apuração das variações de serviços de paredes e painéis sendo executados a mais ou a menos do que estipulado no orçamento inicial.

Para as modelagens de instalações, serviram de apoio na quantificação de tubos e conexões, além de se conseguir extrair com mais facilidade as diferenças orçamentárias de tais modificações, ou seja, o BIM serviu para auxiliar na apuração dos custos de personalização para os sistemas de instalações, pois foi possível aferir as quantidades corretas de tubulações e de conexões necessárias. Com tantas conflitos decorrentes de erros de projetos, e principalmente pelas modificações oriundas das atualizações constantes das plantas de layout das casas, a modelagem dos projetos de instalações ajustados serviu como um modelo conforme construído e repassado aos projetistas para correção dos projetos.

Ao classificar e ordenar as soluções encontradas com suporte das modelagens para as fases de projeto e de construção utilizadas no desenvolvimento da obra nas várias dimensões

do BIM pôde-se perceber várias das suas aplicabilidades. Para a dimensão 3D, as modelagens serviram como um modelo de coordenação, uma boa ferramenta para detecção de conflitos e criar um modelo bem mais aproximado do real em comparação aos projetos iniciais. Para a dimensão 4D, o modelo serviu como um bom auxiliador no planejamento físico e controle visual da obra, inclusive para estudos de simulações do sequenciamento das atividades. Já para o modelo 5D, foi possível aferir custos de vários sistemas adotados pela obra, desde custo de materiais de instalações e de outros insumos. Já para dimensão 6D, é possível verificar e estudar soluções do impacto ambiental, desde a escolha dos contêineres de reciclagem de materiais até a melhor localização no canteiro de obras. Para as demais dimensões do BIM não pôde-se chegar a uma análise destas etapas por não ser do escopo deste estudo. A interação entre cada dimensão e as etapas do ciclo de obra pode ser resumidas pelas Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Dimensões do BIM e o ciclo de vida do empreendimento

Dimensão BIM	CICLO DE VIDA DO EMPREENDIMENTO	
	PROJETO	CONSTRUÇÃO
3D	Modelagens, Estudos preliminares, Estudos de viabilidade, detecção de incompatibilidades	Modelo de coordenação, detecção de conflitos, Modelo <i>As built</i> , Medições de obras
4D	Simulações de fases do projeto, Planejamento físico	Planejamento Físico, Acompanhamento visual da obra, simulação de sequenciamento de atividades
5D	Estimativas de custos, Extração de quantitativos, Estudos de viabilidade financeira	Fluxo de caixa, Gompra de insumos e serviços, Simulações de cenários financeiros
6D	Simulações de eficiência, Simulação de impacto ambiental	Controle de desperdícios, Gestão de resíduos

Fonte: Autor (2023).

Ao avaliar as aplicabilidades em relação às etapas do ciclo de vida do empreendimento pode-se notar a versatilidade dos modelos, que um modelo bem construído e dotado de informações adequadas é capaz de servir e ser útil a qualquer etapa de uma obra.

Tabela 3 - Aplicabilidades dos modelos BIM

ETAPAS DO EMPREENDIMENTO	APLICABILIDADE
PROJETO	Utilização dos modelos para simulações de atividades, estudos de viabilidade técnica e financeira de atividades e serviços
CONSTRUÇÃO	Utilização para realizar acompanhamentos da execução de atividade, simulações de atividades, checagem de conflitos entre projeto e construído, além dos modelos As Built
OPERAÇÃO	Auxiliam na operações de manutenção, caso seja necessário algum tipo de manutenção corretiva comparando o executado inicialmente com o necessário.

Fonte: Autor (2023).

Das inúmeras aplicabilidades do BIM em obra que foram observadas, é possível notar a sua especificidade a cada etapa de desenvolvimento de um empreendimento, além de ser uma ferramenta adequada para gerenciar múltiplas atividades e colaboradores, devido a interoperabilidade entre sistemas.

Por fim, pode-se notar os impactos da resolução dos conflitos encontrados por meio da utilização da metodologia BIM, das quais se destacam a facilidade em se analisar conflitos entre diferentes projetos, a praticidade em manter e ajustar um projeto conforme construído, as possibilidades em se estudar e fazer simulações técnico-financeiras de atividades antes da sua execução, também pode-se elencar a praticidade em manter um acompanhamento da execução das atividades planejadas, além da obtenção e extração de quantitativos que podem ser utilizados para estudos ou para ajuste dos orçamentos.

6 CONCLUSÃO

O primeiro objetivo específico foi atingido com sucesso, foi possível listar e demonstrar as principais incompatibilidades entre projetos de arquitetura e de instalações prediais e com isso evidenciar as modificações e ajustes de projetos adotadas em campo para sanar tais problemas.

Para o segundo objetivo específico, foi possível identificar as principais aplicabilidades do BIM em campo ao elencar as utilidades e usos dos modelos 3D e dos produtos deles gerados, como plantas, quantitativos, planejamentos, etc.

Por fim, o terceiro objetivo foi atingido ao avaliar a utilização da metodologia comparando-a ao exposto por pesquisa que estudaram as funcionalidades do BIM entre arquitetura e instalações.

Deste modo, essa pesquisa possibilitou a avaliação do impacto do BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e instalações prediais em uma obra de alto padrão em Fortaleza/CE. Este objetivo foi atingido por meio de um estudo de caso de uma obra de alto padrão de Fortaleza/CE que utilizou da metodologia e de ferramentas em BIM para estudos de compatibilização entre projetos de arquitetura e instalações.

O BIM traz muitas vantagens, seja pela agilidade e facilidade em avaliar ambientes construídos, assim é possível encontrar erros e incompatibilidades ainda nas fases de planejamento, desta maneira é possível diminuir custos de perdas e desperdícios de materiais, diminuir atrasos por imprevistos. Com esta metodologia é possível adentrar cada vez mais nos projetos e aproveitar mais informações que são geradas na fase de projeto e utilizá-las nas fases de execução. A viabilização da metodologia BIM possibilita a diminuição de processos antes repetitivos, demorados e dispendiosos.

REFERÊNCIAS

- ABADI, A. **A study of innovation perception within the construction industry**. Manchester, 2014. Tese (Faculty of Engineering and Physical Sciences) – The University of Manchester, Manchester, 2014.
- ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, R. C. **BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências**. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, p. 602–613, 2009.
- BARRETO, D. G. T. **Análise bibliométrica da produção brasileira de artigos científicos na área de BIM: 2016 a 2022**. Monografia (Especialização), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2022.
- BELLUOMINI, N. **Por dentro da Autodesk Brasil**. Blog Autodesk, 02 JANEIRO 2017. Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/por-dentro-da-autodesk-brasil/2017/01/02/a-evolucao-do-cad/>>. Acesso em: 31 março 2023.
- BIM EXCELLENCE. BIM Dictionary. **BIM Dictionary**, 21 Abril 2021. Disponível em: <<https://bimdictionary.com/en/>>. Acesso em: 15 de agosto 2023.
- BOKMILLER, D.; WHITBREAD, S.; MORRISON, Dan. **Mastering Autodesk Revit MEP 2015**. Indianapolis: Sybex, 2014.
- BRASIL. **Decreto nº 9.983**. Brasília, 22 de agosto de 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm>. Acessado em: 10 de julho de 2023.
- BRASIL. **Decreto nº 10.306**. Brasília, 02 de abril de 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>>. Acessado em: 10 de julho de 2023.
- CAMPESTRINI, T. F., GARRIDO, M. C., & MENDES JÚNIOR, R. **Entendendo BIM: Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015.
- CARMOSA, F. V. F.; CARVALHO, M. T. M. Caracterização da utilização do BIM no Distrito Federal. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p.385-401, out./dez. 2017.
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. [s.l: s.n.]. v. 2. 2008
- EASTMAN, C. et al. **MANUAL DE BIM**. PORTO ALEGRE: BOOKMAN, 2014.
- ERNST & YOUNG. **Estudo sobre a produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil**. 2015. São Paulo
- FIESP. **14º Construbusiness : A cadeia produtiva da construção acelerando a retomada brasileira pós-pandemia**. 2021. São Paulo: [s.n.].

KREIDER, R. G.; MESSNER, J.. **The uses of BIM**: Classifying and Selecting BIM Uses.

University Park: The Pennsylvania State University, 2013.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling**: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. New York: McGraw-Hill Construction Series, 2008.

MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C.; SCHEER, S. **Análise da produção científica brasileira sobre a Modelagem da Informação da Construção**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 359-384, out./dez. 2017.

MACHADO, F. **Soluções BIM Autodesk e Interoperabilidade**. Autodesk. 2019.

Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/mundoaec/solucoes-bim-autodesk-e-interoperabilidade/>>. Acessado em: 18 de novembro de 2023.

MEDEIROS, G. R. L. Projeto de sistemas prediais hidráulicos em BIM: adequação dos métodos de cálculo às normas brasileiras através da programação visual, Fortaleza, 2017.

Acesso em: 20 de novembro 2023

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. Tese de Doutorado. São Paulo, 1994. Disponível em:

<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde09052019-085538/en.php>>. Acessado em: 27 de setembro de 2023.

MIKALDO JR., J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de T.I**. Dissertação de Mestrado. Curitiba, 2006. Disponível em:

<<https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/10393>>site. Acessado em:29 de setembro de 2023.

POIRIER, E.; FORGUES, D.; STAUB-FRENCH, S. **Collaboration through innovation: implications for expertise in the AEC sector**. Construction Management and Economics, v. 34, n. 11, p. 769-789, 2016

Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)/Project Management Institute**. Newtown Square: Project Management Institute, 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.. **Administração da Produção**. Editora Atlas. 2 edição - São Paulo, 2002

SOUSA, F. J. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares - estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Recife, 2010. Disponível em:

<<http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/48>> . Acessado em: 29 de setembro de 2023.

SOUSA, L. H. C. H. Avaliação do BIM e da programação visual no ciclo de vida de um pavimento intertravado. 75 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SUCCAR, B. **Building Information Modelling Framework**: a research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

TIMM, J. F. G.; CASARIN, R. P.; SILVA, D. M. G. da; BELLAVAR, G. B.; PAGNUSSAT, D. T.; VIANA, D. D. **Proposta de ferramenta para diagnóstico do grau de inovação percebido em empresas do ambiente construído**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 7-27, abr./jun. 2023.

WON, J., CHENG, J. C. P., & LEE, G. **Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation**: Case studies in South Korea. Waste Management, 49(1), p. 170-180, 2016.

YONSEI UNIVERSITY ET AL. **Rail BIM 2030 Roadmap**. YONSEI UNIVERSITY, Seodaemin-gu, 17 ago. 2018. Disponível em: <<http://big.yonsei.ac.kr/railbim/>>. Acesso em: 01 de novembro de 2023.