

CLAYTON SILVA JUNIOR
JOÃO CARLOS SILVA COSTA

Compatibilização de projetos com *building information modeling* (BIM) no setor público

CLAYTON SILVA JUNIOR
JOÃO CARLOS SILVA COSTA

Compatibilização de projetos com *building information modeling* (BIM) no setor público


Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Márcia Regina de Freitas

Guaratinguetá
2022

S586c	<p>Silva Junior, Clayton Compatibilização de projetos com <i>Building Information Modeling</i> (BIM) no setor público / Clayton Silva Junior ; João Carlos Silva Costa – Guaratinguetá, 2022. 93 f : il. Bibliografia: f. 87-90</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2022. Orientadora: Profª Drª Márcia Regina de Freitas</p> <p>1. Projetos e construção. 2. Administração de projetos. 3. Construção civil. 4. Obras públicas. I. Costa, João Carlos Silva. II. Título.</p>
-------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

CDU 69

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

CLAYTON SILVA JUNIOR
JOÃO CARLOS SILVA COSTA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO(A) EM ENGENHARIA CIVIL”


APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof.^a Dr.^a ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:

DocuSigned by:

5FAC48E8E11046E...
Prof.^a Dr.^a MÁRCIA REGINA DE FREITAS
Orientadora/UNESP-FEG


Prof.^a Dr.^a. RAQUEL REGINA MARTINI PAULA BARROS
UNESP-FEG


Me.^a. APARECIDA MASSAKO TOMIOKA
Membro Externo

Março de 2022

DADOS CURRICULARES

Clayton Silva Junior

NASCIMENTO 02.10.1998 – Cruzeiro / SP

FILIAÇÃO Clayton Silva
Gesselia Luiza Gouvêa dos Santos

2017/2022 Curso de Graduação

Engenharia Civil - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Guaratinguetá

João Carlos Silva Costa

NASCIMENTO 02.07.1997 – Taubaté / SP

FILIAÇÃO Hilário Costa
Rosana Aparecida Silva

2017/2022 Curso de Graduação

Engenharia Civil - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Guaratinguetá

Dedicamos aos nossos familiares, que jamais deixaram de nos incentivar e nos apoiar nessa etapa das nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Nenhuma batalha é vencida sozinha. No decorrer desta batalha algumas pessoas estiveram ao nosso lado e nos deram forças para continuar buscando a vitória.

Primeiramente agradecemos a Deus, que nos protegeu e nos guiou até a conclusão desta jornada árdua e difícil;

Agradecemos também aos nossos familiares, que não só neste momento, mas em toda a nossa vida estiveram conosco, nos apoiando e nos incentivando a buscar a realização dos nossos sonhos;

Agradecemos à nossa orientadora, *Prof.^a Dr.^a Márcia Regina de Freitas* pelo suporte dado ao longo da elaboração deste trabalho, pela paciência e confiança que depositou em nós;

Agradecemos também a todo o corpo docente deste Campus, professores, técnicos e funcionários que participaram de nossa formação e nos possibilitou a realização deste trabalho que mescla várias disciplinas vistas durante o curso;

Por último, mas não menos importante, agradecemos de forma especial aos funcionários da *Secretaria Municipal de Obras e Serviços (SEOS)* da Prefeitura Municipal de Cruzeiro – SP, principalmente à Arquiteta e Diretora do Setor de Obras *Adriana Grossi Ferrão do Amaral*, ao Engenheiro Eletricista *Edivaldo Cássio da Silva* e ao Engenheiro Civil *Wellington Henrique de Freitas Silva* por disponibilizar seus projetos para a elaboração do nosso trabalho, além de nos ajudar com esclarecimentos e questionamentos a respeito dos mesmos.

*“A sorte não existe. Aquilo a que chamamos sorte
é o cuidado com os pormenores.”*

Winston Churchill

RESUMO

A fase de desenvolvimento de projeto de uma construção é uma das etapas mais cruciais e importantes de uma obra, ao mesmo tempo é onde mais ocorrem erros que impactam diretamente na qualidade, cronograma e custos. No setor público, essa realidade não é diferente, possuindo ainda mais entraves que influenciam na qualidade e desenvolvimento de um projeto, como o processo de contratação, incompatibilidades entre projetos, funcionários desatualizados, dificuldade na integração e gerenciamento das equipes. Frente a essas dificuldades e problemas existentes nos desenvolvimentos de projetos, a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) vem se destacando e mostrando ser de grande importância na indústria da *Arquitetura, Engenharia e Construção* (AEC). O BIM é uma metodologia de desenvolvimento de projetos que associa e anexa informações a um modelo tridimensional com parâmetros e regras bem definidos e possui como suas principais características, um ambiente de trabalho colaborativo e integrado, o que facilita a análise das interferências, coordenação e compatibilização entre os projetos, sendo assim, um modelo BIM é a construção digital de um empreendimento abrangendo todo seu ciclo de vida de acordo com o nível e detalhamento de informações inseridas nele (CAMPBELL, 2006). No Brasil, o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, determina a obrigatoriedade da utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Neste contexto, esse trabalho visa discorrer a respeito da utilização da metodologia BIM, explanando suas principais características. Para isto, um estudo de caso foi realizado utilizando um projeto de reforma e ampliação de uma unidade de *Serviço de Atendimento Móvel de Urgência* (SAMU) da Prefeitura Municipal de Cruzeiro - SP, originalmente desenvolvidos utilizando ferramentas CAD, para a qual apresentar-se-á a modelagem 3D realizada dos projetos Arquitetônico, Elétrico e Hidrossanitário utilizando o software Revit (Autodesk). A análise das interferências e compatibilização entre os projetos utilizando o software Navisworks (Autodesk) também foi desenvolvida, mostrando diversas incompatibilidades. Finalmente, neste estudo pode-se verificar as vantagens e eficiência na utilização da metodologia BIM para a compatibilização de projetos.

PALAVRAS-CHAVE: BIM. Compatibilização. Modelagem. Projeto Público.

ABSTRACT

The project development phase of a construction is one of the most crucial and important stages of a work, at the same time it is where errors occur that directly impact quality, schedule and costs. In the public sector, this reality is no different, having even more obstacles that influence the quality and development of a project, such as the hiring process, incompatibilities between projects, outdated employees, difficulty in integrating and managing teams. Faced with these difficulties and problems in project development, the *Building Information Modeling* (BIM) methodology has been standing out and proving to be of great importance in the *Architecture, Engineering and Construction* (AEC) industry. BIM is a project development methodology that associates and attaches information to a three-dimensional model with well-defined parameters and rules and has as its main characteristics a collaborative and integrated work environment, which facilitates the analysis of interference, coordination and compatibility between projects, therefore, a BIM model is the digital construction of an enterprise covering its entire life cycle according to the level and detail of information inserted in it (CAMPBELL, 2006). In Brazil, Decree No. 10,306, of April 2, 2020, determines the mandatory use of BIM in the direct or indirect execution of engineering works and services, carried out by agencies and entities of the federal public administration. In this context, this work aims to discuss the use of the BIM methodology, explaining its main characteristics. For this, a case study was carried out using a project for the renovation and expansion of a *Mobile Emergency Care Service* (SAMU) unit of the Municipality of Cruzeiro - SP originally developed using CAD tools, for which we will present the 3D modeling performed on Architectural, Electrical and Hydro-sanitary projects using Revit software (Autodesk). The analysis of interferences and compatibility between projects using the Navisworks software (Autodesk) was also developed, showing several incompatibilities. Finally, in this study one can verify the advantages and efficiency in the use of the BIM methodology for the compatibility of projects.

KEYWORDS: BIM. Compatibility. Modeling. Public Project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre intervenção no projeto x custo	29
Figura 2 – Exemplo de sobreposições de projetos no Autocad	31
Figura 3 – Exemplo de sobreposições de projetos 3D (hidráulico x arquitetônico)	31
Figura 4 – Ciclo de vida do empreendimento no modelo BIM	37
Figura 5 – Modelagem e integração das disciplinas do projeto	40
Figura 6 – Detecção de conflitos (<i>clash detection</i>) em um modelo BIM	43
Figura 7 – Fluxograma das atividades	46
Figura 8 – Mapa com a localização do terreno do SAMU	47
Figura 9 – Planta baixa (projeto arquitetônico)	48
Figura 10 – Planta baixa (projeto elétrico)	49
Figura 11 – Planta baixa (projeto hidrossanitário)	50
Figura 12 – Isométrica dos pontos hidráulicos	51
Figura 13 – Planta de cobertura do projeto pluvial	52
Figura 14 – Configuração do menu de importação do arquivo CAD	53
Figura 15 – Planta baixa importada no Revit	54
Figura 16 – Resultado da modelagem 3D do terreno e dos pisos	54
Figura 17 – Resultado da modelagem 3D das paredes e esquadrias	55
Figura 18 – Exemplo do processo de criação do telhado de duas águas	56
Figura 19 – Exemplo do processo de criação do telhado de uma água	57
Figura 20 – Quadros estruturais da cobertura	57
Figura 21 – Resultado da modelagem 3D do projeto arquitetônico	58
Figura 22 – Tela do gerenciador de vínculos	59
Figura 23a – Pontos elétricos em planta no Revit	60
Figura 23b – Pontos elétricos vista 3D	60
Figura 24 – Família criada para o relé fotoelétrico	60
Figura 25 – Família do Quadro de distribuição 18 - 24 disjuntores	61
Figura 26 – Modelagem 3D dos eletrodutos	61
Figura 27 – Planta elétrica no Revit	62
Figura 28 – Modelagem 3D da planta elétrica	62
Figura 29 – Importação de <i>template</i> hidrossanitário	63

Figura 30 – Vinculação com arquitetônico e importação de níveis	64
Figura 31 – Importação de elementos hidrossanitários do projeto arquitetônico	64
Figura 32 – Inserção de elementos hidrossanitários no projeto	65
Figura 33 – Modelagem paramétrica de família de caixa sifonada especial	65
Figura 34 – Planta hidrossanitária no Revit	66
Figura 35 – Vista 3D do projeto hidrossanitário no Revit	66
Figura 36 – Exportação do projeto no Revit para o Navisworks	68
Figura 37 – Importação do arquivo para o Navisworks	68
Figura 38 – Visualização dos projetos no Navisworks	69
Figura 39 – Resultado dos testes de <i>clash</i>	70
Figura 40 – Resultado final de <i>clash</i> entre Arquitetura e Elétrica	71
Figura 41 – <i>Clashes</i> descartados da Arquitetura x Elétrica	72
Figura 42 – <i>Clashes</i> procedentes da Arquitetura x Elétrica	73
Figura 43 – Resultado final de <i>clash</i> entre Arquitetura e Hidrossanitário	74
Figura 44 – <i>Clashes</i> descartados da Arquitetura x Hidrossanitário	75
Figura 45 – <i>Clashes</i> procedentes da Arquitetura x Hidrossanitário	76
Figura 46 – Resultado final de <i>clash</i> entre Elétrica e Hidrossanitário	77
Figura 47 – <i>Clashes</i> procedentes da Elétrica x Hidrossanitário	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas do projeto na construção civil	21
Quadro 2 – Metodologia do trabalho	45
Quadro 3 – Clashes considerados entre Arquitetura x Elétrica	72
Quadro 4 – Clashes considerados entre Arquitetura x Hidrossanitário	75
Quadro 5 – Clashes considerados entre Elétrica x Hidrossanitário	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	Building Information Modeling
IAI	International Alliance of Interoperability
IBRAOP	Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Organization for Standardization
LOD	Level of Development
NBR	Norma Brasileira Registrada
NWC	Navisworks Cache File
NWF	Navisworks Set File
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SEOS	Secretaria Municipal de Obras e Serviços
TCU	Tribunal de Contas da União
UBS	Unidade Básica de Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVAS PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO	16
1.2	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	17
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
3.1.1	Etapas do projeto	19
3.1.1.1	Etapas do projeto – NBR 16636-2	21
3.2	PROJETOS NO SETOR PÚBLICO	24
3.2.1	Regimes de licitação	25
3.2.1.1	Modalidade da licitação	25
3.2.1.1.1	<i>Tipos de licitação</i>	26
3.3	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	27
3.3.1	Importância da compatibilização	28
3.3.2	As principais formas de fazer compatibilização de projetos	30
3.3.3	Desafios e dificuldades	32
3.3.3.1	Desafios e dificuldades no setor público	33
3.3.3.1.1	<i>Processo de contratação</i>	33
3.3.3.1.2	<i>Funcionários desatualizados</i>	34
3.3.3.1.3	<i>Gerenciamento e integração das equipes</i>	34
3.4	A TECNOLOGIA <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> (BIM)	35
3.4.1	o que é BIM?	35
3.4.1.1	Interoperabilidade	37
3.4.1.2	Parametrização	38
3.4.2	Dimensões do BIM	39
3.4.3	Níveis de desenvolvimento (LOD)	41
3.5	COMPATIBILIZAÇÃO COM BIM	42
4	METODOLOGIA	44

4.1	OBJETO DE ESTUDO	46
5	ESTUDO DE CASO DE COMPATIBILIZAÇÃO	48
5.1	APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS BASES EM CAD	48
5.1.1	Apresentação do Projeto Arquitetônico	48
5.1.2	Apresentação do Projeto Elétrico	49
5.1.3	Apresentação do Projeto Hidrossanitário	50
5.2	MODELAGEM USANDO BIM	52
5.2.1	Modelagem do Projeto Arquitetônico	53
5.2.2	Modelagem do Projeto Elétrico	58
5.2.3	Modelagem do Projeto Hidrossanitário	61
5.3	COMPATIBILIZAÇÃO NO NAVISWORKS	67
5.3.1	Software Navisworks	67
5.3.1.1	Importação dos arquivos para o Navisworks	67
5.3.2	Deteção das interferências	69
5.3.2.1	Arquitetura x Elétrica	70
5.3.2.2	Arquitetura x Hidrossanitário	74
5.3.2.3	Elétrica x Hidrossanitário	76
5.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	78
5.4.1	Visão dos envolvidos no projeto	78
5.4.1.1	Clashes do Projeto Elétrico	78
5.4.1.2	Clashes do Projeto Hidrossanitário	79
5.4.1.3	Clashes do Projeto Arquitetônico	80
5.4.1.4	Perguntas sobre a compatibilização em geral	80
5.4.2	Análise dos resultados	82
5.4.2.1	Vantagens	82
5.4.2.2	Desvantagens	83
6	CONCLUSÃO	85
6.1	SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	86
	REFERÊNCIAS	87
	ANEXO A – Autorização de uso dos projetos	91
	ANEXO B – Projetos originais (Projeto Arquitetônico, Projeto Elétrico e Projeto Hidráulico / Hidrossanitário)	93

1 INTRODUÇÃO

As empresas e órgãos públicos que atuam dentro do setor da construção civil estão passando por um período turbulento e de grande instabilidade. Por isso buscam métodos de aperfeiçoamento de suas obras e projetos, a fim de obterem um resultado final de qualidade, porém sem custos excessivos, ou seja, a economia e qualidade recebem o mesmo fator de prioridade.

Um dos meios encontrados para buscar tais objetivos, é um foco maior na concepção e coordenação dos projetos, afinal como diz Nascimento (2013), as crises exigem que os projetos sejam mais inovadores e que atendam às principais necessidades do mercado, atrelando qualidade, eficiência e produtividade.

O projeto tem influência considerável nos custos das edificações, por isso é importante investir tempo em seu desenvolvimento, uma vez que ele será a base para as demais ações. Segundo Carvalho e Junior (2018), para ocorrer uma boa gestão de projetos é necessária uma boa integração entre todas as áreas, em especial com aquelas que fazem parte do triângulo dos objetivos primários – escopo, prazo e custo. Trazendo para um exemplo mais prático dentro da área da construção civil, a solução de conflitos ainda na fase de elaboração do projeto de uma edificação de cerca de 100 m², segundo Chippari (2014), pode vir a reduzir cerca de 5% a 8% nos custos da construção.

Com o foco em melhoramento da fase de concepção dos projetos, a aplicação de ferramentas estratégicas de gestão e coordenação de projetos deve ser primordial. Uma das principais ações para uma boa coordenação de projetos é a compatibilização. Segundo Borges (2019), a compatibilização é uma etapa de extrema importância no planejamento de uma obra de engenharia, uma vez que esta é formada por uma série de projetos multidisciplinares e que ao final do processo de desenvolvimento, precisam necessariamente estar em harmonia. Um dos fatores que torna ainda mais necessária a compatibilização é a própria estruturação do setor de construção civil que, com as especializações em determinadas áreas, os projetos começaram a ser desenvolvidos por pessoas ou equipes diferentes.

Esse fator de concepção individualizada dificulta a comunicação entre os projetistas, aumentando a chance de conflitos entre os projetos. Isso ocorre tanto no setor público quanto no privado, porém no primeiro é mais frequente, uma vez que os setores trabalham de forma independente e às vezes falta comunicação entre eles. Esse fato pode ser observado em um

levantamento do relatório anual de consolidação das fiscalizações de obras do *Tribunal de Contas da União* (TCU), o Fiscobras, que foi postado no site do *Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas* (IBRAOP), onde dentre as três maiores irregularidades nas obras públicas, a segunda mais frequente era projeto básico deficiente, inexistente ou desatualizado, com 1.158 casos (IBRAOP, 2018).

Assim, é necessário que se faça uso do maior número de ferramentas possíveis para minimizar os danos e tornar as obras públicas mais eficazes, uma vez que trabalha com dinheiro de um povo. Desta forma, tem-se no *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem de Informações da Construção, uma das ferramentas principais para auxiliar no processo de compatibilização, uma vez que possibilita comunicação direta entre os setores.

Há também que o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020 (BRASIL, 2020), também conhecido como a lei do BIM, que determina que a partir de janeiro de 2021, esta metodologia seja utilizada na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Neste contexto, esse trabalho é um estudo de caso desenvolvido com o objetivo de mostrar as diferenças entre a compatibilização atual (sem BIM), com o mesmo processo usando ferramentas da metodologia BIM, demonstrando os benefícios incorporados ao processo.

1.1 JUSTIFICATIVAS PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO

A ideia da realização do trabalho, ocorreu durante a execução do estágio de um dos autores dentro do setor público, onde o uso da metodologia tradicional de desenvolvimento e compatibilização de projetos é utilizada. Logo, a fim de propor ideias de melhoramento e minimizar os danos e tornar as obras públicas mais eficazes, optou-se por realizar um estudo de caso, onde por meio de uma comparação direta determinaria as vantagens que a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) traz para a etapa de compatibilização de um projeto. Fator de alta relevância, uma vez que como citado acima no item 1, dentre as três maiores irregularidades nas obras públicas, a segunda mais frequente era projeto básico deficiente, inexistente ou desatualizado, devido a falta de uma compatibilização decente.

Com os dados acima indicados no item 1, este trabalho também acabou se tornando um exemplo prático de uso de softwares BIM dentro do setor público, uma vez que o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020 (BRASIL, 2020), também conhecido como a lei do BIM,

começou a entrar em vigor, desde janeiro de 2021. Assim, a possibilidade de ajudar órgãos públicos a atender tal decreto, também influenciou na escolha do tema deste trabalho.

1.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O estudo se delimita à modelagem 3D, usando o software de modelagem arquitetônica Revit (Autodesk), e sobreposição das modelagens no software Naviswork (Autodesk), dos projetos (arquitetônico, elétrico e hidrossanitário) de reforma e ampliação da unidade de *Serviço de Atendimento Móvel de Urgência* (SAMU) da Prefeitura Municipal de Cruzeiro - SP. Vale ressaltar que os autores não participaram de todas as etapas de dimensionamento e criação dos projetos, assim só foram transportados os projetos do 2D para o 3D.

Logo, apresentaremos os dados obtidos da compatibilização com o software Navisworks (Autodesk), entretanto, cabe ressaltar que já havia sido executada uma compatibilização manual sobre o projeto, assim o novo processo se tornou uma revisão, se atentando mais profundamente aos detalhes, gerando um comparativo direto entre os dois métodos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar a importância da compatibilização e coordenação de projetos e os seus benefícios para o setor público, demonstrando os ganhos incorporados ao processo pela metodologia *Building Information Modeling* (BIM).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desenvolver a modelagem e a compatibilização de projetos de edificações em *Building Information Modeling* (BIM), mostrando o quanto esta metodologia pode trazer em termos de vantagem sobre a metodologia atual;

Citar as tecnologias incorporadas ao BIM que podem ser aplicadas ao processo de compatibilização de projetos para garantir um projeto integrado e com a execução mais controlada;

Demonstrar um exemplo prático do setor público, analisando a visão dos profissionais envolvidos com processos tradicionais de projeto e sua compatibilização, desenvolvendo o processo já realizado da forma tradicional, usando a metodologia BIM;

Fazer a comparação direta entre as metodologias, mostrando vantagens e desvantagens e a conseqüente redução de improvisações na obra e nos custos, por meio dos erros encontrados na compatibilização realizada da forma atual.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O projeto na construção civil é uma das primeiras e mais importantes etapas para a realização de uma construção e conforme define Melhado (1994), o projeto é uma etapa diretamente associada ao processo de construção onde será idealizado toda a concepção do empreendimento abrangendo o uso e definição dos espaços, materiais, tecnologia adotadas e a metodologia construtiva, portanto, é encarregado pela transmissão de todas as informações físicas e tecnológicas necessárias a serem utilizadas na fase de execução.

Já de acordo com a NBR 5670 (ABNT, 1977), o projeto de engenharia e arquitetura é definido como:

Definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições especiais (ABNT, 1977, p. 7).

Também são distinguidos o projeto básico, projeto executivo e o projeto concluído. O projeto básico possui as informações mínimas para a contratação do serviço, o projeto executivo abrange todas as informações essenciais para a execução e o projeto concluído, que também é conhecido como *As Built*, corresponde exatamente à forma como foi construído, ou seja, após as realizações de mudança no decorrer da construção em relação ao projeto executivo (ABNT, 1977).

Além disso, vale destacar que os projetos na construção civil não podem ser entendidos somente pelo viés da engenharia e arquitetura, pois, para a transmissão de todas informações relevantes e necessárias e para o sucesso da construção, essa etapa deve ser vista como uma atividade multidisciplinar envolvendo desde do *marketing*, custos, tecnologia e o próprio processo de produção (MELHADO, 1994).

3.1.1 Etapas do projeto

O desenvolvimento dos projetos de edificação é dividido em etapas, visando o cumprimento dos requisitos regulatórios e legais, e também para um melhor desenvolvimento

das tarefas. Conforme destaca o “Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo” da *Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA)*:

O trabalho desenvolvido em fases permite providenciar, em tempo hábil, as reformulações pertinentes à concretização dos objetivos estabelecidos no programa de necessidades, evitando-se, assim, modificações posteriores que venham onerar o custo do projeto e/ou da execução da obra. Esta prática possibilita também caracterizar, em cada fase, um conjunto de dados e informações que após análises e aprovações, permitem a continuidade das etapas subsequentes de trabalho (AsBEA, 2000, p. 18-19).

Ainda de acordo com o manual da AsBEA (2000), as etapas de desenvolvimento do projeto são:

- I. Levantamento de dados;
- II. Estudo preliminar;
- III. Anteprojeto;
- IV. Projeto legal;
- V. Projeto executivo, subdividido em:
 - a) Pré-executivo;
 - b) Projeto básico;
 - c) Projeto de execução;
 - d) Detalhes de execução.
- VI. Caderno de especificações;
- VII. Compatibilizações / Coordenação / Gerenciamento dos projetos;
- VIII. Assistência à execução da obra;
- IX. Serviços adicionais (opcional).

Não há uma forma exata para a divisão das etapas do desenvolvimento do projeto de uma edificação, que podem variar de acordo com o tipo de obra, tamanho, dificuldade e resultado esperado do projeto. Conforme destaca Mikaldo (2006), porém, mesmo ocorrendo uma divergência entre os autores em relação aos nomes e números de etapas no processo de desenvolvimento do projeto, principalmente no que se refere ao início e fim do mesmo, pode-se perceber certa conformidade entre os autores como Melhado (1994), Tzortzopoulos

(1999), Rodriguez e Heineck (2003) e a NBR 16636-2:2017 (ABNT, 2017), como destacado no Quadro 1 que apresenta as etapas de projeto.

Quadro 1 – Etapas do projeto na construção civil

ETAPAS DO PROCESSO DE PROJETO			
Autores			
Melhado (1994)	NBR 16636-2 (2017)	Tzortzopoulos (1999)	Rodriguez e Heineck (2003)
Idealização	Levantamento	Planejamento e concepção do empreendimento	Planejamento e concepção do empreendimento
	Programa de Necessidades		
	Estudo de viabilidade		
Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar
Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto
Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal
Projeto para produção	Projeto para execução	Projeto executivo	Projeto executivo
Acompanhamento do planejamento e execução	Acompanhamento de obra	Acompanhamento de obra Acompanhamento de uso	Acompanhamento de execução e uso
Retroalimentação a partir da entrega e uso do produto	Acompanhamento de uso		

Fonte: Adaptado de Mikaldo (2006).

3.1.1.1 Etapas do projeto – NBR 16636-2

De acordo com a NBR 16636-2 (ABNT, 2017), as etapas de desenvolvimento de um projeto de edificação são divididas em 8 partes e elas são definidas como apresentado a seguir:

I. Levantamento (LV):

De acordo com Tzortzopoulos (1999), onde essa etapa está inclusa na etapa de planejamento e concepção do empreendimento, o levantamento consiste na pesquisa e inventariação de dados importantes para a elaboração e estudo de viabilidade do projeto.

Conforme destaca a NBR 16636-2 (ABNT, 2017), nessa coleta de informações que tem o intuito de analisar as condições reais existentes e instruir na elaboração do projeto, os seguintes dados são buscados:

- a) Físicos: planialtimétricos, cadastrais (edificações, redes etc.), geológicos, hídricos, ambientais, climáticos, ecológicos e outros;
- b) Técnicos;

- c) Legais e jurídicos;
- d) Sociais;
- e) Econômicos;
- f) Financeiros;
- g) Outros.

II. Programa de necessidades (PN):

De acordo com a NBR 16636-2 (ABNT, 2017) nessa etapa é realizado o levantamento das necessidades e expectativas do usuário e/ou empreendimento que devem ser cumpridas.

Para Tzortzopoulos (1999), o programa de necessidades está incluso na etapa de estudo preliminar e, conforme o autor destaca, essa fase gera um documento muito importante, pois neste documento encontram-se os principais aspectos e características do empreendimento a ser construído.

III. Estudo de viabilidade (EV):

De acordo com a NBR 16636-2 (ABNT, 2017) nessa etapa são analisados todos os dados e informações coletados para selecionar as alternativas para o desenvolvimento da construção e seus elementos.

No faseamento das etapas de Tzortzopoulos (1999), o estudo de viabilidade se encontra na etapa de planejamento e concepção do empreendimento e, conforme é destacado, essa etapa é desenvolvida com base nas informações coletadas no levantamento e estudo preliminar, e possuem os seguintes aspectos:

- Análise da viabilidade econômica - Está atrelado ao padrão desejado para a construção, onde são analisados os aspectos como o investimento necessário, custos da produção, taxa de retorno prevista e preço de venda.
- Análise da viabilidade técnica e legal – Nessa etapa é verificada toda documentação do terreno onde será realizado o empreendimento e também são analisadas as condições físicas do mesmo e as soluções propostas para a construção.

IV. Estudo preliminar (EP):

De acordo com a NBR 16636-2 (ABNT, 2017) nessa etapa é feita a concepção e a representação do conjunto de informações técnicas que definirão o projeto no futuro, pode existir ideias extras que serão analisadas futuramente.

Conforme destaca Tzortzopoulos (1999), nessa etapa ocorre uma primeira definição do empreendimento, visando atender às necessidades do cliente e também obedecer aos requisitos legais e necessários para a aprovação do projeto.

V. Anteprojeto (AP) e/ou pré-execução (PR):

Conforme destacado na norma NBR 16636-2 (ABNT, 2017), o anteprojeto é definido como:

Etapa destinada à concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, necessárias ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obra implicados (ABNT, 1995, p.4).

Conforme complementa Tzortzopoulos (1999), nessa etapa é muito importante que o projeto seja desenvolvido de forma correlacionadas entre os projetistas e compatibilizado com as diferentes disciplinas, Além disso, o projeto deve ser aprovado pelos clientes nessa etapa antes de ser elaborado o projeto legal.

VI. Projeto legal (PL):

Nessa etapa o projeto deve conter todas as informações pertinentes e necessárias para a aprovação do mesmo pelos órgãos competentes, sendo assim, o projeto deve estar de acordo com as leis e critérios vigentes para que seja possível a obtenção dos documentos como licenças e alvarás, que permitam o início da construção (ABNT, 1995).

VII. Projeto básico (PB) (opcional):

Conforme a própria norma destaca, essa é uma etapa opcional e, de acordo com a NBR 16636-2 (ABNT, 2017), nessa fase ocorre a apresentação das mínimas informações técnicas das edificações que são necessárias para realizar a contratação dos serviços pertinentes ao projeto.

VIII. Projeto para execução (PE):

De acordo com a NBR 16636-2 (ABNT, 2017), o projeto para execução ou projeto executivo, como é comumente conhecido, é a etapa destinada à concepção e à representação final das informações técnicas da edificação necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes.

3.2 PROJETOS NO SETOR PÚBLICO

De acordo com a Lei Federal nº 8.666, de 21 de junho de 1993 (BRASIL, 1993), que instituiu as normas para licitações e contratos da Administração Pública, em seu primeiro parágrafo do Art. 6º, a obra pública é definida como “toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação, realizada por execução direta ou indireta” (BRASIL, 1993).

Segundo TCU (2014), a execução direta é aquela em que a obra é executada com os próprios recursos da união, ou seja, utilizando a própria mão de obra. Já a execução indireta é aquela em que a execução é realizada por um terceiro e ocorre por meio de um processo de contratação chamado de licitação.

O processo de licitação é realizado por meio de um edital e, conforme destaca TCU (2014), ele é um documento que está de acordo com a lei vigente que determina os processos de licitação e nele estão contidas todas as informações, determinações, critérios etc., necessárias para a participação do processo e desenvolvimento do projeto.

Vale destacar que em 1º de abril de 2021, a nova Lei de Licitação – nº 14.133/2021 (BRASIL, 2021) foi publicada substituindo a Lei Federal nº 8.666/1993 (BRASIL, 1993), trazendo novas regras e atualizações, além de unificar as informações de licitações e contratos administrativos que também estavam dispostas na Lei do Pregão – nº 10.520/2002 (BRASIL, 2002) e a lei que instituiu o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – nº 12.462/2011 (BRASIL, 2011). Essa nova lei também destaca, em seu Art. 18. § 3º, a respeito da utilização do *Building Information Modeling* (BIM):

Nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura, sempre que adequada ao objeto da licitação, será preferencialmente adotada a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modelling* - BIM) ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados que venham a substituí-la (BRASIL, 2021).

Na lei 14.133/2021 (BRASIL, 2021), em seu art. 6º, são definidas todas as informações que devem estar inclusas no edital, dentre as quais algumas delas são: descrição do objeto da licitação; modalidade, regime e tipo da licitação; prazo e condições para assinatura do contrato e entrega do empreendimento; penalidades; condições para participação; critério de julgamento; condições de pagamento e outras informações e critérios que estão dispostas na lei.

3.2.1 Regimes de licitação

Conforme destaca TCU (2014), os regimes de contratação podem acontecer pelos seguintes processos:

- **Empreitada por preço global:** nesse regime a contratada recebe um valor único e determinado pela realização da obra ou serviço;
- **Empreitada por preço unitário:** nesse regime a contratada recebe um valor pré-determinado por unidades de execução da obra ou serviço;
- **Tarefa:** esse tipo de contratação acontece para contratação de mão de obra para serviços pequenos;
- **Empreitada integral:** esse tipo de contratação corresponde a todas as etapas e serviços da obra, ou seja, a empresa contratada é integralmente responsável pela realização de toda a obra.

Além dos regimes de contratação já citados, de acordo com a nova Lei de Licitação nº 14.133/2021 (BRASIL, 2021), ela também traz os regimes de contratação integrada, contratação semi-integrada e fornecimento e prestação de serviço associado.

3.2.1.1 Modalidade da licitação

Conforme destaca TCU (2014), a complexidade do empreendimento tem grande influência na escolha da modalidade da licitação, pois acaba movimentando um valor maior e também gera maiores exigências técnicas para a execução. Na antiga Lei de Licitação nº 8.666/1993 (BRASIL, 1993), as modalidades eram definidas tanto pela complexidade quanto

por faixa de preços, porém, de acordo com o novo documento, o valor não é mais um fator de definição. As modalidades de licitação são estabelecidas pelo art. 28 da lei nº 14.133/2021 (BRASIL, 2021), onde são estabelecidas as seguintes modalidades:

- **Pregão:** Essa modalidade é utilizada para a contratação de bens ou serviços comuns, onde os padrões de qualidade e desempenho são possíveis de definição comuns ao mercado;
- **Concorrência:** Nesse tipo de modalidade, todos e quaisquer interessados que possuam as habilitações exigidas pelo edital podem participar;
- **Concurso:** Nessa modalidade, o edital deve ser publicado com no mínimo 45 dias de antecedência na imprensa oficial e é destinada para contratação de trabalho remunerado ou premiação para serviços técnico, científico ou artístico;
- **Leilão:** Essa modalidade de licitação nada mais é do que a venda de imóveis que não são mais utilizados pela administração, ou de bens e produtos que foram apreendidos ou penhorados por determinação da justiça;
- **Diálogo competitivo:** Essa modalidade é utilizada em casos onde há a necessidade de inovação tecnológica ou técnica, insuficiência da aplicação das técnicas ou tecnologias existentes no mercado sem determinadas adaptações, e em casos onde a Administração não consegue definir com precisão as especificações.

3.2.1.1.1 Tipos de licitação

Diferentemente da modalidade da licitação que define como será o processo de aderência das partes interessadas e que leva em consideração também a complexidade e valor do objeto de licitação, o tipo de licitação define qual será o principal critério, ou critérios, para definir o vencedor do processo. De acordo com o § 1º do art. 45 da lei nº 14.133/2021 (BRASIL, 2021), são definidos os seguintes tipos de licitação:

- a) **Menor preço:** Nesse tipo de licitação o vencedor é aquele em que sua proposta apresente o menor preço, entretanto, mesmo assim deve estar de acordo com todos os requisitos e especificações dispostas no edital;

- b) **Melhor técnica:** Nesse tipo de licitação é levado em consideração, como principal fator determinante do vencedor, aquele que apresente melhor técnica. Esse tipo de licitação ocorre principalmente para empreendimentos muito complexos e específicos;
- c) **Técnica e preço:** Esse tipo de licitação é o mais utilizado para a aquisição de serviços complexos, no qual além de ser fundamental a capacidade técnica das partes interessadas, também é levado em consideração o menor preço da proposta, portanto, o vencedor é aquele ao qual está associada a melhor técnica, ou suficiente para o projeto, e com o menor preço;
- d) **Maior retorno econômico:** Esse tipo de critério de julgamento é imposto nos casos onde é analisada a eficiência do contrato, considerando a maior economia para a Administração.
- e) **Maior desconto:** Nesse tipo de critério de julgamento, assim como no de menor preço, todos os requisitos do edital devem ser contemplados. O vencedor, nesse caso, é aquele onde atenda a todos os requisitos e traga a menor despesa para a Administração, provenientes de eventuais termos aditivos.

3.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Existem muitas definições e maneiras de se explicar o conceito de compatibilização de projetos, pois é uma técnica usada há muito tempo e que foi evoluindo com o tempo. Logo, podemos definir, segundo Chippari (2014), que a compatibilização de projetos consiste em um modo de analisar todos os projetos que fazem parte de uma edificação e solucionar possíveis interferências existentes entre eles, assim integrando todos os sistemas de maneira homogênea.

A ação de compatibilizar é verificar se os componentes dos sistemas ocupam espaços conflitantes entre si e, assim, garantir que os dados compartilhados tenham conexão e sejam seguros até o término do projeto (GRAZIANO, 2003).

Resumindo, compatibilização é como se todos os projetos fossem sobrepostos, e analisados juntos, parte a parte, para encontrar as irregularidades. Pode-se fazer a compatibilização entre diversos projetos como: estrutural, arquitetônico, hidráulico, impermeabilização, elétrico, telefonia, topográfico, paisagismo, prevenção de incêndios etc.

Nos últimos anos, o estudo a respeito de compatibilização de projetos foi intensificado devido ao avanço dos softwares *Building Information Modeling* (BIM) e de técnicas de engenharia simultânea, que vêm produzindo otimização dos processos de compatibilização (BORGES, 2019).

O procedimento de compatibilização de projetos, para Salgado (2007), relaciona-se à coordenação de projetos, com o intuito de conciliar todos os componentes que interagem nos elementos verticais e horizontais de uma edificação.

A coordenação é o planejamento do processo de projeto. Envolve a interação entre os diversos projetistas, desde as primeiras etapas do processo de projeto, no sentido de discutir e viabilizar soluções, pois sempre existe a possibilidade de discrepâncias ou incoerências entre as informações produzidas por diferentes membros da equipe de projeto. (ARAÚJO, 2015).

Para Salgado (2007), a coordenação deve anteceder à compatibilização para que haja ganhos em termos da qualidade e racionalização das soluções de projeto. Já a compatibilização deve acontecer quando os projetos já estão concebidos, para que possíveis erros sejam detectados.

Logo, são processos complementares e ambos devem ser administrados ou executados pelo mesmo responsável, que será o coordenador de projetos, uma vez que este tem amplo conhecimento multidisciplinar (incluindo produto e produção) e uma elevada capacidade de gerenciar o processo e integrar os profissionais das equipes de projeto e seus trabalhos (MELHADO *et al.*, 2005).

O coordenador de projetos não deve ser visto como um custo extra e sim deve ser considerado um investimento, visto que é nesta fase onde se pode antever dificuldades de execução, eliminando retrabalhos posteriores e racionalizando custos em obra (ARAÚJO, 2015).

3.3.1 Importância da compatibilização

A compatibilização permite a identificação das interferências, correção de desenhos e documentos, logo, se torna a principal ferramenta da análise final dos projetos, possibilitando a redução de custos e prazos, bem como garantindo a boa funcionalidade da obra (GRAZIANO, 2003).

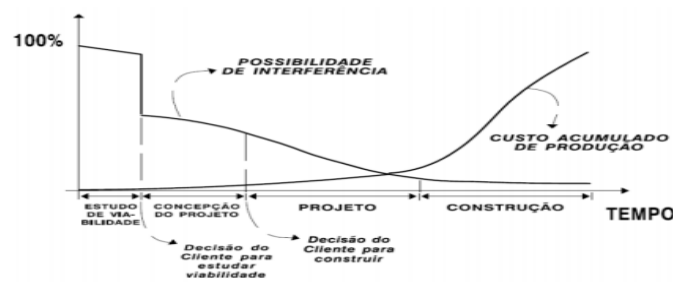
Assim, é um processo que facilita a execução e a posterior manutenção das construções, sendo essa uma das principais vantagens fornecidas pela compatibilização. Como diz Lima (2019), as análises antecipam os problemas futuros, diminuindo retrabalhos, incompatibilidades, falhas que seriam detectadas apenas durante a execução onde, para reparo destes problemas, aumentaria-se o custo do empreendimento, tornando-o mais caro frente a outros empreendimentos.

Isso pode ser analisado na Figura 1, onde as curvas representam a relação existente entre a possibilidade de intervenção durante as fases do projeto com os custos que essas interferências causam. Segundo Fabrício¹ (2002 apud ÁVILA, 2011, p. 18), essa imagem nos informa de maneira objetiva, que mudanças durante as fases iniciais da elaboração do projeto, que são aquelas onde ocorrem os estudos, pesquisas, checagem de normas e leis, geram menores custos, pois não tem nenhum parâmetro definido, então, pode ocorrer mudanças no projeto sem gerar custos extras.

Por outro lado, conforme Fabrício (2002 apud ÁVILA, 2011, p. 18), já as mudanças durante a fase final que é a construção, os custos para intervenções (realização das mudanças) são muito mais altos, uma vez que o projeto já está com seus parâmetros (dimensões, materiais, quantidade etc.) definidos.

Uma observação importante nessa imagem, segundo Fabrício¹ (2002 apud ÁVILA, 2011, p. 18), é que a compatibilização de projetos estaria um pouco antes do ponto de intersecção das curvas, pois a partir dele, diminui a possibilidade de interferências e começa a aumentar os custos, sendo a última parte onde ainda é possível realizar interferência sem gerar perdas.

Figura 1 – Relação entre intervenção no projeto x custo



Fonte: Fabrício¹ (2002) apud Ávila (2011).

¹ FABRÍCIO, Márcio Minto. **O Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia), USP, São Paulo, 2002 apud ÁVILA, Vinicius M. **Compatibilização de Projetos na Construção Civil – Estudo de Caso em um Edifício Residencial Multifamiliar**. Monografia, UFMG, 2011

Em números, a compatibilização de projetos teria uma relação, segundo Chippari (2014), de requerer investimentos que podem representar de 1% a 2% do custo da obra, mas gerar diminuição de despesas que varia de 5% a 8% desse mesmo custo.

Essa relevância da compatibilização no custo pode ser explicada por meio dos desperdícios que a falta desta pode causar. Rodriguez e Heineck (2003) afirma que a falta de compatibilização pode contribuir para a elevação de custos devido ao desperdício com:

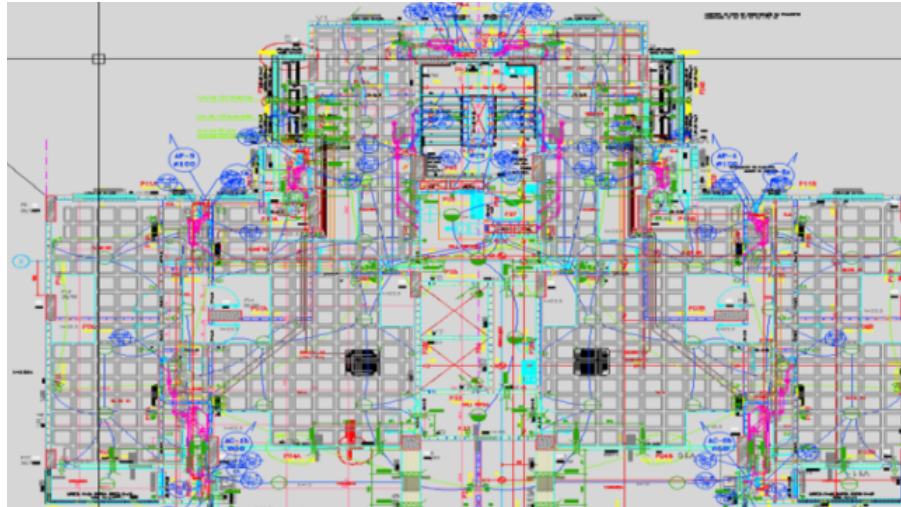
- Superdimensionamento ou subdimensionamento dos sistemas;
- Atrasos e retrabalhos devido a interferências entre os projetos, ou por falta ou incorreção de informações;
- Desperdícios de recursos materiais e de mão de obra para a operação e a manutenção.

3.3.2 As principais formas de fazer compatibilização de projetos

Como já mencionado, a compatibilização de projetos é muito antiga e vem evoluindo com o passar do tempo, junto às tecnologias. Existem 3 métodos principais de compatibilização, que são:

- **Manual com projetos impressos:** O método conhecido mais simples e antigo, no qual as pranchas são impressas, comparadas e analisadas a olho nu, ou até mesmo durante a execução dos projetos com uma conversa entre as partes. Segundo Gonçalves Júnior (2020), esse método é desvantajoso pela demora e altos riscos de erros, devido ao grande volume de informações que devem ser verificadas.
- **Com programas CAD 2D:** Utilizando o efeito de sobreposição do software AutoCad (Autodesk), como mostrado na Figura 2, assim, consegue-se analisar onde ocorrem os problemas de interferências, mas ainda é um método onde deve-se analisar a olho nu os projetos sobrepostos. O que dificulta esse método, segundo Gonçalves Júnior (2020), é que os desenhos não ficam legíveis com a sobreposição, assim fica difícil analisar todos os detalhes de plantas, cortes e elevações;

Figura 2 – Exemplo de sobreposições de projetos no AutoCad



Fonte: Gonçalves Júnior (2020).

- **Com modelagem de informação (3D e BIM):** Essa é a maneira mais recente de realizar a compatibilização de projetos na construção civil. Segundo Gonçalves Júnior (2020), ela é vantajosa em relação às demais, pois além do desenho em 3 dimensões, a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) permite incluir elementos paramétricos, ou seja, ele une desenho aos dados necessários para se avaliar interferências, antecipar problemas e para garantir a execução eficiente do projeto. Na Figura 3 é apresentado um exemplo de compatibilização em 3D.

Figura 3 – Exemplo de sobreposições de projetos 3D (hidráulico x arquitetônico)



Fonte: Gonçalves Júnior (2020).

3.3.3 Desafios e dificuldades

Conhecendo a compatibilização de projetos e seus processos, percebemos que é um processo que diminui erros durante a execução, diminui atrasos e custos, além de fornecer um trabalho mais limpo e objetivo (LIMA, 2019). Porém, mesmo com as vantagens e importância da compatibilização de projetos, a sua implementação não é algo simples.

Os principais problemas encontrados nos escritórios, quanto à implantação da compatibilização, são a carência de tempo, processos manuais, conhecimentos multidisciplinares e falta de integração da equipe (BORGES, 2019). Então, os desafios principais que impedem a incorporação do processo de compatibilização na rotina da construção civil brasileira, em geral são:

- **Carência de tempo:** Com a concorrência do mercado cada vez maior, os cronogramas vão se tornando mais apertados, pois os clientes sempre buscam obras mais rápidas e, com isso, a etapa de análise de interferências de projetos fica em segundo plano (BORGES, 2019). Segundo Gonçalves Júnior (2020), para uma boa eficiência na hora da execução, é necessário levar um bom tempo na análise final dos projetos, pois é preciso reunir os diversos desenhos criados, estudá-los com atenção e corrigir possíveis falhas que possam comprometer a integração dos projetos e execução da obra;
- **Processos manuais:** Esse desafio tem muita relação com a defasagem tecnológica, já que muitos profissionais ainda utilizam métodos mais antigos, como os já citados no item 3.3.2. Além de demorada, essas tarefas manuais são mais propensas a erros, devido ao grande número de detalhes e informações que precisam ser analisadas (JUNIOR, 2020);
- **Multidisciplinaridade:** Segundo Araújo (2015), para executar uma compatibilização não basta somente comparar desenhos para checar as interferências, é necessário ter embasamento técnico para analisar as informações e sugerir melhorias. Sendo assim, muitas vezes os profissionais envolvidos não possuem tais capacidades e geram uma compatibilização ruim;
- **Integração da equipe:** É preciso reunir as partes envolvidas para estabelecer um fluxo de comunicação entre a equipe para manter um padrão e assim facilitar a

compatibilização geral. Para Gonçalves Júnior (2020), deve-se pensar em um novo fluxo de trabalho, de tal forma a estimular a colaboração entre os profissionais envolvidos para garantir uma análise adequada dos projetos. Isso tudo está relacionado com o conceito de engenharia simultânea, que engloba a cooperação e o consenso entre os envolvidos no desenvolvimento do projeto, o emprego de recursos computacionais e a utilização de metodologias (BORGES, 2019).

3.3.3.1 Desafios e dificuldades no setor público

Como visto, são vários os desafios na compatibilização de projetos, os quais envolvem a tecnologia, os próprios projetistas ou até mesmo a ideia de compatibilização atual da construção civil brasileira. Esses desafios mais gerais valem tanto para o setor público quanto para empresas privadas, porém, o setor público enfrenta mais alguns desafios para implementação da compatibilização (JUNIOR, 2020).

No caso de órgãos públicos, diferentemente da iniciativa privada, existem peculiaridades, às quais a compatibilização de projetos traz desafios específicos e complexos devido a processos que antecedem o projeto, como é o caso das licitações (JUNIOR, 2020).

Com isso o setor público enfrenta dificuldades específicas, devido ao seu método de contratação e também de criação de projetos, entre eles podemos destacar o processo de contratação, funcionários desatualizados e o gerenciamento e integração das equipes.

3.3.3.1.1 Processo de contratação

Um dos processos de contratações mais utilizados pelos órgãos públicos é o da licitação, para o qual deve-se seguir a Lei de Licitações 14.133/2021 (BRASIL, 2021), como já explicitado na seção 3.2 deste texto. Para Ávila (2011), nesse processo os responsáveis pela elaboração de uma licitação buscam ser assertivos no detalhamento do trabalho e nos entregáveis, pois a empresa ganhadora trabalhará sobre estes, não havendo uma análise por parte dela.

Já para Gonçalves Júnior (2020), no processo de licitação há diversas questões burocráticas que envolvem a contratação de projetos por órgãos públicos, e o nível de exigência e detalhes desses documentos acabam tornando a construção de uma licitação em

uma tarefa desafiadora, principalmente pela complexidade no levantamento dos requisitos. Sendo assim, falta prazo para integração, pois as empresas concorrentes buscam ofertar o menor preço e, às vezes, a qualidade é deixada de lado.

3.3.3.1.2 Funcionários desatualizados

Segundo Rodriguez e Heineck (2003), é muito comum encontrarmos no setor da construção civil pública, equipes enraizadas em processos antigos e que não possuem conhecimento de novas metodologias, pois se acostumaram a trabalhar desta forma, por terem estabilidade no serviço público, não procuram novos aprendizados.

Profissionais que ficam na “zona de conforto” de processos tradicionais em CAD 2D, já estabelecidos na organização pública, reagentes a mudanças e com o medo do desconhecido e sua curva de aprendizado, atrapalham a inserção de novas ideias (BORGES, 2019).

Para Arguelhes (2020), apesar dos diversos entraves que ainda existem para a adoção do BIM, a tecnologia de modelagem de informações consegue automatizar os processos de análise e aumentar a confiabilidade da compatibilização e, assim, ajudar o setor público nesse quesito de defasagem.

3.3.3.1.3 Gerenciamento e integração das equipes

Assim como já dito no item 3.3.3, um dos problemas gerais que a construção civil brasileira enfrenta é a falta de integração entre equipes de projetistas, sendo assim, no setor público este problema também aparece.

Na esfera pública esse desafio possui algumas ressalvas porque na abertura de licitação de projeto de uma edificação, devido à diversidade de especialidades e disciplinas, normalmente poucos escritórios irão conseguir contemplar todas as exigências (JUNIOR, 2020).

O que ocorre na prática é que empresas contratam outras empresas, sendo assim, a intermediação entre essas vias fica difícil para os gestores. Para Salgado (2007), a execução de alguma correção em projetos de equipes distintas é uma ação muito trabalhosa, pois deve-se entrar em contato com diversas empresas para se atualizar os projetos.

Para os gestores de obras públicas, por exemplo, quando eles não acompanharam as elaborações de todos os projetos, mas ficam responsáveis pela fiscalização do andamento da obra completa, a integração dos setores desde o início da elaboração dos projetos é um ponto crucial, pois é de grande responsabilidade garantir que a qualidade das entregas atenda aos requisitos exigidos no escopo da contratação (ARAÚJO, 2015).

Essa tarefa deve ser feita com atenção e exige um grande esforço e organização das equipes. Segundo Nascimento (2013), caso sejam encontrados problemas, os mesmos devem ser reportados com urgência para que as equipes de projetos resolvam, caso contrário pode-se ter consequências danosas.

3.4 A TECNOLOGIA *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)

3.4.1 O que é BIM?

Modelagem de Informação da Construção é a tradução recomendada pela NBR ISO 12006-2:2018 (ABNT, 2018) para a tecnologia conhecida como *Building Information Modeling* (BIM) que, de acordo com Mello (2012), é um processo tecnológico que tem como fundamento o uso e incorporação de informações computacionais associados em modelos tridimensionais e que permitem o desenvolvimento e gerenciamento de projetos com maior eficiência, qualidade, assertividade, economia e redução de impactos ambientais.

Já para Eastman *et al.* (2014), BIM é entendido como uma tecnologia que possui informações e processos para produzir, integrar e analisar o que se chama de modelos de construção que possuem as seguintes características:

- **Componentes de construção:** são os elementos e representações digitais inteligentes, bem definidos e claros a respeito de sua constituição e que também podem ser associados e parametrizados;
- **Dados consistentes e não redundantes:** significa que qualquer alteração em um determinado dado, automaticamente implica na alteração desses mesmos dados em todas as suas visualizações;

- **Dados coordenados:** está relacionado com o item anterior, ou seja, todas as visualizações de um determinado modelo e seus dados são representadas de forma coordenada.

Segundo Campbell (2006), onde ele se baseia na definição de uma construtora americana, M.A. Mortenson Company, para definir BIM como “uma simulação inteligente de arquitetura” e que possui como características principais os seguintes pontos:

Digital; Espacial (3D); Mensurável (quantificável, dimensionável e consultável); Abrangente (incorporando e comunicando a intenção de projeto, o desempenho da construção, a construtibilidade, e inclui aspectos sequenciais e financeiros de meios e métodos); Acessível (a toda a equipe do empreendimento e ao proprietário por meio de uma interface interoperável e intuitiva); Durável (utilizável ao longo de todas as fases de vida de uma edificação) (CAMPBELL, 2006, p.1).

Conforme podemos observar, com as características de BIM citadas pelos autores, fica claro que essa tecnologia envolve muitas informações e critérios nos modelos e, por isso diversos softwares e outras tecnologias não se encaixam em sua conceituação. Segundo Eastman *et al.* (2014), as seguintes características não abrangem a tecnologia BIM:

- **Modelos que só contêm dados 3D**, ou seja, funcionam apenas como elementos gráficos e não agregam informações para integração e análises;
- **Modelos sem suporte para comportamento**, ou seja, os objetos definidos no modelo não são aplicáveis a mudanças de posicionamento e dimensão, portanto, não são parametrizados;
- **Modelos constituídos por vários arquivos CAD 2D para definir a construção e um modelo 3D**, dessa forma não se garante a consistência nos dados e confiabilidade do modelo;
- **Modelos cuja alteração de um objeto em determinada vista não se replica para as demais**, ou seja, alterações em uma dimensão ou propriedade que não se aplica automaticamente nas demais vistas, permite que o modelo seja passível de inconsistências.

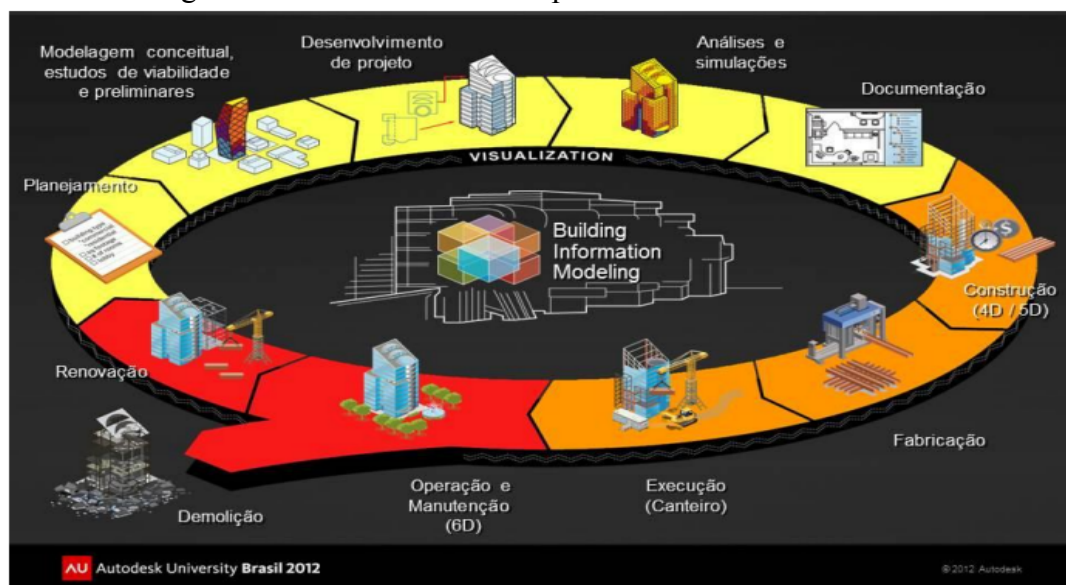
Por meio da utilização da metodologia BIM podemos então desenvolver uma edificação de forma totalmente virtual, um modelo fiel com informações e dimensões precisas que

auxiliarão na construção e em todo o ciclo de vida do empreendimento. Podemos observar na Figura 4, e conforme também é destacado por Mello (2012), que a utilização de BIM é compreendida por todo o ciclo de vida de um empreendimento desde seu planejamento e concepção, até sua manutenção/operação.

3.4.1.1 Interoperabilidade

Conforme destaca Eastman *et al.* (2014), a interoperabilidade facilita o intercâmbio de informações, eliminando retrabalhos e a imputação de dados que já foram inseridos em determinada fase do projeto e assim facilita o fluxo de trabalho, pois, atividades como arquitetura e construção são colaborativas e as ferramentas e softwares utilizados também são.

Figura 4 – Ciclo de vida do empreendimento no modelo BIM



Fonte: Mello (2012).

A interoperabilidade do BIM é a sua capacidade de extrair e intercambiar os dados do modelo construídos em diferentes softwares, mantendo a integridade das informações, pois, conforme destaca Maria (2008), durante o desenvolvimento de um projeto é comum que existam ferramentas e softwares distintos e específicos para determinada aplicação e a interoperabilidade visa padronizar a exportação dos dados contidos no modelo, visando o mínimo de perda de informações.

Uma das formas desenvolvidas para a padronização do intercâmbio das informações no modelo BIM é o arquivo conhecido como *Industry Foundation Classes* (IFC). O IFC foi desenvolvido pela *Internacional Alliance of Interoperability* (IAI) em 1994 com o objetivo de ser uma extensão capaz de representar os dados e informações de maneira consistente dos modelos de construção para a intercambialidade entre os softwares (EASTMAN *et al.*, 2014).

Conforme destaca Maria (2008), o IFC é *Open source* (fonte aberta), possui suporte por grande parte das aplicações em CAD/BIM e é endossada pela International Organization for Standardization (ISO) como a extensão padrão mundial para o intercâmbio de dados e informações relacionadas às aplicações de *Arquitetura, Engenharia e Construção* (AEC).

3.4.1.2 Parametrização

Outra característica fundamental para entendermos a tecnologia BIM é a utilização de objetos paramétricos. Os objetos paramétricos são definidos como objetos que possuem uma geometria e dados associados a determinadas regras, sendo assim, estes funcionam de forma integrada e uma modificação em determinada vista ou planta refletirá nas demais e, assim, não permite inconsistências no modelo (CAMPBELL, 2006).

A utilização da modelagem paramétrica concede uma melhor praticidade e confiança nas modificações, como é citado por Eastman *et al.* (2014):

Ela não representa objetos com geometrias e propriedades fixas. Ao contrário, ela representa objetos por parâmetros e regras que determinam a geometria, assim como algumas propriedades e características não geométricas. Os parâmetros e as regras permitem que os objetos se atualizem automaticamente de acordo com o controle do usuário ou mudanças de contexto (EASTMAN *et al.*, 2014, p.25).

Outra característica da modelagem paramétrica é que é projetada uma família ou classe de elemento que contém regras, relações e parâmetros como distâncias, ângulos etc. Isso permite a variação e modificações dos objetos pelo usuário, mantendo os critérios que foram estabelecidos para essa família e, caso ocorram modificações que não satisfaçam a esses critérios, o usuário é alertado (EASTMAN *et al.*, 2014).

A modelagem paramétrica também permite que o usuário crie famílias de objetos que são frequentemente utilizadas em seus projetos e, conforme destaca Maria (2008), permite também que as próprias empresas e fornecedores desenvolvam famílias de seus produtos e

criem um catálogo virtual, disponibilizando-as para os interessados que podem baixar o arquivo e utilizar em seus projetos e modelos.

Empresas como Tigre, Amanco, Deca e outras diversas já possuem uma biblioteca virtual com alguns de seus produtos, sendo essa uma tendência crescente no mercado adotada pelas empresas. Além disso, existem diversos *sites* como a “Plataforma BIM BR” e “BIM Object” que possuem uma grande variedade de famílias disponíveis para serem utilizadas.

3.4.2 Dimensões do BIM

O processo de utilização da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) pode ocorrer em diversos níveis de desenvolvimento e dimensões, uma vez que possui uma grande variedade de aplicações. Uma das classificações ocorre por meio das dimensões, conhecidas como D's do BIM, sendo está uma classificação comercial, indo da 2D até 8D, onde segundo Silva, Balz, Pedrozo (2021), elas são nomeadas da seguinte forma, respectivamente, em ordem crescente:

- **Representação ou Documentação:** Nessa dimensão é muito semelhante ao que se possui nos projetos desenvolvidos em CAD, ou seja, são as pranchas tradicionais, documentos, detalhamentos etc;
- **Modelo Paramétrico:** Essa dimensão consiste na representação 3D dos elementos em sistemas parametrizados. Como já abordado anteriormente, os elementos paramétricos possuem diversas vantagens, pois estão associadas a regras que permitem modificá-los sem que ocorra inconsistências de uma determinada vista para outra. Além disso, é possível fazer a integração entre as disciplinas e compatibilização dos projetos, conforme o exemplo da Figura 5, o que permite um planejamento global e mais assertivo, eliminando as incompatibilidades e erros já na fase de projeto;
- **Tempo e Planejamento de Execução da Obra:** Nessa dimensão é possível associar o tempo de execução dos objetos diretamente no modelo 3D, assim é possível visualizar e simular graficamente como ocorre o desenvolvimento da construção de acordo com o cronograma;
- **Análise de Custos:** Nessa dimensão, da mesma forma que a anterior, é possível associar o custo no modelo 3D, ou seja, dessa forma os elementos do projeto estão

diretamente associados ao orçamento e as respectivas mudanças no projeto, automaticamente refletirão nos custos. Assim é possível realizar estimativas e acompanhamento dos custos de forma precisa;

- **Avaliação da Sustentabilidade:** Nessa dimensão, o modelo BIM permite analisar e verificar o uso sustentável da edificação, como a aplicação da utilização de energias renováveis, racionalização, correto desenvolvimento socioambiental. Conforme destaca Silva, Balz, Pedrozo (2021), o desempenho ambiental é um dos objetivos da Agenda 21², portanto, é muito importante o empenho para o desenvolvimento de edificações que possuam um viés sustentável;
- **Manutenção e Operação:** Conforme destaca Silva, Balz, Pedrozo (2021), essa dimensão tem a função de auxiliar no processo de pós-construção, ou seja, nas etapas de manutenção e operação da construção, visando um planejamento dessas atividades durante o ciclo de vida da edificação;
- **Segurança e Prevenção de Acidentes:** Há diversos fatores em uma construção que podem causar determinadas situações de riscos aos trabalhadores durante a execução da obra. Conforme destaca Silva, Balz, Pedrozo (2021), nesta dimensão de BIM é possível correlacionar o projeto e, por meio de simulações computacionais, prever situações de riscos durante a construção e até mesmo na etapa de projeto, assim, antecipando esses riscos e prevenindo acidentes.

Figura 5 – Modelagem e integração das disciplinas do projeto



Fonte: Silva, Balz, Pedrozo (2021).

² Agenda 21 é um documento assinado por 179 países durante a "Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento" que foi realizada na cidade do Rio de Janeiro e seu principal objetivo é criar soluções para os problemas socioambientais mundiais por meio do compromisso e desenvolvimento por parte dos países.

3.4.3 Níveis de desenvolvimento (LOD)

O nível de desenvolvimento, conhecido pela sigla *Level of Development* (LOD), representa o grau de desenvolvimento e detalhamento do modelo e é dividido em 5 níveis principais, de 100 a 500, podendo ser divididos em níveis intermediários, 100 (fase conceitual), 200 (geometria aproximada), 300 (geometria precisa), 400 (execução ou fabricação) e 500 (obra concluída) (SILVA; BALZ; PEDROZO, 2021).

De acordo com BIM FORUM (2019), os níveis de desenvolvimento são divididos em 6, sendo um deles intermediário (LOD 350) e são definidos da seguinte maneira:

- **LOD 100:** Nesse nível de desenvolvimento, as informações do modelo não são precisas e exatas, ou seja, as informações como material, forma, tamanho ou localização de determinado objeto não representam sua realidade, sendo basicamente um símbolo que representa determinado componente, mas não é fiel em todos os aspectos do modelo real, nem mesmo sua geometria;
- **LOD 200:** Nesse nível de desenvolvimento, o modelo possui informações mais precisas e próximas da realidade em relação ao tamanho, forma, quantidade e localização do componente, porém, ainda não é exata e pode possuir informações não gráficas;
- **LOD 300:** Nesse nível de desenvolvimento, o modelo é definido com precisão em relação à origem do projeto, além disso, as informações como quantidade, forma, tamanho e orientação são precisas e exatas, sendo passíveis de serem medidas a partir do modelo;
- **LOD 350:** Nesse nível de desenvolvimento, o modelo possui as mesmas características do LOD 300 acrescentados sua interface aproximada com outros sistemas de construção e seus subcomponentes;
- **LOD 400:** Nesse nível de desenvolvimento, o modelo possui com precisão as informações geométricas como tamanho, forma, orientação, localização etc. de seus elementos e, além disso, todo o detalhamento relacionado à fabricação, montagem, informações de suas instalações e interface integrada com seus sistemas de construção, portanto, é o modelo mais completo e preciso;

- **LOD 500:** Nesse nível de desenvolvimento o modelo não possui um salto em relação ao detalhamento e precisão da geometria, o que ocorre é que o modelo é modificado a partir de dados coletados em campo, ou seja, é o *As-built* da construção, mostrando as dimensões e informações reais que foram modificadas do projeto e construídas em campo.

3.5 COMPATIBILIZAÇÃO COM BIM

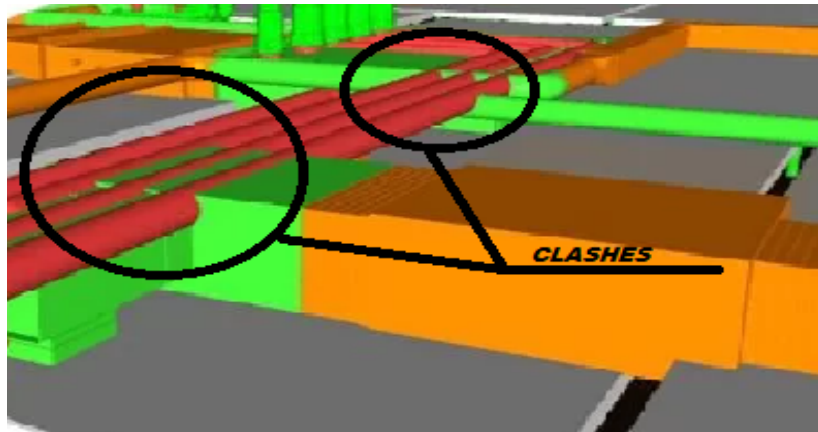
Conforme destacado no tópico 3.3.2, a respeito dos processos mais usuais de compatibilização, o mais moderno é a compatibilização com modelagem de informação 3D e *Building Information Modeling* (BIM). Isso acontece pois através da metodologia BIM é possível contornar diversas limitações encontradas nos métodos mais antigos, que se baseiam muito na visualização direta da incompatibilidade (BIM FORUM, 2019). Logo, ao usar a metodologia BIM, consegue-se realizar uma compatibilização mais adequada e dinâmica, de forma a permitir antecipar os problemas reais que aconteceriam na obra devido à incompatibilidade dos projetos (BIM FORUM, 2019).

De acordo com Eastman *et al.* (2014), um projeto é desenvolvido por diversos especialistas e áreas distintas que colaboram em seu desenvolvimento, sendo necessário o cruzamento e intercâmbio das informações. Devido a essa característica multidisciplinar, onde o fluxo de informações entre as áreas é favorecido e facilitado, o BIM possui diversos aspectos que a destacam como uma metodologia que viabiliza a compatibilização de projetos.

A metodologia BIM permite que se visualize diretamente o projeto em 3D, sem a necessidade de utilizar múltiplas vistas em 2D e, com isso, tem-se suas dimensões coerentes em todas as vistas. A partir desse modelo 3D e 2D consistente do projeto, também é possível visualizar o modelo de diversos ângulos e vistas, e com isso verificar interferências entre os projetos de diferentes disciplinas (EASTMAN *et al.* 2014).

Além da praticidade e capacidade avançada de visualização que os softwares com tecnologia BIM proporcionam, algumas dessas ferramentas permitem também fazer a detecção e testes de conflitos conhecidos como *clash detection*, como, por exemplo, o choque ou encontro entre as tubulações de água e elementos estruturais como vigas e pilares. Na Figura 6, é apresentado um exemplo de *clash detection*.

Figura 6 – Detecção de conflitos (*clash detection*) em um modelo BIM



Fonte: Bim Engus (2021).

A realização de testes de detecção de conflitos, muitas vezes indica interferências pouco relevantes devido a falhas na modelagem e que podem ser simplesmente tratadas ou ignoradas pelo usuário. Porém, conforme destaca Eastaman *et al.* (2011), os resultados dos testes de *clash detection* são mais satisfatórios quanto mais detalhes houver no modelo.

De acordo com Gijzen *et al.* (2010), os conflitos detectados nos testes de *clash detection* podem ser de três tipos:

- **Hard Clash** – Esse tipo de conflito ocorre quando há um choque direto entre elementos, ou seja, ocupam o mesmo espaço físico. Ela é o tipo de interferência que ocorre com maior frequência e é considerada a mais alarmante;
- **Soft Clash** – Esse tipo de conflito não ocorre devido ao encontro físico entre elementos, mas sim devido à necessidade espacial que deve ocorrer entre eles. Exemplos dessa necessidade espacial podem ocorrer devido a operações e manutenções previstas para ocorrer em determinada área que necessite da passagem de uma pessoa, ou mesmo o espaço necessário para a abertura de uma porta;
- **4D Clash** – Esse tipo de conflito apenas é detectado ao decorrer do curso das atividades ao longo tempo do projeto e construção. Exemplos desse tipo de conflito são a imprecisão nos espaços de circulação de pessoas e equipamentos em relação a determinados elementos.

4 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa empregada neste trabalho, visando cumprir com os objetivos já descritos, é de caráter qualitativo e fundamentado em pesquisa descritiva, onde inicialmente foi realizado ampla pesquisa bibliográfica e posteriormente desenvolvido um estudo de caso a respeito da compatibilização de projetos por meio da metodologia BIM.

Neste trabalho o estudo de caso consistiu em analisar-se as desconformidades de um projeto já concluído, no qual foram utilizados métodos tradicionais para sua realização. Essa análise foi desenvolvida utilizando ferramentas de modelagem *Building Information Modeling* (BIM), expondo os possíveis benefícios gerados na utilização dessas ferramentas, bem como a apresentação dos resultados obtidos.

Essa modalidade de pesquisa aplicada mostrou-se a mais adequada, uma vez que por meio de um exemplo prático e real do estudo de caso, foi possível demonstrar de forma clara e objetiva os benefícios da utilização da metodologia BIM aplicado em projetos do setor público.

Para a realização do estudo de caso foi selecionado o projeto do setor público da cidade de Cruzeiro - SP, onde foi utilizado o método convencional de compatibilização. Vale ressaltar que os projetos foram cedidos pela diretora do setor de obras da *Secretaria Municipal de Obras e Serviços* (SEOS), que autorizou o uso dos mesmos para o desenvolvimento deste trabalho. A autorização de uso assinada encontra-se no ANEXO A deste trabalho.

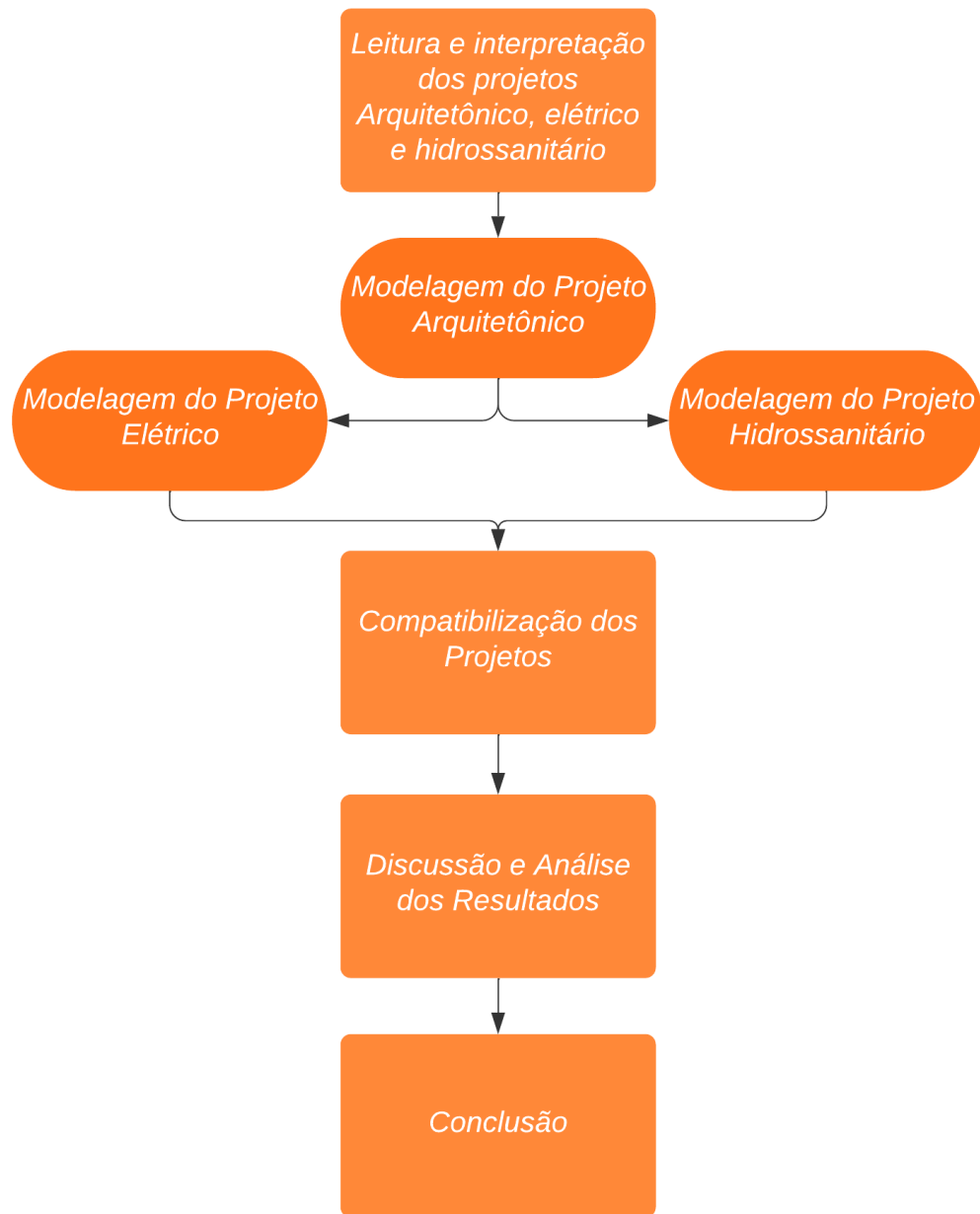
O Quadro 2 apresenta os objetivos das atividades realizadas no trabalho, bem como as ferramentas e recursos utilizados. Já na Figura 7 é demonstrado o fluxograma das atividades desenvolvidas no estudo de caso de compatibilização.

Quadro 2 – Metodologia do trabalho

OBJETIVOS	METODOLOGIA	
	ATIVIDADES	FERRAMENTAS
Apresentar a importância da compatibilização e coordenação de projetos e os seus benefícios para o setor público, demonstrando os ganhos incorporados ao processo pela metodologia <i>Building Information Modeling</i> (BIM).	Revisão bibliográfica a respeito da elaboração e etapas dos projetos na construção civil e no setor público.	Livros, artigos, teses e dissertações.
	Revisão bibliográfica a respeito das principais metodologias e características de compatibilização de projetos.	Livros, artigos, teses e dissertações.
	Revisão bibliográfica a respeito das principais características da metodologia BIM.	Livros, artigos, teses e dissertações.
Desenvolver a modelagem e a compatibilização de projetos de edificações em <i>Building Information Modeling</i> (BIM), por meio de um estudo de caso de um projeto do setor público, mostrando o quanto esta metodologia pode trazer em termos de vantagem sobre a metodologia atual (CAD).	Análise e formatação dos projetos originais em CAD.	Autodesk AutoCad 2018
	Modelagem dos projetos arquitetônico, elétrico e hidrossanitário.	Autodesk Revit 2020
	Compatibilização dos projetos arquitetônico, elétrico e hidrossanitário.	Autodesk Navisworks 2020
	Análise das interferências e clashes obtidos durante a compatibilização dos projetos.	Autodesk Navisworks 2020
Analisar a visão dos profissionais envolvidos com processos tradicionais de projeto e sua compatibilização, desenvolvendo o processo já realizado da forma tradicional, usando a metodologia BIM;	Análise dos resultados obtidos no processo de modelagem e compatibilização por meio da metodologia BIM e também por meio das perspectivas dos autores dos projetos originais em CAD.	Resultados obtidos na modelagem e compatibilização e entrevistas com os autores responsáveis pelos projetos, analisando suas explicações e comentários sobre os resultados obtidos.

Fonte: Autores (2022).

Figura 7 – Fluxograma das atividades do estudo de caso



Fonte: Autores (2022).

4.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo ou projeto analisado foi o projeto de adequação/reforma e ampliação da unidade de *Serviço de Atendimento Móvel de Urgência* (SAMU), da cidade de Cruzeiro – SP, localizado na Rua São Paulo, s/nº, bairro Vila Brasil. Ver na Figura 8, a marcação da localização.

características foram informadas pelo comandante do SAMU na cidade de Cruzeiro - SP para a arquiteta responsável, que com isso pôde fazer o projeto.

O projeto arquitetônico é composto por: uma planta baixa, duas fachadas, uma planta de situação, uma planta de piso, uma planta de cobertura, dois perfis do terreno, três cortes e o carimbo nos padrões da cidade de Cruzeiro – SP (ANEXO B).

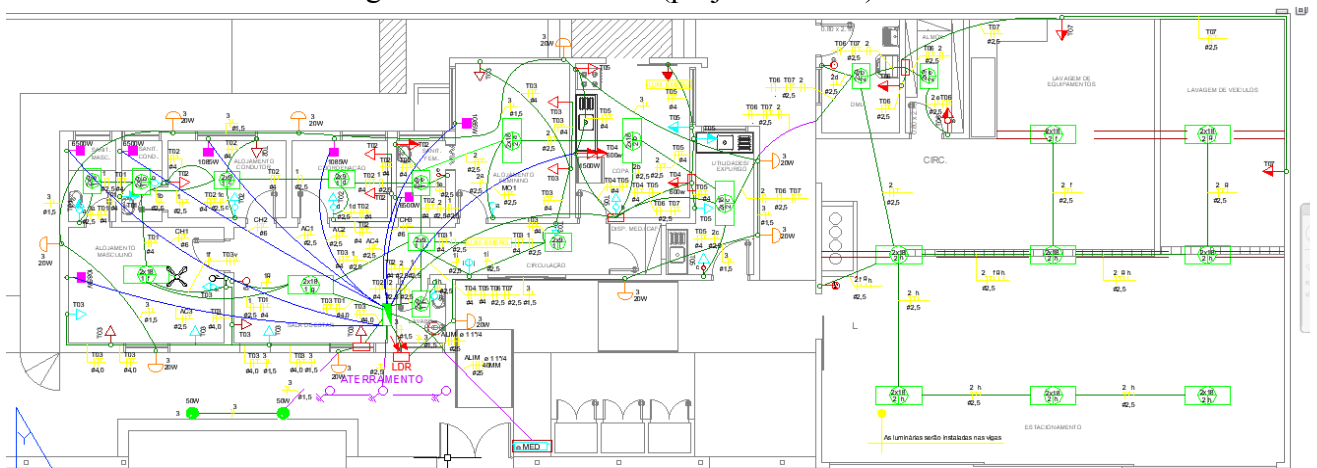
5.1.2 Apresentação do Projeto Elétrico

O projeto elétrico foi feito para atender às necessidades indicadas pelo Comandante do SAMU, como por exemplo: ter ar-condicionado nos dormitórios, ter chuveiro elétrico, ter tomadas perto das camas, prever tomadas para uso de lavadora de alta pressão no estacionamento etc.

A entrada da alimentação se deu por meio de cabeamento subterrâneo, conduzidas do padrão de entrada até o quadro de distribuição 1, localizado na sala de estar por ser um lugar fácil de acessar em caso de emergência. A partir daí foram utilizados eletrodutos corrugados flexíveis, seguindo o posicionamento de interruptores, tomadas de uso geral, tomadas de uso específico e pontos de iluminação. Possui um sistema de aterramento simples com três hastes de aterramento, pois como é uma reforma, não seria possível alterar a fundação para fazer um aterramento mais completo.

Na Figura 10 encontra-se a planta elétrica criada pelo Engenheiro Eletricista. Vale ressaltar que, essa Figura 10, foi retirada do projeto elétrico que se encontra no ANEXO B.

Figura 10 – Planta baixa (projeto elétrico)



Fonte: Cruzeiro(Município) (2021).

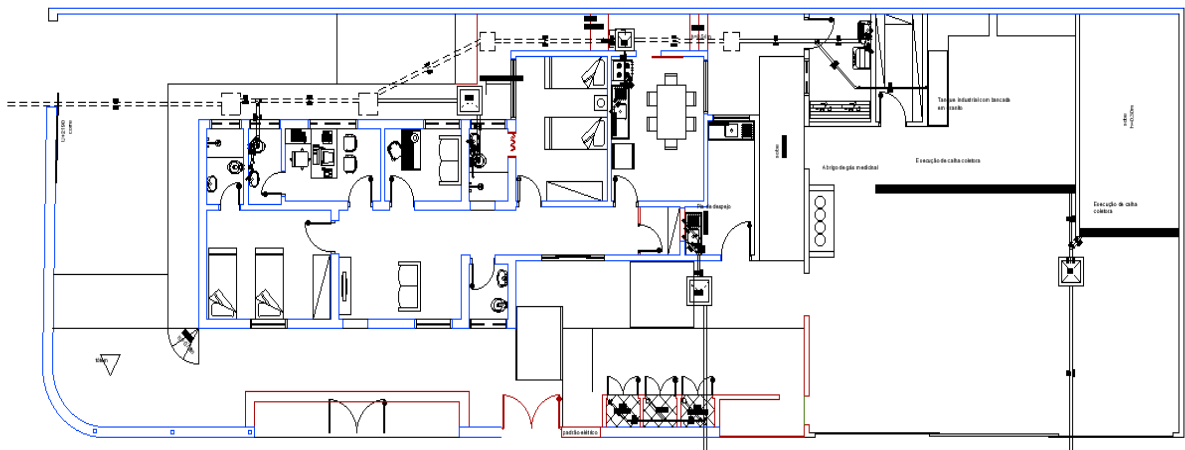
O projeto elétrico é composto por: uma planta baixa com os pontos elétricos, um quadro de simbologia, um quadro de cargas, um diagrama unifilar, duas tabelas de materiais e o carimbo nos padrões da cidade de Cruzeiro - SP (ANEXO B).

5.1.3 Apresentação do Projeto Hidrossanitário

O projeto hidrossanitário do SAMU aproveitou bastante da estrutura do prédio antigo, sendo reaproveitadas as localizações das caixas de passagem e caixas de gordura, uma vez que os banheiros, cozinha e área de serviço mantiveram-se nos fundos da construção, assim pode-se aproveitar esses caminhos. Então, foram instaladas mais algumas caixas para o estacionamento e também para os novos banheiros construídos, além de caixa de gordura nova para a cozinha.

Na Figura 11 pode-se encontrar a planta baixa criada pelo Engenheiro Civil, onde as linhas tracejadas representam a estrutura reutilizada. Vale ressaltar que, essa Figura 11, foi retirada do projeto hidrossanitário que se encontra no ANEXO B.

Figura 11 – Planta baixa (projeto hidrossanitário)



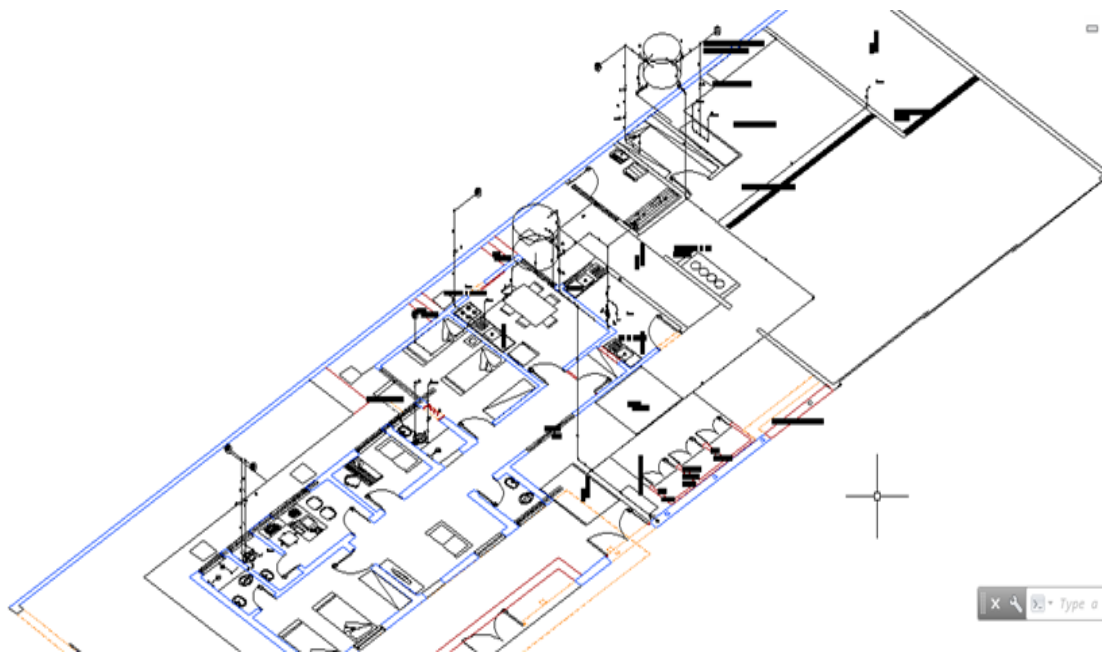
Fonte: Cruzeiro(Município) (2021).

O abastecimento de água do prédio vem da rede de abastecimento pública (sistema de abastecimento padrão da zona urbana de Cruzeiro - SP), utilizando-se duas caixas d'água de polietileno, sendo uma com capacidade para 1000 litros (prédio principal) e a outra de 500 litros (estacionamento). Para o abastecimento do prédio principal, a caixa d'água fica localizada acima da cozinha, e a outra para abastecimento do estacionamento e áreas de

serviço a construir, localiza-se acima da área de serviço. Para a distribuição na edificação foram utilizados tubos e conexões de PVC soldáveis.

Na Figura 12 encontra-se a vista isométrica do projeto de abastecimento, onde é possível ver a localização das caixas d'água e dos principais pontos de utilização. Vale ressaltar que, essa Figura 12, foi retirada do projeto hidrossanitário que se encontra no ANEXO B.

Figura 12 – Isométrica dos pontos hidráulicos

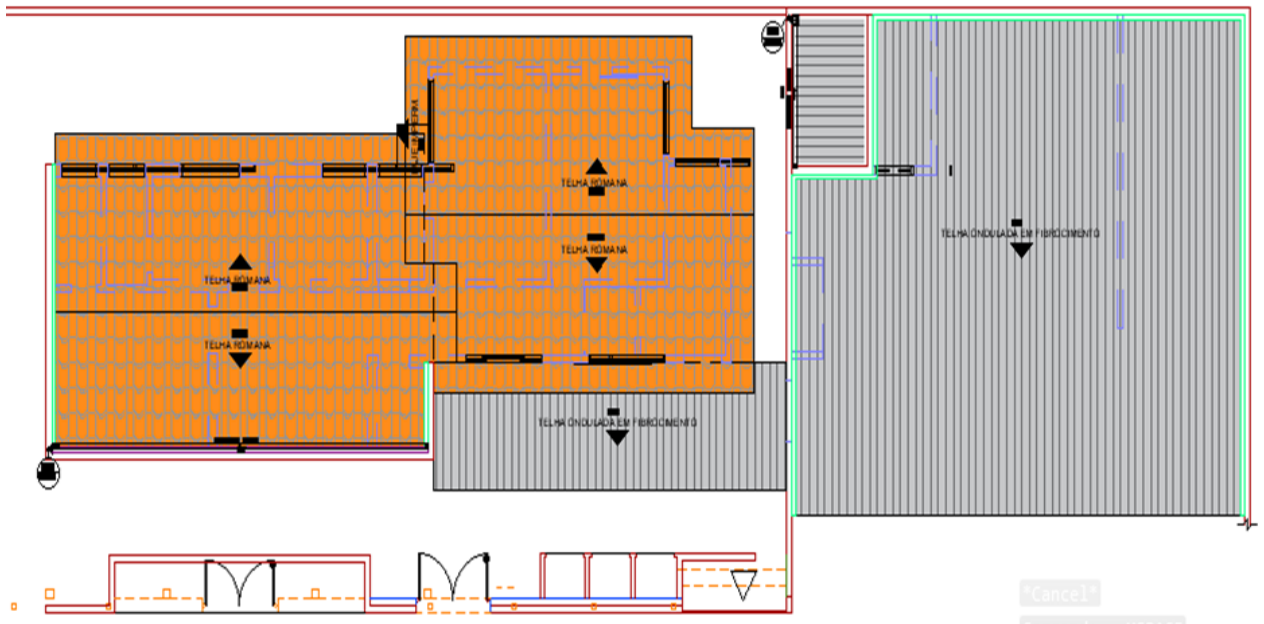


Fonte: Cruzeiro(Município) (2021).

A água pluvial será coletada nas redes de calhas, conforme a Figura 13, que conduzirão as águas para os tubos de quedas principais e estes, através de tubulações embutidas no solo, levarão para a rede de esgoto pública. Vale ressaltar que, essa Figura 13, foi retirada do projeto hidrossanitário que se encontra no ANEXO B.

O projeto hidrossanitário e pluvial é composto por: uma planta baixa com as tubulações sanitárias, duas plantas para o pluvial (uma representando a coleta na cobertura e uma tubulação que vai levar até a rede pública embutida no solo), uma planta com as tubulações hidráulicas, uma isométrica dos pontos hidráulicos, duas isométricas de alguns detalhes e o carimbo nos padrões da cidade de Cruzeiro - SP (ANEXO B).

Figura 13 – Planta de cobertura do projeto pluvial



Fonte: Cruzeiro(Município) (2021).

5.2 MODELAGEM USANDO BIM

As modelagens 3D dos projetos apresentados no item anterior foram realizadas no software Revit Architecture (Autodesk) e Revit MEP (Autodesk), ambos em suas versões de estudante.

Durante o desenvolvimento da modelagem dos projetos, o próprio software identifica e deixa nítidas incompatibilidades e, com isso, ele sugere correções. Entretanto, visando ser o mais fiel possível aos projetos, não foi aplicada nenhuma das correções propostas para obter uma análise fidedigna das interferências e incompatibilidades existentes nos projetos originais.

Devido ao Revit (Autodesk) ser um software que possibilite a aplicação da metodologia BIM, conseguiu-se parametrizar os materiais, assim, baseando-se nos projetos e nas anotações, tentou-se seguir ao máximo os materiais indicados, porém, alguns sofreram alterações, principalmente na parte elétrica e hidrossanitária, devido às conexões variarem e por não haver a disponibilidade desses materiais diversificados no software.

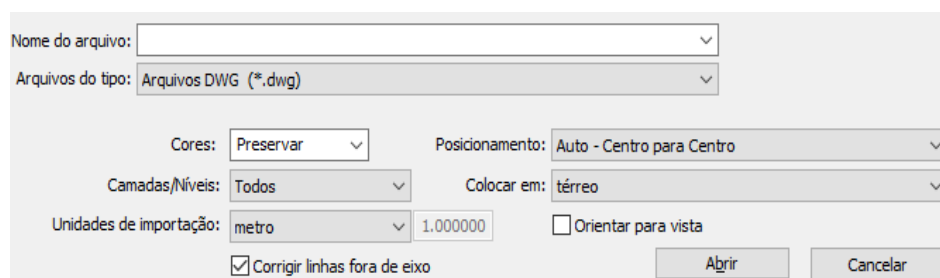
O primeiro projeto modelado foi o arquitetônico, pois é a base para o desenvolvimento dos demais. Sendo assim, o projeto elétrico e hidrossanitário foram modelados

simultaneamente em diferentes arquivos, mas vinculados ao mesmo projeto arquitetônico, portanto, possuíam o mesmo referenciamento.

5.2.1 Modelagem do projeto Arquitetônico

Para iniciar, primeiro editou-se a planta baixa do projeto arquitetônico, eliminando-se detalhes irrelevantes e mantendo somente as informações principais, uma vez que hachuras, cotas, anotações, móveis não fixos etc., somente deixariam o arquivo maior e não seriam úteis para a modelagem, poluindo a tela e tornando as seleções mais difíceis. As configurações para importação utilizadas encontram-se na Figura 14.

Figura 14 – Configuração do menu de importação do arquivo CAD

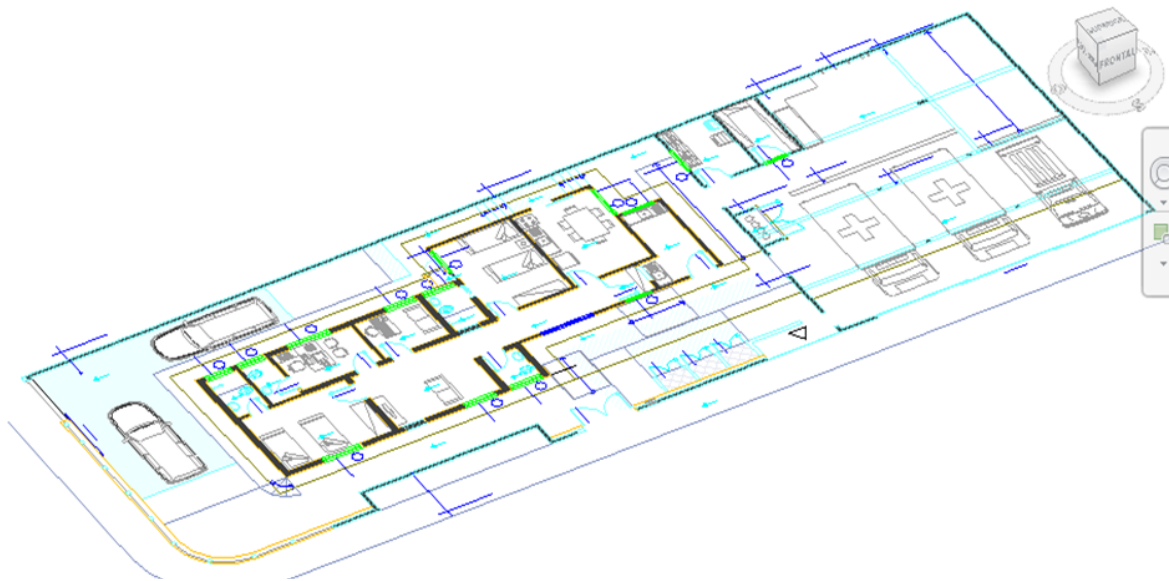


Fonte: Autores (2021).

Tendo o arquivo filtrado, ou seja, sem as informações desnecessárias, fez-se a importação para o Revit Architecture (Autodesk) para dar início à modelagem das alvenarias, esquadrias, cobertura entre outros. Antes de finalizar a etapa de importação do AutoCad (Autodesk) para o Revit (Autodesk), as escalas foram verificadas, bem como as unidades do arquivo importado, para que não ocorressem erros de dimensões. Na Figura 15, segue a planta baixa importada para o Revit (Autodesk).

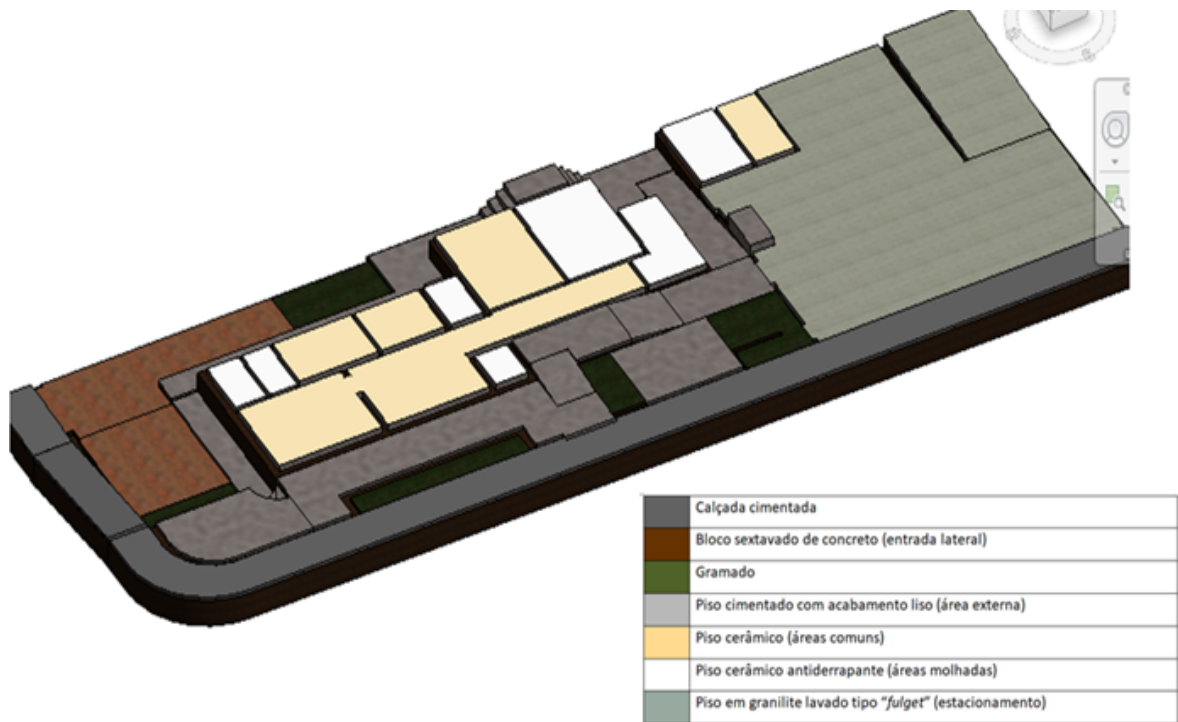
Primeiramente, fez-se terreno, uma vez que este não era uniformemente plano. Desta forma, pode-se fazer a modelagem dos pisos, respeitando as informações indicadas no projeto inicial. A Figura 16 apresenta o resultado final da modelagem dos pisos.

Figura 15 – Planta baixa importada no Revit



Fonte: Autores (2021).

Figura 16 – Resultado da modelagem 3D do terreno e dos pisos



Fonte: Autores (2021).

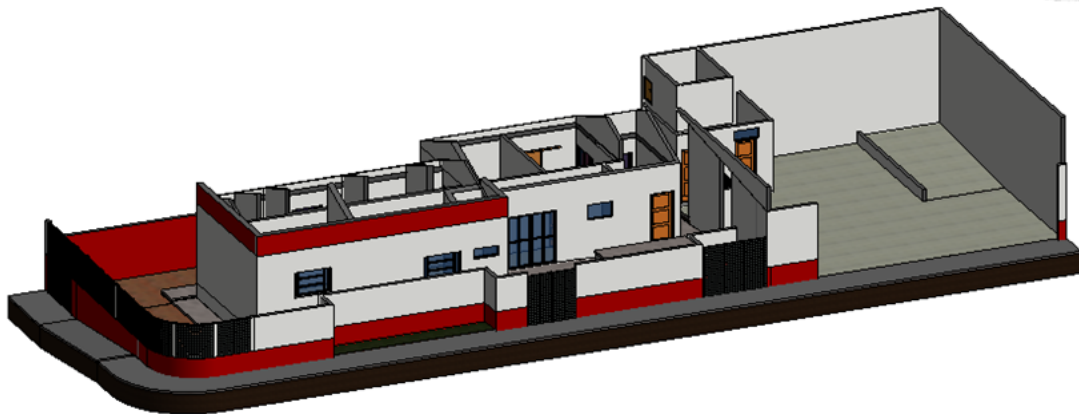
Com isso, pode-se iniciar a modelagem das alvenarias. Nessa etapa, configurou-se os elementos “paredes”, escolhendo “famílias” da base própria do Revit (Autodesk), onde

editou-se os elementos a serem usados para as espessuras do projeto inicial e também suas disposições, por exemplo, onde estariam os vãos livres, onde teria gradil etc.

Depois das alvenarias prontas, iniciou-se a colocação das esquadrias (portas e janelas), conforme o projeto inicial. Buscou-se os itens conforme os modelos descritos no quadro de esquadrias do projeto arquitetônico, usando a biblioteca de elementos do próprio software, que são chamadas de “famílias”. Porém, nem todos os tipos definidos no projeto arquitetônico foram encontrados na base original do Revit (Autodesk), com isso foi necessário buscar na Internet esses modelos de famílias adicionais, buscando nos *sites* que disponibilizam tais modelos, alguns gratuitos e outros pagos. Depois de realizar o *download* da família (extensão .rfa), estas foram incorporadas ao projeto.

Outro aspecto relativo às esquadrias é que alguns desses elementos presentes no projeto possuíam dimensões fora dos padrões existentes nas famílias, sendo assim, nesses casos foi necessário criar um novo elemento para a família já existente, onde se duplicou o elemento e modificou-se para a dimensão desejada. Caso isso não fosse feito, quando se mudasse as dimensões ela alteraria todos os elementos da família dentro do projeto, ou seja, todas as portas já colocadas se alterariam, gerando inconsistências. Na Figura 17 encontra-se o projeto com as esquadrias e alvenarias prontas.

Figura 17 – Resultado da modelagem 3D das paredes e esquadrias



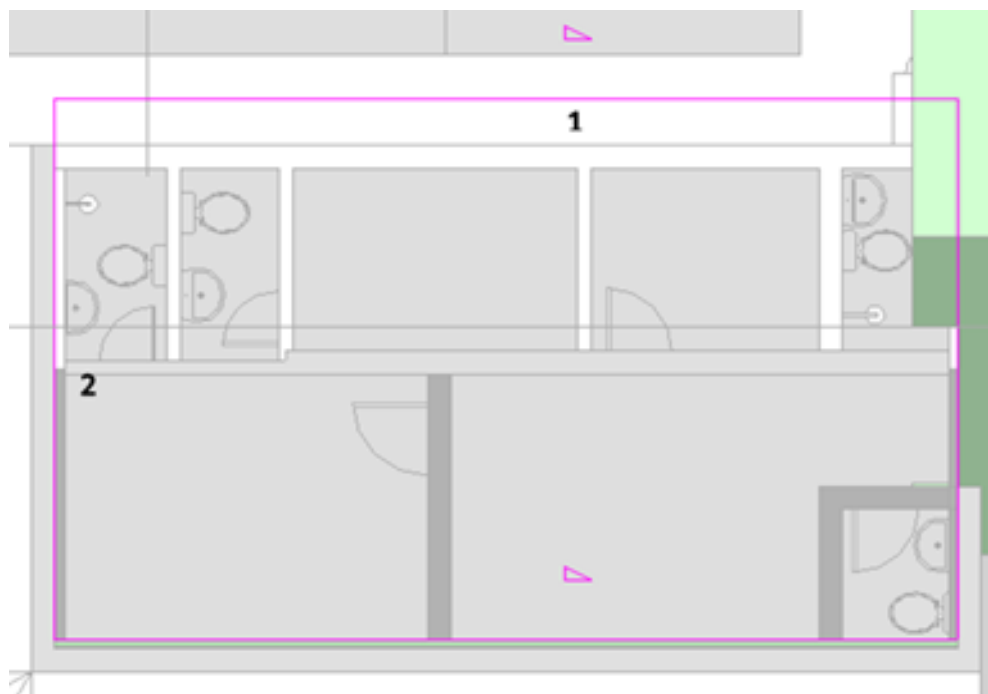
Fonte: Autores (2021).

Na fase da cobertura, criou-se as lajes com a espessura determinada no corte do projeto arquitetônico. Também foram feitas as platibandas nos locais determinados, sendo estes os elementos que escondem o telhado, dando um aspecto mais limpo para a construção.

Depois criou-se os telhados, seguindo-se as informações da planta de cobertura do projeto arquitetônico, onde continha a informação do tipo de telhado, a inclinação e suas delimitações (águas).

Para a criação do telhado foi necessário fazer o posicionamento das descidas d'água para o software executar a modelagem correta. Essas marcações seguiram o padrão indicado na Figura 18, onde é retratado um dos telhados de duas águas do projeto, sendo que, onde na linha de contorno rosa que delimita o perímetro aparece um triângulo retângulo representa que essa linha é uma descida d'água (1), onde não existe, é um oitão (2).

Figura 18 – Exemplo do processo de criação do telhado de duas águas



Fonte: Autores (2021).

Uma observação é que quando o telhado é de uma água apenas, pode-se utilizar a seta de inclinação, como mostrado na Figura 19.

Após a execução do telhado, foi necessário executar as coberturas, ou seja, o telhamento. No caso deste projeto foram utilizadas telha romana e telha de fibrocimento ondulada, sendo as respectivas famílias encontradas nos *sites* da Internet. Para a aplicação usou-se o método de quadros estruturais, sendo estes quadros um conjunto de telhas. Na Figura 20, encontram-se os quadros estruturais usados.

Figura 21 – Resultado da modelagem 3D do projeto arquitetônico



Fonte: Autores (2021).

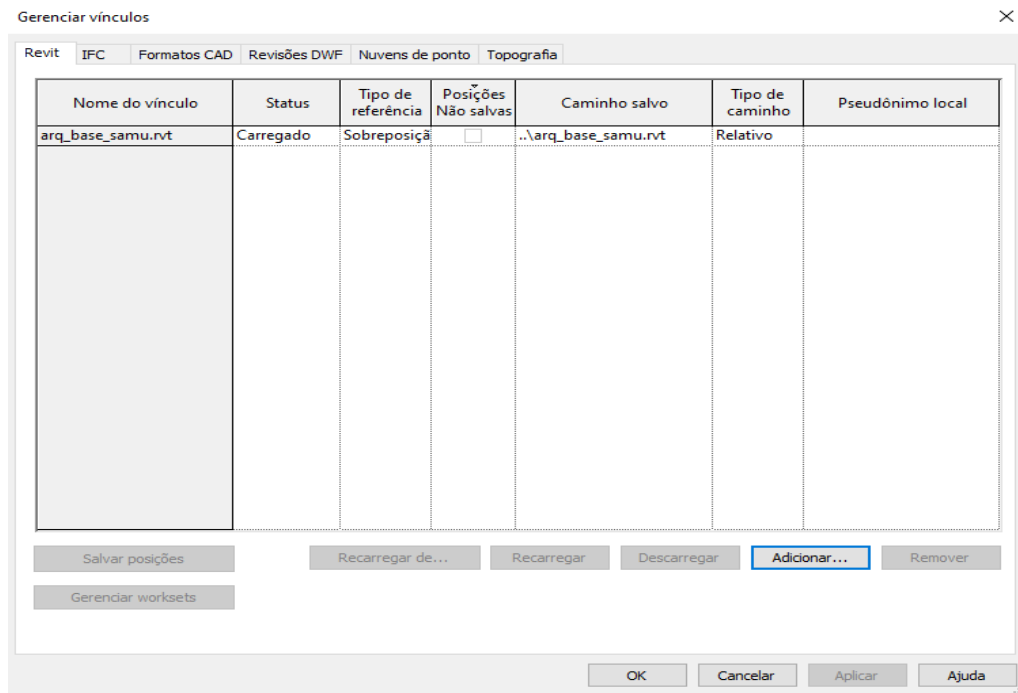
5.2.2 Modelagem do projeto Elétrico

Para iniciar a modelagem do projeto elétrico, primeiro foi necessário obter um *template*, ou seja, um modelo com uma estrutura predefinida de famílias do Revit (Autodesk), específico para instalações elétricas. Este *template* possuía diversas famílias de equipamentos e elementos como tomadas, eletrodutos, conexões, quadro de distribuição, padrão de entrada etc.

Após a determinação do *template*, foi realizada a vinculação com a modelo do projeto arquitetônico, através da importação, comando “*Vínculo do Revit*”, o que significa que se esse arquivo sofrer alterações, estas podem ser vistas a partir da atualização feita pelo usuário no gerenciador de arquivos e também possibilita uma área de trabalho sem possíveis mudanças nos modelos já executados.

Na Figura 22, encontra-se a tela do gerenciador de vínculos, na qual é possível notar que pode-se adicionar mais vínculos e, assim tendo uma troca de informações mais rápidas entre os projetistas, ou seja, desde o início já é possível ir realizando a compatibilização. Neste caso, porém, como o objetivo foi seguir o modelo de compatibilização tradicional, realizou-se somente a vinculação com o projeto arquitetônico que serviu de base, não realizando-se nenhuma mudança.

Figura 22 – Tela do gerenciador de vínculos



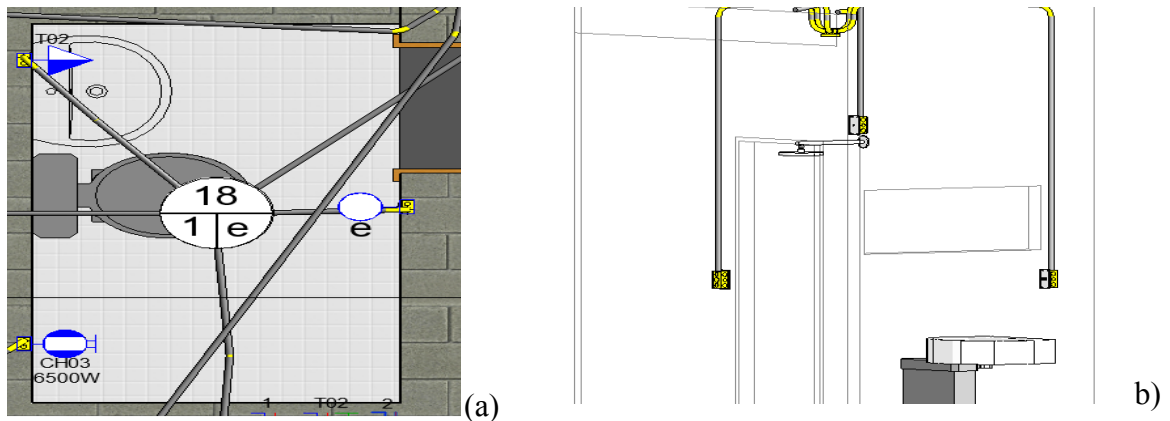
Fonte: Autores (2021).

Após as configurações iniciais de visualização, pode-se então iniciar a modelagem dos elementos elétricos. Vale ressaltar que medidas, quantidades, posições e tipos de materiais foram considerados conforme o descrito no projeto elétrico base, que se encontra no ANEXO B.

Primeiramente foram posicionados os pontos de iluminação através das caixas ortogonais 4x4 que são embutidas na laje, onde haviam luminárias do tipo *plafon* ou tipo tubular. No caso do estacionamento, onde não há forro nem laje, as lâmpadas são de sobrepor e não de embutir, logo as caixas ortogonais ficaram instaladas nas vigas da cobertura.

Depois, inseriu-se os pontos embutidos nas paredes, que foram: as caixas de tomadas gerais (TUG) e tomadas específicas (TUE) - o que diferencia as duas é o espelho de cada uma, sendo que na TUE só há passagem para o cabo, enquanto na TUG possui a entrada de 3 pinos (esses modelos todos já estavam no *template* pré-modelados). Também foram inseridas as caixas dos interruptores, arandelas (luminárias nas paredes) e caixas de passagem 4x2 (servem para ramificação do eletroduto). Na Figura 23 (a, b), pode-se observar um exemplo dessa primeira etapa, onde utilizando um cômodo de exemplo, podemos observar os pontos em planta (Figura 23a) e na vista 3D (Figura 23b).

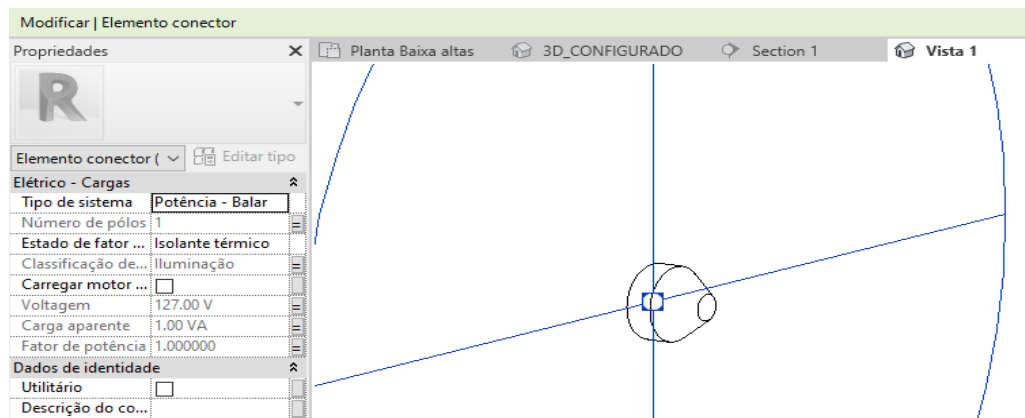
Figura 23 – a) Pontos elétricos em planta no Revit; b) Pontos elétricos vista 3D



Fonte: Autores (2021).

Vale ressaltar que a maioria dos pontos utilizados tinham suas famílias dentro do *template* utilizado, mas, como no projeto arquitetônico existiam casos de elementos não existentes, procurou-se em *sites* da Internet. Após o *download*, fez-se o carregamento para dentro do projeto, sendo um exemplo, o interruptor conjugado com tomada. Já outros elementos não foram encontrados, sendo necessária a sua criação, onde um exemplo é o relé fotoelétrico (Figura 24).

Figura 24 – Família criada para o relé fotoelétrico

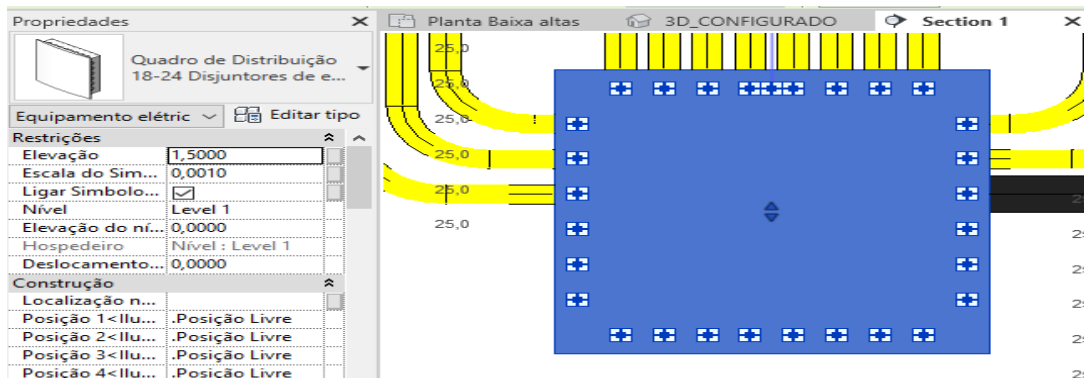


Fonte: Autores (2021).

Após isso foi colocado o quadro de distribuição, que neste projeto é um quadro de embutir na parede com espaço para 18 - 24 disjuntores (Figura 25), sendo que esse tamanho e tipo já estavam determinados no projeto elétrico base, assim como seu posicionamento. Depois de posicionado o quadro, no sistema de distribuição foi selecionada a primeira opção

“127/220V Trifásico (3F + N + T)”, que é o tipo de alimentação de energia. Também foi alocado o padrão de entrada do *template*, que nesse projeto ficou embutido no muro de forma frontal para a rua, seguindo assim o padrão da EDP Bandeirantes, concessionária de energia atuante da cidade de Cruzeiro – SP.

Figura 25 – Família do Quadro de distribuição 18 - 24 disjuntores

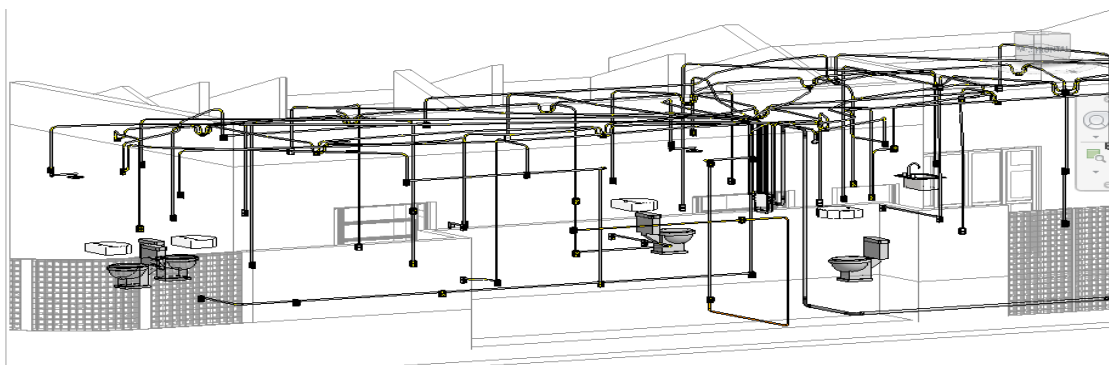


Fonte: Autores (2021).

A próxima etapa foi a passagem dos eletrodutos, selecionando o tipo e indicando em um ponto inicial e um final, realizado assim o caminho do eletroduto. Foi utilizado o eletroduto flexível corrugado amarelo Tigre Flex de 25mm, assim como descrito no projeto base.

Essa é uma fase muito importante na modelagem do Revit (Autodesk), pois diferente do AutoCad (Autodesk), que trabalha na perspectiva 2D, o Revit (Autodesk), por ser 3D, necessita que se executem as subidas e descidas dos eletrodutos, assim as conexões são essenciais. Para facilitar nessa fase, é possível habilitar a opção de conexão automática. A Figura 26, apresenta uma parte dos caminhos dos eletrodutos criados.

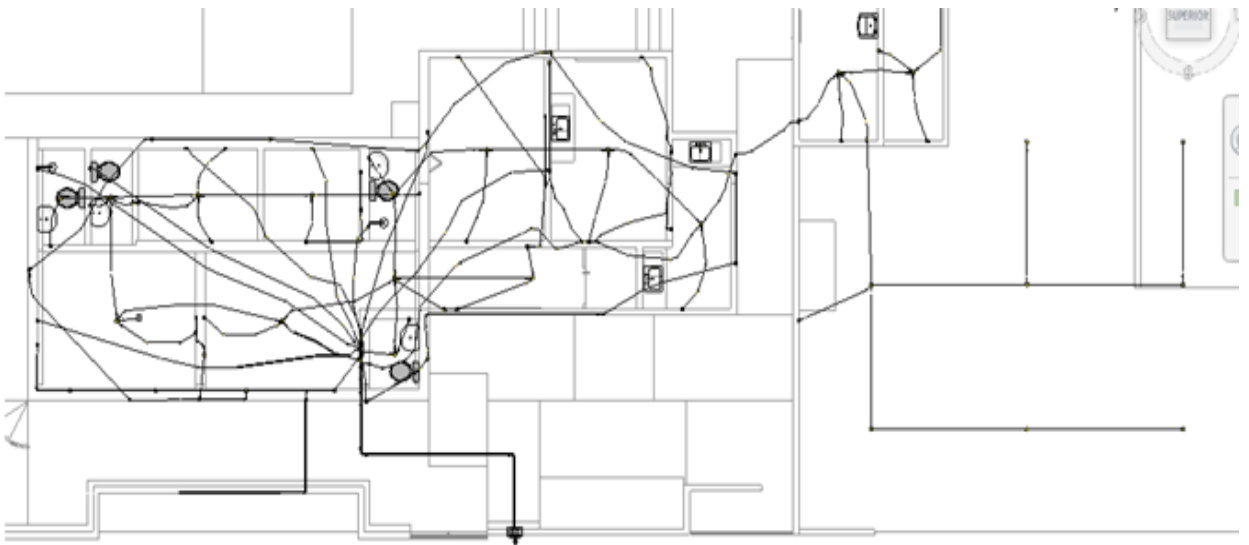
Figura 26 – Modelagem 3D dos eletrodutos



Fonte: Autores (2021).

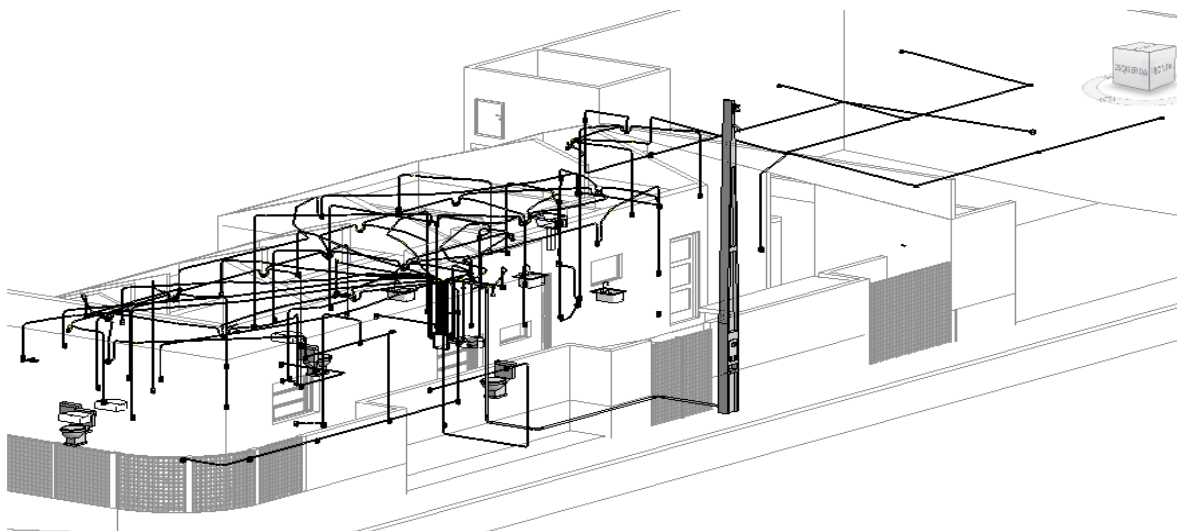
Após todos os lançamentos feitos, chegou-se nos resultados apresentados na Figura 27 (Planta baixa) e na Figura 28 (modelo 3D). Vale ressaltar que, não foi possível a criação do sistema de aterramento, uma vez que não se encontrou um *template* pronto e, também, por ser uma questão muito específica, os elementos necessários para a criação não foram encontrados. Desta forma, diferente do relé fotoelétrico, não pode-se criar uma nova família, assim ele não foi colocado no projeto.

Figura 27 – Planta elétrica no Revit



Fonte: Autores (2021).

Figura 28 – Modelagem 3D da planta elétrica



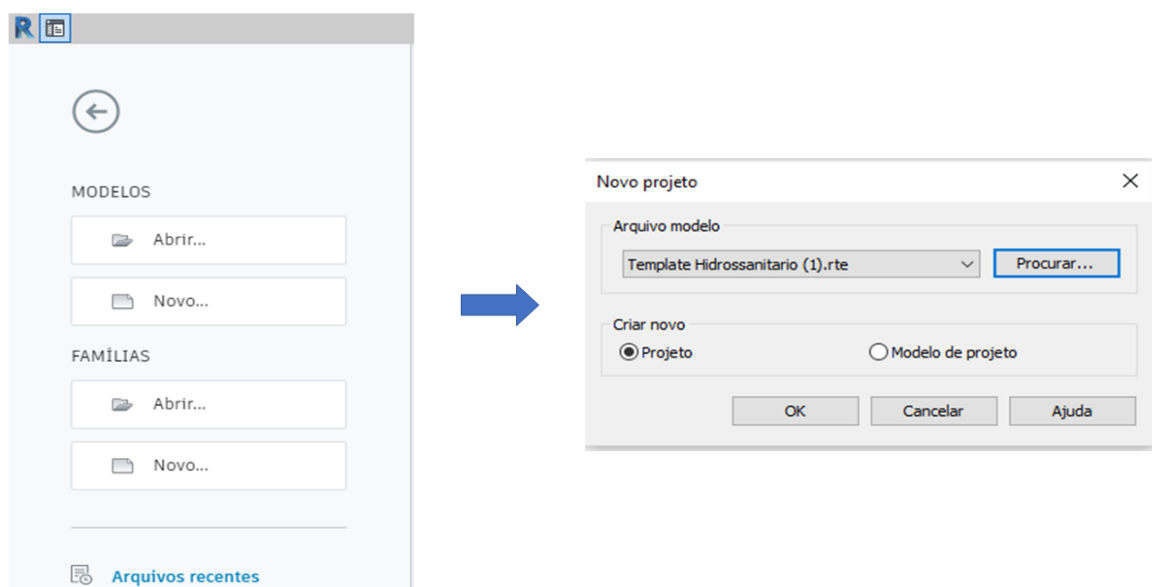
Fonte: Autores (2021).

5.2.3 Modelagem do projeto Hidrossanitário

Assim como a modelagem do projeto elétrico, para a realização da modelagem do projeto hidrossanitário foi utilizado um *template* base (Figura 29), que possuía diversas famílias de equipamentos e elementos como tubulações, curvas, torneiras etc.

Da mesma forma que o desenvolvimento da modelagem do projeto elétrico, para o hidrossanitário também foi realizada a vinculação com o projeto arquitetônico. Dessa forma, os projetos estão em arquivos separados como se fossem realizados por diferentes agentes, retratando a realidade de trabalho com diferentes projetistas. Além disso, após a vinculação com o projeto arquitetônico, também foi necessário selecionar os níveis de altura (térreo, piso da edificação, muro menor e nível 2) presentes no arquitetônico e que eram necessários para o desenvolvimento do projeto hidrossanitário. A Figura 30 apresenta essa fase.

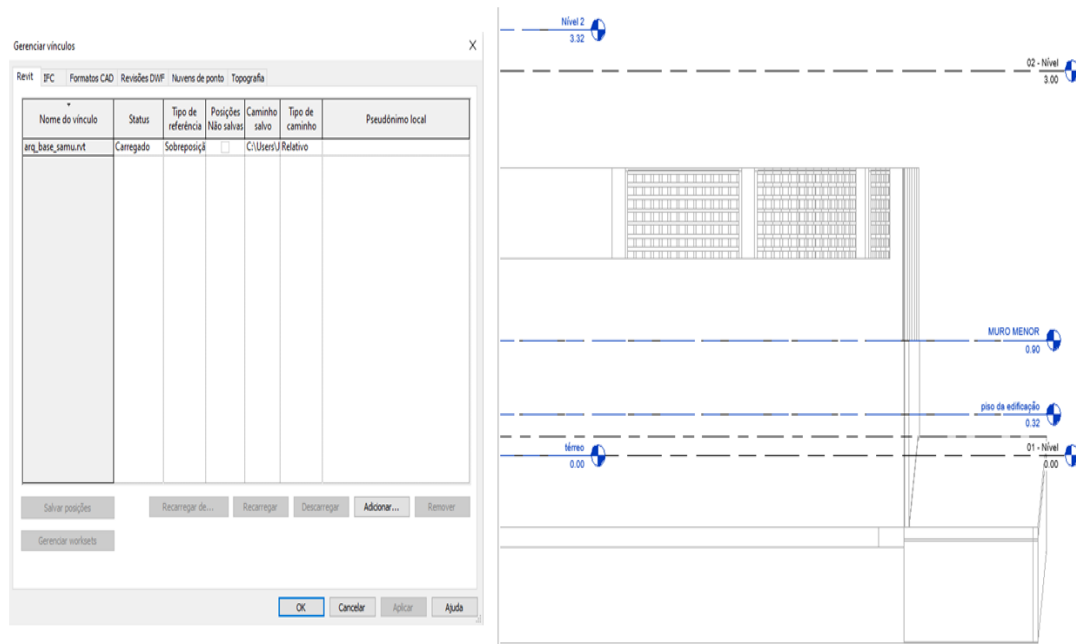
Figura 29 – Importação de *template* hidrossanitário



Fonte: Autores (2021).

Essa etapa de vinculação é muito importante por facilitar a modelagem, pois mantém os projetos com a mesma referência e orientação em relação a um ponto, eliminando a necessidade de realizar o reposicionamento e mudanças das coordenadas do projeto em relação a um ponto base.

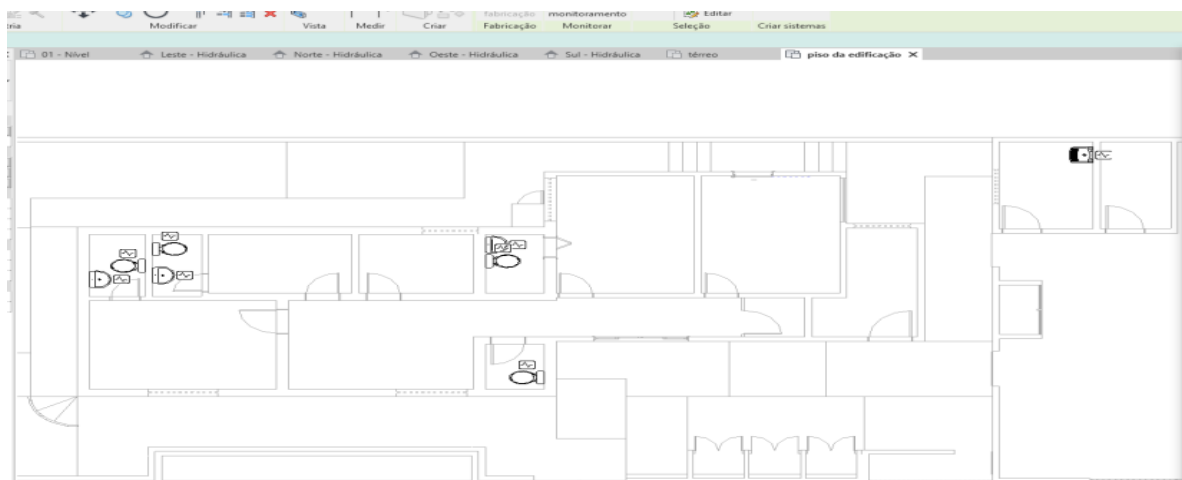
Figura 30 – Vinculação com projeto arquitetônico e importação de níveis



Fonte: Autores (2021).

Como o projeto arquitetônico já posicionava os elementos do projeto hidrossanitário como vasos sanitários, lavatórios e torneiras, foi necessária a importação desses itens (Figura 31) no menu “*Colaboração > Copiar/Monitorar > Selecionar Vínculo*”, para que assim pudesse realizar a construção das tubulações de água fria e esgoto relacionado a esses elementos.

Figura 31 – Importação de elementos hidrossanitários do projeto arquitetônico

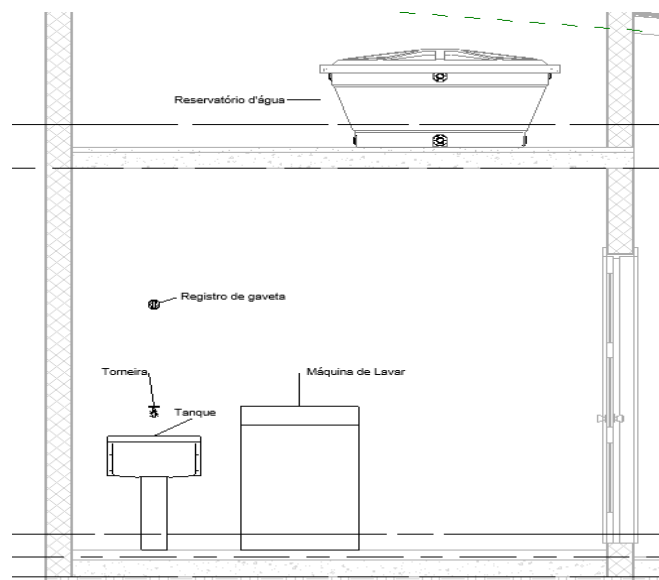


Fonte: Autores (2021).

Após a vinculação com os elementos hidráulicos já existentes no projeto arquitetônico, foi realizada a inclusão dos demais elementos presentes no projeto hidrossanitário como chuveiros, pias, máquina de lavar, caixas sifonadas e caixa de gordura. A Figura 32, apresenta uma parcela desses itens inseridos.

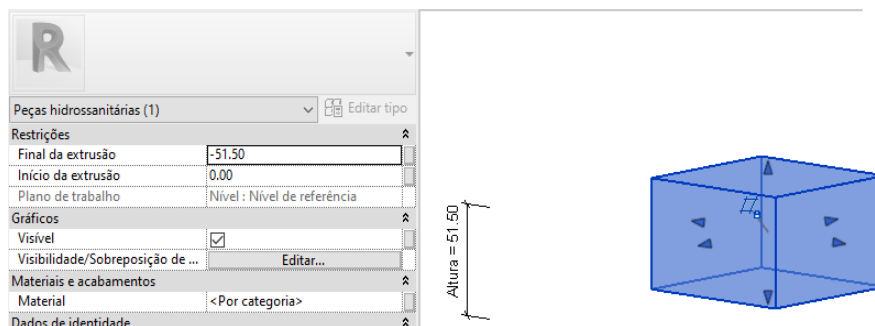
Grande parte dos elementos do projeto hidrossanitário utilizados já estavam no *template* ou foram facilmente encontrados em *sites* da Internet, em bibliotecas virtuais como a da Tigre. Entretanto, os elementos como caixa de gordura e caixa sifonada especial não foram encontrados. Assim, criou-se uma família paramétrica para esses elementos que fosse mais próxima da qual foi utilizada no projeto base. Na Figura 33 é apresentada a família criada para representação da caixa sifonada especial.

Figura 32 – Inserção de elementos hidrossanitários no projeto



Fonte: Autores (2021).

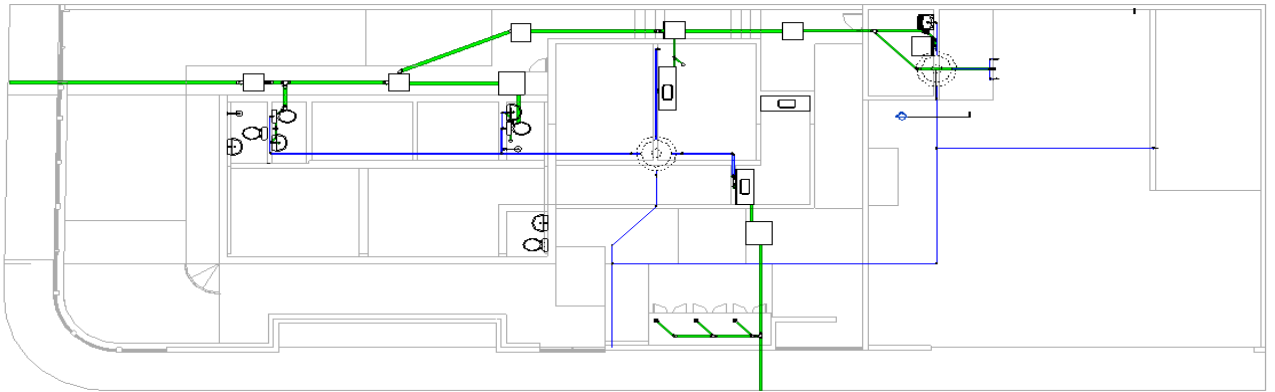
Figura 33 – Modelagem paramétrica de família de caixa sifonada especial



Fonte: Autores (2021).

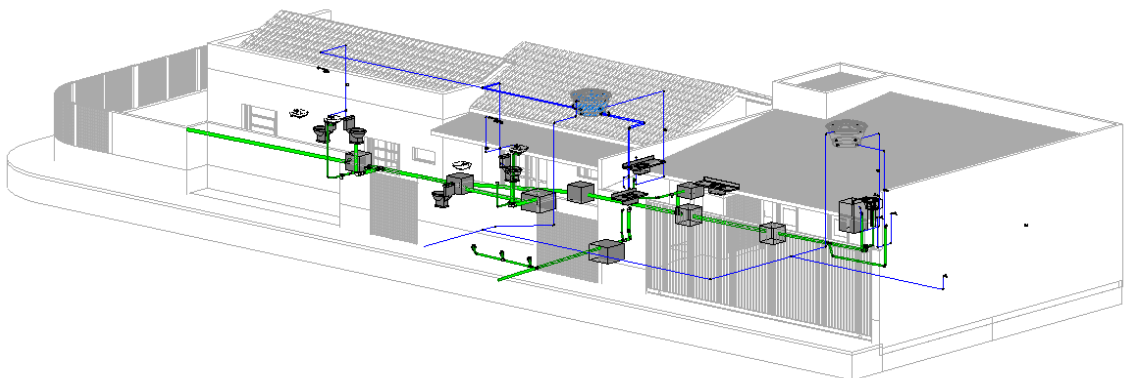
Após a inserção dos aparelhos hidrossanitários foi realizada a modelagem das tubulações de água fria, tubulação de esgoto de acordo com o diâmetro e inclinação estipulados no projeto base e, concomitantemente, seus acessórios como curvas e cotovelos. Após todos os lançamentos feitos, chegou-se nos resultados apresentados na Figura 34 (Planta baixa) e na Figura 35 (modelo 3D).

Figura 34 – Planta hidrossanitária no Revit



Fonte: Autores (2021).

Figura 35 – Vista 3D do projeto hidrossanitário no Revit



Fonte: Autores (2021).

Vale destacar que o projeto hidrossanitário, ao qual tivemos acesso, possuía alguns elementos (vaso sanitário, pias, lavatórios) representados em alguns cômodos, porém eles não possuíam ligação com as tubulações e conexões, sendo esses aparelhos já construídos e não especificados o dimensionamento neste projeto e, portanto, visando ser o mais fiel possível ao

projeto original, esses aparelhos hidrossanitários também foram inseridos na modelagem, entretanto, não possuem conexão com as tubulações.

5.3 COMPATIBILIZAÇÃO NO SOFTWARE NAVISWORKS

5.3.1 Software Navisworks

Após ter sido realizada a modelagem dos projetos Arquitetônico, Elétrico e Hidrossanitário no Revit (Autodesk), os quais foram desenvolvidos de forma separada e em diferentes arquivos, foi realizada a compatibilização desses projetos visando obter as possíveis interferências entre eles.

Por meio dessa análise, utilizando a metodologia Building Information Modeling (BIM), foi possível identificar as interferências existentes no projeto e que poderiam afetar a construção e gerar diversos problemas durante a obra, afetando a execução, qualidade, segurança e custos.

Para a realização da análise das interferências entre os projetos foi utilizado o software Navisworks (Autodesk), que é um software de gestão, coordenação e integração de projetos. O software permite que o usuário importe diferentes arquivos de projetos de diversos formatos e realize análise simultaneamente, verificando interferências, associação do tempo de execução dos processos construtivos e custos.

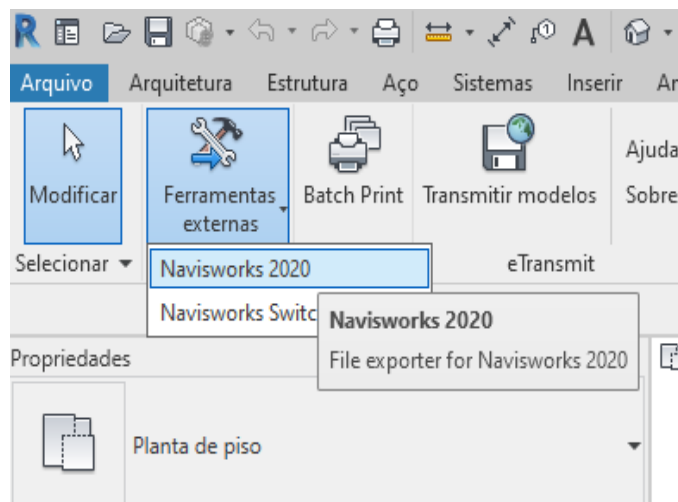
5.3.1.1 Importação dos arquivos para o Navisworks

O processo de importação iniciou-se pela exportação dos arquivos do projeto de Revit (Autodesk) para um arquivo Navisworks (Autodesk). O processo para exportação ocorreu por meio da aba *Suplementos > Ferramentas Externas > Navisworks*. Na Figura 36 é apresentado esse processo.

Ao total foram exportados 3 arquivos (projeto arquitetônico, elétrico e hidrossanitário), sendo que eles possuíam o formato *Navisworks Cache File (NWC)* e estavam diretamente ligados ao modelo Revit (Autodesk), de forma que as alterações no projeto original também se aplicavam para esses arquivos.

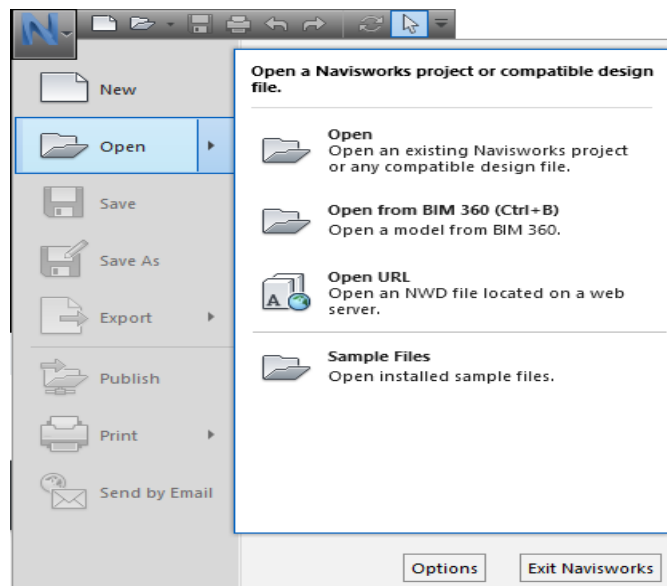
Os arquivos exportados do Revit podem ser diretamente importados no Navisworks através do botão “*Open*” (Figura 37), sendo possível importar individualmente ou simultaneamente todos os arquivos em que se desejasse analisar as interferências.

Figura 36 – Exportação do projeto no Revit para o Navisworks



Fonte: Autores (2022).

Figura 37 – Importação do arquivo para o Navisworks



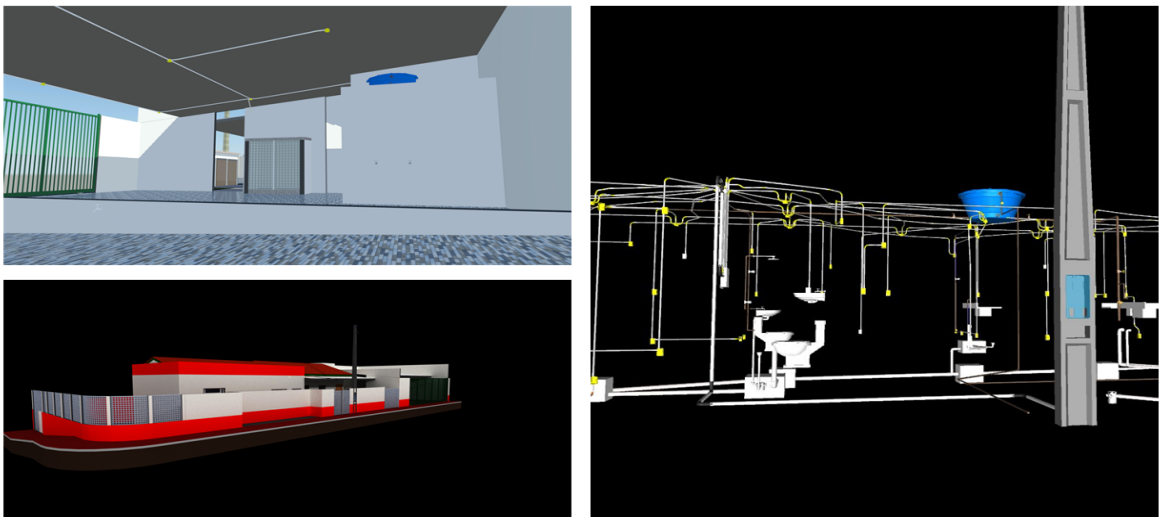
Fonte: Autores (2022).

Após a importação dos arquivos foi possível visualizar cada um deles na aba “*Selection tree*” (Árvore de seleção), disponibilizando todos ao mesmo tempo, ocultando um dos projetos, níveis ou determinados elementos. A Figura 38 traz exemplos de visualizações que

podem ser obtidas, como os três projetos simultaneamente ou apenas o projeto elétrico e hidrossanitário.

O arquivo para estudo das interferências composto pelos 3 arquivos dos projetos exportados do Revit (Autodesk) pode ser salvo tanto no formato NWF ou NWD. Nesse estudo optou-se por utilizar o formato *Navisworks Set File* (NWF), que é um formato que possui vínculo nativo com os arquivos originais do projeto, onde as alterações feitas na origem, automaticamente, são atualizadas no arquivo do Navisworks.

Figura 38 – Visualização dos projetos no Navisworks



Fonte: Autores (2022).

Outro ponto é que esse modelo de arquivo permite conexão direta com o Revit, uma vez que o Navisworks não modifica o projeto original, apenas serve como uma ferramenta de análise. Entretanto, essa conexão direta permite selecionar um elemento no Navisworks e, por meio da função *SwitchBack*, visualizar diretamente no Revit, caso o arquivo original esteja aberto. Essa função é muito útil, pois permite selecionar um elemento que possui interferência e visualizá-lo no projeto original para realizar as devidas correções.

5.3.2 Detecção das Interferências

Para a detecção das interferências foi utilizada a ferramenta de “*Clash Detective*” do Navisworks (Autodesk), que permite a criação de testes de *Clash* (colisão) entre os arquivos,

considerando todos os seus elementos ou apenas alguns em específico, como a verificação de *clash* apenas entre portas e vigas. O *Clash Detective* permite execução de 4 tipos de testes, conforme destaca Carreiró (2017):

- **Hard** – É analisada a interferência física entre os elementos e é possível especificar a distância tolerada entre eles em “Tolerance”;
- **Hard (Conservative)** – Da mesma forma que o *Hard Test*, verifica a interferência física entre os elementos, entretanto, nesse tipo de teste os elementos possuem considerações em suas geometrias que são mais conservativas, como a consideração de uma superfície arredondada como hexagonal;
- **Clearance** – É analisada a distância entre os elementos por meio da especificação da distância em ‘Tolerance’;
- **Duplicates** – Verifica a existência de elementos e geometrias duplicadas no projeto. Muitas vezes pode ocorrer a cópia e cola de determinado item que não deveria se repetir.

Para as análises das interferências entre os projetos nesse estudo foram realizados 3 testes de *clash*. Os testes realizados foram entre a Arquitetura x Elétrica, Arquitetura x Hidrossanitário, Elétrica x Hidrossanitário, sendo todos do tipo *Hard* com tolerância de 0,010 m, estando os resultados apresentados na Figura 39, sendo detectados no total 404 *clashes*.

Figura 39 – Resultado dos testes de *clash*

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Arquitetura x Elétrico	Old	230	230	0	0	0	0
Arquitetura x Hidrossanitário	Old	169	169	0	0	0	0
Elétrico x Hidrossanitário	Old	5	5	0	0	0	0

Fonte: Autores (2022).

5.3.2.1 Arquitetura x Elétrica

No total foram detectados 230 *clashes* entre o projeto de arquitetura e elétrico, cada um deles foram analisados e muitos não apresentaram um real problema de incompatibilidade.

Após a análise individual de cada um dos *clashes* detectados, constatou-se que, dos 230, apenas 23 realmente se tratavam de interferências que não estavam previstas entre os projetos. Na Figura 40 é apresentado um resumo dos resultados finais.

Os 207 *clashes* que foram interpretados pelo software como problemas de incompatibilidade, tratavam-se de choque entre eletrodutos, cotovelos e curvas com paredes, lajes e piso. Esses choques já estavam previstos em projeto, uma vez que o sistema de construção utilizado na obra é um sistema tradicional, onde são realizados cortes e rasgos nas alvenarias para a passagem das tubulações e eletrodutos, assim como os eletrodutos nas lajes e piso estão presentes durante a concretagem.

Figura 40 – Resultado final de *clash* entre Arquitetura e Elétrica

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Arquitetura x Elétrico	Done	230	0	23	0	0	207

Clash Detective
 Arquitetura x Elétrico
 Last Run: segunda-feira, 24 de janeiro de 2022 21:48:14
 Clashes - Total: 230 (Open: 23 Closed: 207)

Buttons: Add Test, Reset All, Compact All, Delete All, Update All

Tabs: Rules, Select, Results, Report

Toolbar: New Group, Assign, Re-run Test

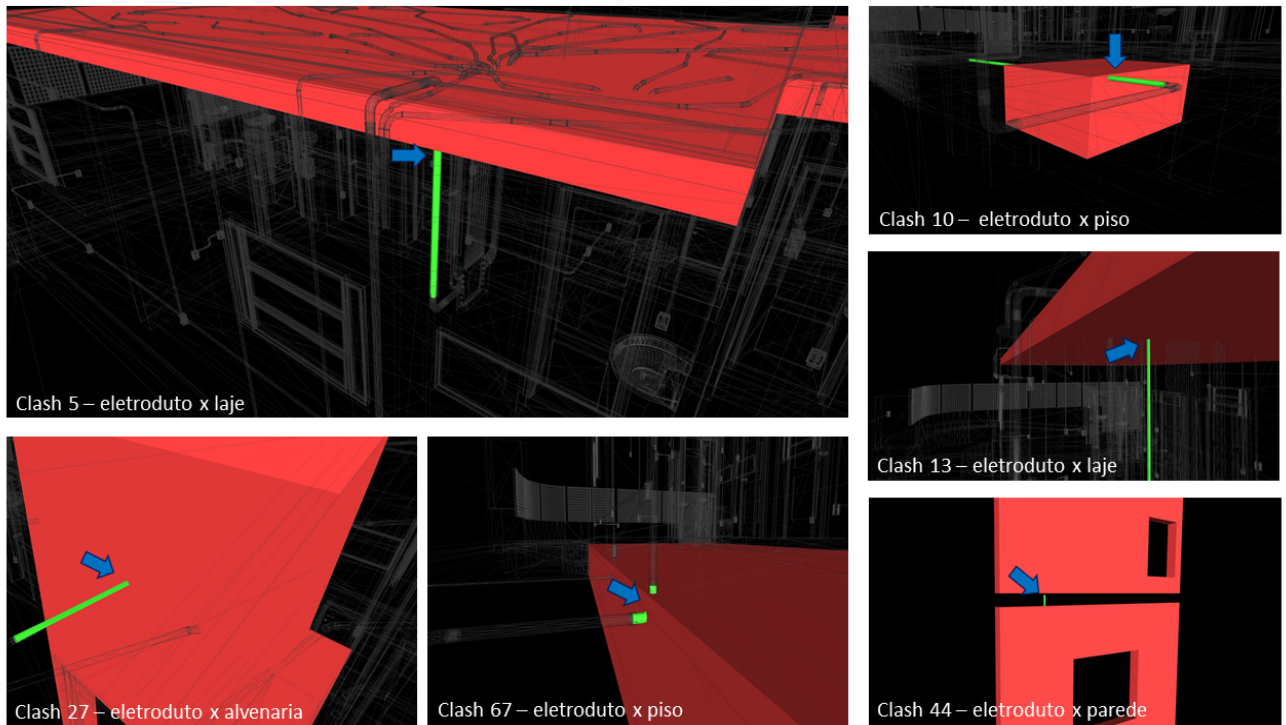
Fonte: Autores (2022).

A Figura 41 apresenta alguns dos *clashes* que foram descartados, onde grande parte dos demais que foram desconsiderados possuía a mesma análise.

- Os *clashes* 5 e 13 detectaram uma interferência entre o eletroduto com a laje, entretanto, não representava um real problema, uma vez que já era previsto a passagem do eletroduto pela laje;
- Os *clashes* 2 e 67 detectaram uma interferência entre o eletroduto com o piso, que também não se tratava de um real problema, uma vez que está prevista a passagem da tubulação nos pisos;
- Os *clashes* 27 e 44 detectaram uma interferência entre o eletroduto com a alvenaria, o que também não se tratava de um problema de incompatibilidades dos projetos, pois a

metodologia construtiva utilizada permite a realização de cortes na alvenaria para a passagem dos eletrodutos.

Figura 41 – *Clashes* descartados da Arquitetura x Elétrica



Fonte: Autores (2022).

Entretanto, ocorreram 23 *clashes* que não poderiam ser descartados e nem estavam previstos em projeto, sendo necessárias correções e reavaliações no projeto original. O Quadro 3 apresenta um resumo desses *clashes*.

Quadro 3 – *Clashes* considerados entre Arquitetura x Elétrica

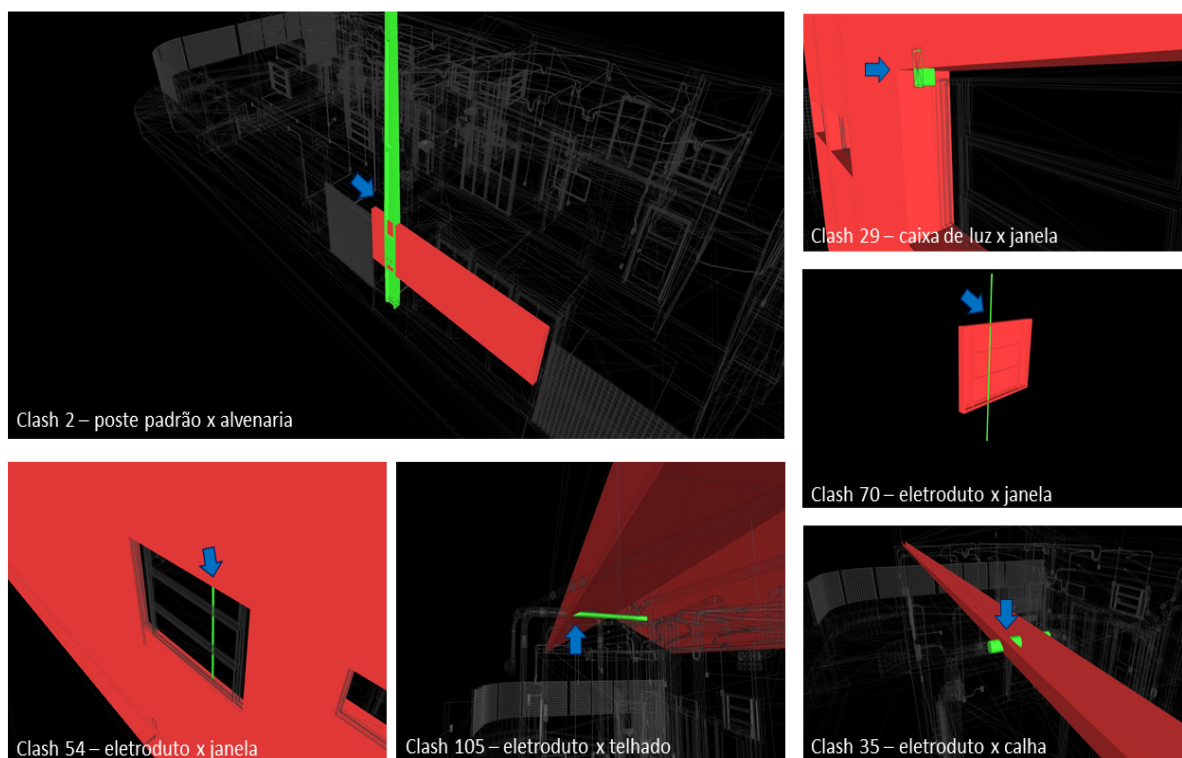
<i>Clashes</i> entre Arquitetura x Elétrica	
Poste padrão x Alvenaria	2
Eletrodutos x Janela	3
Caixa de luz x Janela	1
Eletroduto x Calha	10
Eletroduto x Telhado	7
Total	23

Fonte: Autores (2022).

Esses *clashes* ocorreram principalmente entre eletrodutos e caixa de luz com calha, telhado e janelas, além do poste padrão e alvenaria, conforme apresentados no Quadro 3. A Figura 42 demonstra alguns desses *clashes*.

- O *clash 2* ocorreu entre o poste padrão com a alvenaria. Essa interferência já poderia ter sido prevista no projeto de arquitetura e considerado o espaço necessário para a alocação desse elemento;
- Os *clashes 29, 54 e 70* ocorreram entre elementos do projeto elétrico com as janelas. No *clash 29*, a interferência ocorreu entre a caixa de luz e a janela, sendo necessário o reposicionamento do elemento no projeto elétrico. Já os *clashes 54 e 70*, as interferências ocorreram entre os eletrodutos e janela, sendo também necessária revisão no projeto elétrico, modificando o trajeto dos eletrodutos;
- Os *clashes 35 e 105* ocorreram entre os eletrodutos e elementos do telhado, como a calha e o próprio telhado. Nesse caso também é necessária a revisão no projeto elétrico, realizando mudanças no traçado do eletroduto.

Figura 42 – *Clashes* procedentes da Arquitetura x Elétrica



Fonte: Autores (2022).

5.3.2.2 Arquitetura x Hidrossanitário

No teste de *clash* entre o projeto de arquitetura e hidrossanitário foram detectados no total 168 *clashes*, entretanto, da mesma forma que o teste entre arquitetura e elétrico, muitas das interferências não apresentavam um real problema de incompatibilidade, pois já estavam previstos em projeto devido às considerações das metodologias construtivas utilizadas.

Ao final, após a análise de cada um dos *clashes*, constatou-se que, dos 168, apenas 6 realmente apresentavam interferências onde seria necessária uma reavaliação nos projetos. A Figura 43 traz um resumo dessa análise.

Figura 43 – Resultado final de *clash* entre Arquitetura e Hidrossanitário

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Arquitetura x Hidrossanitário	Done	169	0	6	0	0	163

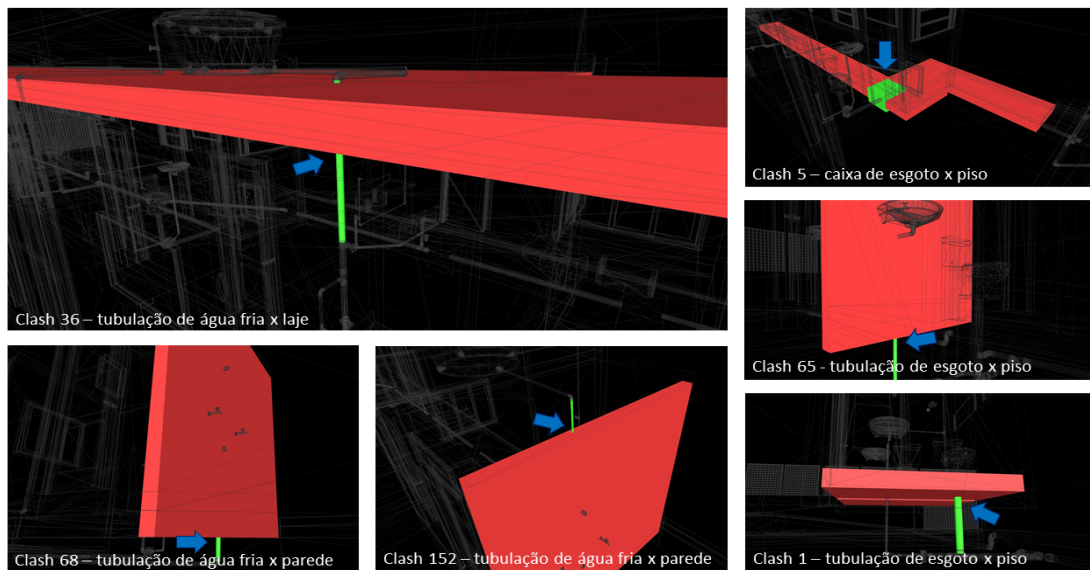
Clash Detective
Arquitetura x Hidrossanitário
Last Run: quinta-feira, 27 de janeiro de 2022 00:08:58
Clashes - Total: 169 (Open: 6 Closed: 163)

Fonte: Autores (2022).

A Figura 44 apresenta alguns exemplos dos *clashes* que foram desconsiderados por se tratar de uma interferência prevista entre os elementos e não erros de projeto.

- Os *clashes* 1 e 65 detectaram uma interferência entre a tubulação de esgoto com o piso e parede da edificação, entretanto, isso não representa uma incompatibilidade uma vez que a tubulação realmente passará por esse caminho;
- O *clash* 5 detectou uma interferência entre a caixa de esgoto e piso da edificação, entretanto, também não se trata de uma incompatibilidade, uma vez que está prevista a alocação desse elemento no piso;
- Os *clashes* 36, 68 e 152 detectaram uma interferência entre a tubulação de água fria com a parede e laje da edificação, entretanto, também não se trata de uma incompatibilidade, uma vez que está prevista a passagem desses elementos no local.

Figura 44 – *Clashes* descartados da Arquitetura x Hidrossanitário



Fonte: Autores (2022).

Entretanto, foram detectados 6 *clashes* entre os projetos, os quais não poderiam ser desconsiderados, sendo necessária a revisão e correção dos mesmos. O Quadro 4 apresenta um resumo desses *clashes*.

Quadro 4 – *Clashes* considerados entre Arquitetura x Hidrossanitário

<i>Clashes</i> entre Arquitetura x Hidrossanitário	
Tubulação de esgoto x Escada	4
Reservatório de água x Alvenaria	1
Tubulação de água fria x Alvenaria	1
Total	6

Fonte: Autores (2022).

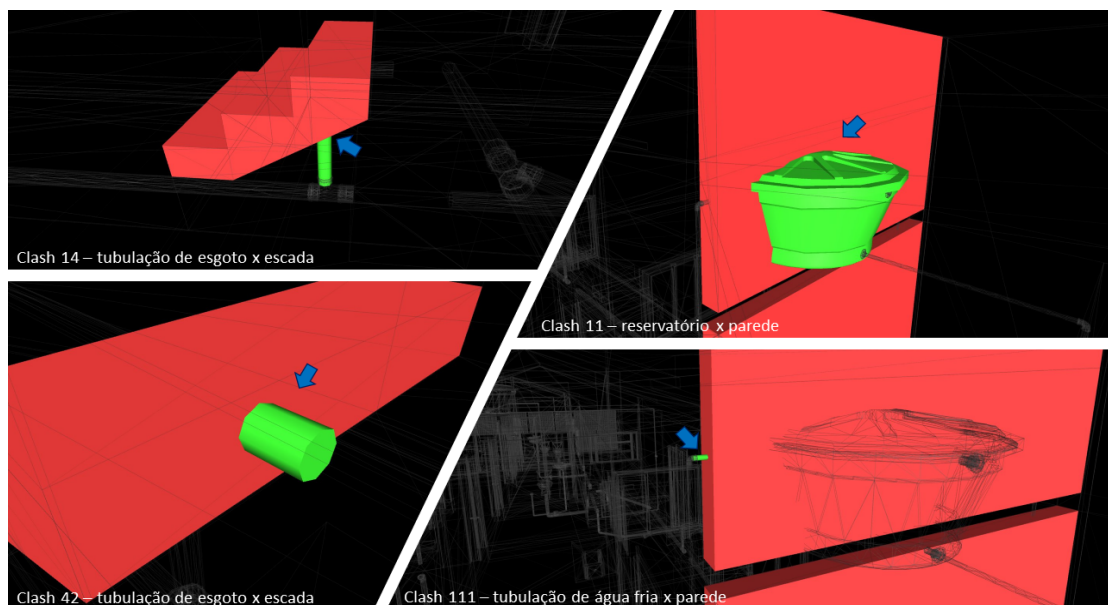
Esses *clashes* ocorreram essencialmente entre o reservatório de água com a alvenaria, tubulação de esgoto com a escada e tubulação de água fria com a alvenaria, conforme apresenta a Figura 45.

- Os *clashes* 11 e 111 apresentaram a interferência entre o reservatório e tubulação de água fria com a parede. Conforme o projeto de autoria da prefeitura, o reservatório se apresentava exatamente nessa localização utilizada na modelagem. Acredita-se que foi apenas um deslocamento errado do reservatório no projeto de origem, uma vez que a

localização do mesmo é inviável construtivamente, portanto, é necessário o deslocamento do mesmo para fora da parede no projeto hidráulico e, conseqüentemente, a tubulação de água fria que alimenta o reservatório também se deslocará para fora da parede;

- Os *clashes* 14 e 42 apresentaram a interferência entre a tubulação de esgoto com a escada, sendo, portanto, necessária a reavaliação no traçado da tubulação de esgoto, uma vez que pode afetar a parte estrutural da escada caso não esteja previsto no projeto estrutural (não disponibilizado).

Figura 45 – *Clashes* procedentes da Arquitetura x Hidrossanitário



Fonte: Autores (2022).

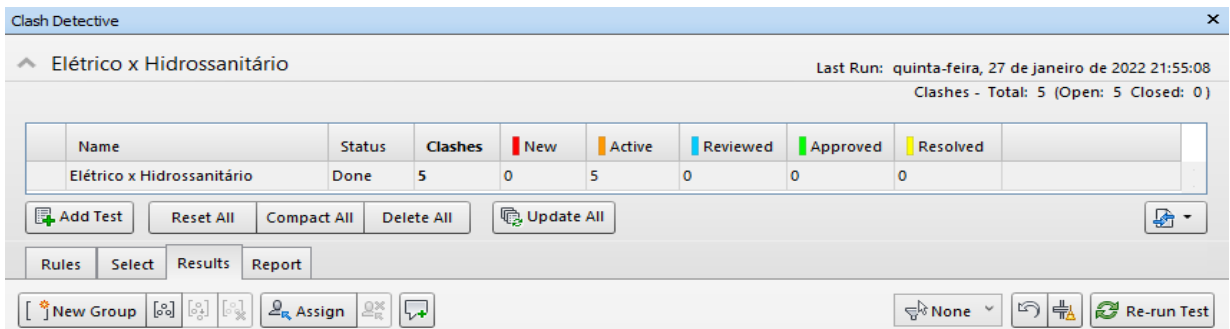
5.3.2.3 Elétrico x Hidrossanitário

No teste de *clash* entre o projeto elétrico e hidrossanitário foram detectados no total 5 *clashes*. Esse volume bem menor de *clashes* em relação aos testes com a arquitetura, se deve ao fato de esses projetos ocuparem um volume menor em relação ao arquitetônico. Desses 5 *clashes* detectados todos foram procedentes, ou seja, a assertividade desse teste foi bem maior do que os anteriores. A Figura 46, traz um resumo dessa análise.

Os *clashes* entre o projeto elétrico e hidrossanitário ocorreram essencialmente entre eletrodutos com o reservatório de água e tubulação de água fria, conforme destaca o Quadro 5 e a Figura 47.

- Os *clashes* 1 e 4 apresentaram a interferência entre trechos do eletroduto com o reservatório de água. Nesse caso, é necessária a reavaliação do traçado do eletroduto no projeto elétrico, tanto no seu distanciamento ou profundidade da laje, bem como seu deslocamento lateral para fora do reservatório;
- O *clash* 5 apresentou a interferência entre o eletroduto com a tubulação de água fria. Nesse caso, também é necessária a reavaliação dos traçados em ambos dos projetos, verificando a possibilidade na mudança de altura entre as tubulações ou a inserção de uma curva para a mudança de trajeto que elimine o encontro entre os dois elementos.

Figura 46 – Resultado final de *clash* entre Elétrica e Hidrossanitário



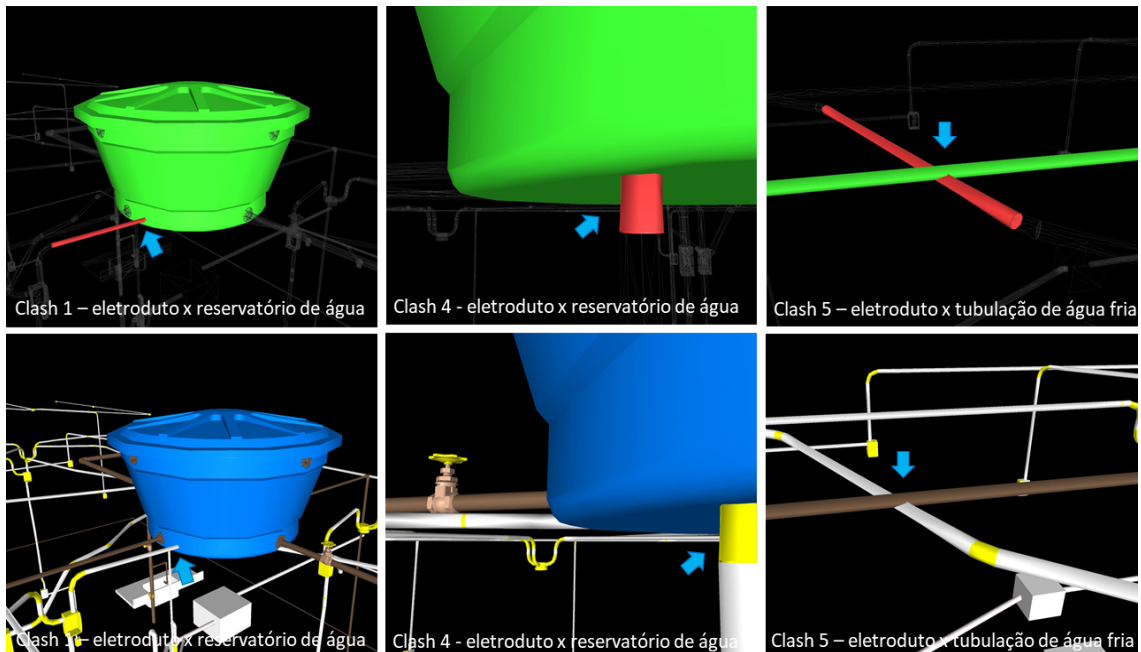
Fonte: Autores (2022).

Quadro 5 – *Clashes* considerados entre Elétrica x Hidrossanitário

Clashes entre Elétrica x Hidrossanitário	
Eletroduto x Reservatório de água	4
Eletroduto x Tubulação de água fria	1
Total	5

Fonte: Autores (2022).

Figura 47 – *Clashes* procedentes da Elétrica x Hidrossanitário



Fonte: Autores (2022).

5.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.4.1 Visão dos envolvidos no projeto

Para uma melhor interpretação dos resultados, foram apresentadas as modelagens e resultados obtidos no Navisworks (Autodesk) para os responsáveis técnicos de cada projeto base utilizado, para assim fazer-se uma comparação de metodologia.

Foram realizadas também perguntas a respeito do processo de compatibilização tradicional para a arquiteta, que é a responsável pela compatibilização desse projeto.

A seguir, são apresentadas as visões a partir do que foi descrito aos profissionais envolvidos nos projetos, quanto ao uso da modelagem e compatibilização possibilitados com uso de BIM.

5.4.1.1 *Clashes* do Projeto Elétrico

Sobre as incompatibilidades ou *clashes* entre elétrica e arquitetura, o engenheiro eletricitista, autor do projeto, comentou:

“Era de se esperar algumas interferências sim, devido ao projeto ser feito no 2D, às vezes, esquecemos dos pontos no alto, por exemplo, nesse caso dos telhados, nem tinha me atentado com isso. E também acaba nos faltando dados de altura, principalmente quando tem inclinação”.

Ele também comentou, mais especificamente, sobre os *clashes* entre os pontos elétricos com as janelas.

“Essas interferências com as janelas, me preocupa mais, pois acaba sendo desatento da nossa parte e também falta de uma revisão geral mais precisa, pois é uma coisa fácil de observar. Como você mesmo disse, quando estava fazendo o 3D, já conseguiu perceber”.

No caso do *clash* entre o muro e o poste, ele fez uma observação sobre o projeto modelado neste trabalho, que não havia sido notado, sobre o fato de que, por ter sido utilizado um *template* que não necessariamente contemplava as medidas padrão da concessionária que atua na cidade de Cruzeiro - SP, pode haver diferenças entre as medições. O seu comentário foi:

“O poste, vocês utilizaram o padrão da Bandeirantes? Porque no projeto só colocamos o poste padrão dela e pelo manual as medidas batiam, pode ser que tenham usado algum outro padrão”.

Sobre as incompatibilidades ou *clashes* entre elétrica e o hidrossanitário, o engenheiro eletricitista, comentou:

“Nesse projeto eu esperava que ocorresse até mais do que 5. Era no começo e não conversamos muito com o pessoal da hidráulica, mas agora já nos comunicamos bastante para alocar os pontos elétricos com base no hidráulico, pois o nosso é mais fácil de mover. Nesses casos de interferência que você citou, durante a execução é previsto mais 10% de condutores e eletrodutos, justamente para fazer esses desvios no traçado, uma vez que a hidráulica é instalada primeiro”.

5.4.1.2 *Clashes* do Projeto Hidrossanitário

Sobre as incompatibilidades ou *clashes* entre o hidrossanitário e arquitetura, o engenheiro civil, autor do projeto hidrossanitário, comentou:

“Isso que é bom do 3D, esses defeitinhos acabam passando despercebidos, até mesmo quando fizemos a isométrica, mas como são erros pequenos, durante a execução conseguimos modificar o traçado rapidamente”.

Ele também enfatizou a importância da comunicação durante a execução dos projetos:

“Esse problema da caixa d'água, seria facilmente resolvido se tivéssemos o projeto arquitetônico final ou tivéssemos anotado no levantamento a posição correta da caixa, mas é com os erros que se aprende né”.

Sobre os *clashes* com o projeto elétrico, o comentário foi:

“É o mais normal de acontecer, por serem muitos caminhos, mas até que nesses demos sorte, por que nem conversamos as posições direitinho. Mas é bom ser notado antes, ajuda no orçamento, pois como na elétrica deixamos uma margem na quantidade de tubulações, assim teríamos mais precisão no valor e não precisaria dessa margem”.

5.4.1.3 *Clashes* do Projeto Arquitetônico

Sobre as incompatibilidades ou *clashes* com o projeto arquitetônico e os demais projetos a arquiteta, autora do projeto, comentou:

“Que boa ideia, gostaria de ter esse recurso na hora de checar os projetos. Mas como você percebeu são incompatibilidades que com a vista 2D apenas, fica muito difícil sua detecção, tirando alguns casos, como por exemplo, o eletroduto na janela. Então, juntando a correria da entrega com essa dificuldade, acaba passando despercebido por mim”.

5.4.1.4 Perguntas sobre a compatibilização em geral

Perguntou-se para a arquiteta, o que ela achava mais difícil no método de compatibilização que ela utilizou, sua resposta foi:

“Na minha opinião, é o cumprimento dos prazos. O tempo nos dado acaba sendo apertado e por fim, na correria, para não perder os prazos dos processos não percebemos erros. Quando temos tempo maior, geralmente durante a execução temos mais interações entre os projetistas e assim conseguimos evitar erros “bobos” e também a revisão geral acaba sendo mais precisa, mas como falta tempo, perdemos essa etapa da revisão e muitas vezes percebo erros durante a apresentação do projeto para aprovação, as vezes são erros “bobos” de digitação no carimbo”.

Sobre o uso da compatibilização com *Building Information Modeling* (BIM), foi questionado o que ela achou mais interessante e o que ela gostaria de poder utilizar nos próximos projetos. Ela respondeu:

“Todo o processo é mais dinâmico, mas para mim o mais interessante foi essa compatibilização rápida e de fácil compreensão. Eu não conhecia esse software Navisworks, o Revit eu conheço e sei de suas positivities, mas me surpreendi com o Navisworks. Além de possibilitar essa dinâmica tão facilitada, ele é leve, pelo o que você me disse, seria ótimo ter ele, mas para isso precisaríamos dos projetos em 3D”.

Então, aproveitando essa resposta, foi questionado sobre as dificuldades que ela teria para instalar esse processo que apresentamos no setor, já que ela também é a diretora . Ela respondeu:

“Eu vejo dois grandes problemas, que são as nossas máquinas e o pessoal. Como você bem sabe, nossas máquinas são péssimas, algumas travam com o Autocad, imagina o Revit e também nem todos aqui estão familiarizados com o Revit, assim teríamos que capacitar grande parte da equipe. Tenho certeza que todos aqui aceitariam fazer o curso sem problemas, mas nos falta recursos tanto para máquinas novas quanto para essa capacitação”.

Também foi questionado a ela, sobre o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020 (BRASIL, 2020), também conhecido como Lei do BIM, que entrou em vigor, tendo como resposta:

“Então, recebemos o aviso da administração superior e também a própria Autodesk entrou em contato com a gente, devido ao contrato que temos com ela para nos informar sobre uma consultoria que ela nos prestaria. Estamos no aguardo dessa consultoria. Outro ponto que trabalhamos para atender à lei quando ela ficar vigente, para nós, foi o pedido de máquinas novas, pois agora iniciou-se nos projetos federais, até recentemente tivemos que terceirizar um projeto de pavimentação, pois como era convênio federal era exigido o arquivo BIM, e daqui a pouco os projetos todos vão exigir, por isso a preocupação com as máquinas”

Por fim, perguntou-se o que ela achou do projeto apresentado e se ele a ajudou conhecer um pouco mais sobre a compatibilização com BIM, ao que ela respondeu:

“Amei o projeto. Olhar um trabalho já finalizado por outra visão sempre é bom, a gente acaba descobrindo coisas novas e que nos ajudam a melhorar nos próximos. A respeito da compatibilização com BIM, ficou bastante fácil ver as vantagens que ela nos traz com as descrições que vocês fizeram das etapas, principalmente dos *clashes*, uma vez que mostrou de forma clara onde estava ocorrendo as incompatibilidades e olhando para os projetos 2D nossos, alguns não consigo ver a incompatibilidade, mesmo sabendo que ela existe. Uma pena não terem conseguido

fazer a comparação entre os orçamentos, pois assim daria uma dimensão maior dessas correções”.

5.4.2 Análise dos resultados

Com todas as informações coletadas, por meio das análises obtidas via softwares e também das conversas com os autores, conseguiu-se determinar uma comparação prática direta entre os métodos de compatibilização usando a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) e a forma tradicional.

Essa comparação pode ser explicada por meio das vantagens e desvantagens da compatibilização com metodologia BIM, determinadas por meio desse estudo de caso.

5.4.2.1 Vantagens

Ao elaborar os projetos de adequação/reforma e ampliação da unidade de *Serviço de Atendimento Móvel de Urgência* (SAMU) na metodologia BIM, conseguiu-se como destaque as seguintes vantagens:

- **Tempo:** Essa é uma vantagem muito importante, pois influencia diretamente na qualidade dos projetos. Ao usar a metodologia BIM, foi possível executar a modelagem dos três projetos em um mês e a compatibilização em um dia, enquanto que na metodologia tradicional, de acordo com a arquiteta responsável, foram necessários cerca de três meses para concluir todo o projeto (fase de levantamento de dados até a conclusão de todos os projetos) e cerca de três dias para a compatibilização. Essa vantagem de tempo permite que mais ajustes sejam feitos antes da entrega, evitando-se, assim, retrabalhos futuros. Vale ressaltar que esse tempo maior na elaboração do projeto base se deve ao dimensionamento que, como não foi desenvolvido para este trabalho, gerou esse prazo muito menor do que o esperado;
- **Eficiência:** A detecção automática de interferências entre elementos para a compatibilização com BIM foi um fator que trouxe muitos benefícios, pois facilitou o encontro de incompatibilidades que, muitas vezes, acabam passando despercebidas. Isto, por vezes, se deve à vista 2D não ser tão eficiente, ao responsável não se atentar

às dimensões, a objetos que ficam escondidos na vista utilizada etc. No trabalho analisado, foram encontradas 34 interferências não previstas no projeto que já tinha sido compatibilizado e aprovado pelo órgão responsável. Logo, essas 34 interferências causarão problemas durante a fase da execução;

- **Agilidade:** Com a compatibilização em BIM, foi possível comprovar a maior agilidade dos processos, pois durante a execução da modelagem 3D, já era possível encontrar interferências entre os projetos. Além disso, a possibilidade de trocas de informações rápidas entre os projetistas durante as fases do projeto é algo que traz uma grande vantagem à administração pública, onde existem setores específicos para cada área, muitas vezes não ocorrendo essa troca de informações durante as fases iniciais. Assim, os erros vão se acumulando, por exemplo, no projeto estudado quando uma pequena mudança na posição da caixa d'água acabou gerando erros no projeto de elétrica;
- **Compreensão Ampliada:** O modo de visualização dos softwares que usam 3D, permite uma maior compreensão do projeto e facilita a apresentação para outros envolvidos, sejam leigos, ou próprios profissionais. Nesse projeto estudado, por exemplo, como o estacionamento não possui forro, as luminárias e eletrodutos deveriam passar pela parte da estrutura da cobertura e, com o modelo 3D facilita-se o entendimento para o orçamentista.

5.4.2.2 Desvantagens

A compatibilização com BIM é algo que traz muitas vantagens, mas durante a realização do estudo de caso, foi possível perceber alguns fatores que podem ser vistos como desvantagens. Fatores esses que contribuem na demora da implantação dessa metodologia no setor público brasileiro, principalmente em pequenas cidades.

- **Infraestrutura:** Sendo essa uma das maiores dificuldades para implementação dessa metodologia na prefeitura de Cruzeiro - SP, como pode ser visto nos comentários dos autores dos projetos, na seção 5.4.1. Como alguns softwares usados requerem computadores mais eficientes para serem executados e que apresentam um custo significativo, o setor público pode deixar de priorizar esta questão, o que é notado

principalmente em cidades pequenas por não possuírem uma arrecadação de renda alta. Sendo assim, dificulta a utilização da metodologia BIM;

- **Mão de obra qualificada:** Esse também é um dos fatores que influenciam na implementação dessa metodologia na prefeitura de Cruzeiro - SP e em outros municípios brasileiros. No entanto, essa questão interfere menos que a anterior, pois como pode ser visto nos comentários (seção 5.4.1), a metodologia BIM não é desconhecida pelos autores dos projetos, apesar de não existir um conhecimento profundo, por ser uma metodologia moderna e a cada vez mais estar surgindo mais ferramentas e técnicas de utilização.

Sendo esse problema, mão de obra qualificada, um ponto importante a ser analisado, pois como visto no estudo de caso, a metodologia BIM tem vantagens significativas, mas não é um método simples, principalmente na parte da compatibilização por ser de detecção automática. Assim, é necessário que os usuários possuam conhecimento técnico do software, bem como da área estudada.

Por exemplo, neste trabalho foi possível identificar dois casos onde o conhecimento técnico ajudou na compatibilização automática do software. Um deles foi o caso da incompatibilidade do poste com o muro, pois ao analisar junto com o autor técnico do projeto, identificou-se o uso de um modelo com dimensões diversas à concessionária de energia local, logo era um erro da modelagem 3D da peça.

Já o outro caso, ainda mais relevante para essa afirmação, é que pela compatibilização automática foi possível identificar diversas interferências físicas entre elementos (404 interferências). Porém, do total, apenas 34 foram interferências que deveriam ser tratadas como erros, já que as demais eram previstas em projeto pelo sistema tradicional de construção utilizado na obra, no qual são realizados cortes e rasgos nas alvenarias para a passagem das tubulações e eletrodutos.

6 CONCLUSÃO

Esse trabalho possibilitou uma maior compreensão da importância da compatibilização, sendo ela fundamental para o setor da construção civil, pois com a detecção prematura de incompatibilidades, possibilita-se evitar os famosos conflitos durante a execução. Tais conflitos acabam influenciando diretamente nos custos e prazos definidos no orçamento. Caso mais agravante no setor público, uma vez que o dinheiro para ser liberado para tais imprevistos demora e, assim o atraso na obra acaba sendo maior.

No setor público, onde ainda falta muito investimento em tecnologias, principalmente em cidades menores, essa realidade agrava o processo de obras atrasadas por incompatibilidades, uma vez que eles possuem um processo de compatibilização não ideal, sendo na sua maioria métodos manuais. Com os resultados deste trabalho, pode-se afirmar tal fato, pois foi possível encontrar erros na compatibilização de um projeto já aprovado, sendo alguns possíveis de correção durante a execução e outros que geram conflitos e, por consequência, o atraso na obra.

Assim, ao usar tecnologia BIM e analisar os resultados juntos dos autores originais, verificou-se que a compatibilização em BIM traz grandes vantagens em relação ao método tradicional, destacando como vantagens: a agilidade e o tempo obtidos no processo de compatibilização e de elaboração do projeto, a detecção automática de interferências entre elementos e correção antes da fase executiva, além de possibilitar trocas de informações rápidas entre os projetistas durante as fases do projeto, fato que é importante causador de problemas no setor público.

Mesmo com as vantagens mencionadas, foi encontrado um entrave para a implantação desse método, que é a adequação do setor para o uso desta tecnologia, devido à complexidade dos softwares e uma maior exigência de qualificação profissional.

Outro ponto que pode ser observado é que, apesar de sua precisão em comparação com outros modelos, a análise automática com uso de BIM não é infalível e deve ser cuidadosamente analisada e acompanhada por um profissional qualificado.

6.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

O orçamento, como foi mencionado na resposta da arquiteta (seção 5.4.1), não foi possível a realização. Uma das propostas seria levantar os quantitativos por meio da parametrização do Revit (Autodesk), e assim comparar com o quantitativo levantado na metodologia atual. Porém, como o orçamento original foi dividido em 3 partes, reforma, construção e demolição, não foi possível a obtenção de um valor exato das quantidades de materiais para comparação, pois a divisão entre as partes não é tão precisa, apresentando cômodos que serão divididos para formar outros.

Vale ressaltar que, o Revit (Autodesk) possibilita a opção de criar classes das peças que estão sendo modeladas, porém tem que ser no início da modelagem, como não havia a disponibilidade do orçamento durante essa etapa do trabalho, essa separação não foi realizada e, em caso do levantamento dos quantitativos na modelagem atual, essa separação não seria considerada, ou seja, seria como uma construção totalmente nova. Conclui-se que, assim, não possibilitaria uma análise realista de qual o método é mais eficiente, fugindo da proposta deste trabalho.

Sendo assim, deixa-se como sugestão para uma continuidade desse trabalho, a separação e parametrização correta das peças no Revit (Autodesk), possibilitando fazer uma análise comparativa entre os métodos de orçamentos (o orçamento tradicional e o orçamento por meio da parametrização com ferramentas BIM).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. M. **Compatibilização de projetos de edificação**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2015.

ARGUELHES, R. **Lei determina uso obrigatório do BIM em 2021**. InforChannel, 2020. Disponível em: <https://inforchannel.com.br/2020/08/24/lei-determina-uso-obrigatorio-do-bim-em-2021/>. Acesso em: 04 set. 2021.

AsBEA. **Manual de contratação dos serviços de arquitetura**. São Paulo: Pini, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5670**: seleção de contratação de serviço e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16636-2:2017**: elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos parte 2: projeto arquitetônico. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 12006-2:2018**: construção de edificação - organização de informação da construção parte 2: estrutura para classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil**: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. 2011. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2011.

BIM ENGUS. **Taking advantage of BIM clash detection for seamless architecture and construction**. 2021. Disponível em: <https://bimengusllp.blogspot.com/2021/03/>. Acesso em: 04 nov. 2021.

BIM FORUM. **Level of Development (LOD) specification part I & commentary for building Information models and data**. 2019. Disponível em: <https://bimforum.org/lod/>. Acesso em: 31 out. 2021.

BORGES, E. S. **Compatibilização de projetos**: um estudo de caso utilizando ferramentas de modelagem 3D. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), Florianópolis, 2019.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Utilização de BIM nas obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos públicos federais. Brasília, DF, abr. 2020. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/828086304/decreto-10306-20>. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. **Lei 8.666, de 21 de junho de 1993.** Institui normas para licitações e contratos da administração pública e dá outras providências. Brasília, DF, jun. 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. **Lei 10.520, de 17 de julho de 2002.** Institui a modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns. Brasília, DF, jul. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110520.htm. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. **Lei 12.462, de 4 de agosto de 2011.** Institui o regime diferenciado de contratações públicas - RDC. Brasília, DF, ago. 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112462.htm. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. **Lei 14.133, de 3 de abril de 2021.** Lei de licitações e contratos administrativos. Brasília, DF, abr. 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm. Acesso em: 09 jan. 2022.

CAMPBELL, J. Y. Household finance. **The journal of finance**, v. 61, n. 4, p. 1553-1604, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2006.00883.x>. Acesso em: 06 set. 2021.

CARVALHO, M. M.; R. JUNIOR, R. **Fundamentos em gestão de projetos: construindo competências para gerenciar projetos.** 5. ed. São Paulo, SP: Atlas - Grupo GEN, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597018950/>. Acesso em: 06 set. 2021.

CHIPPARI, P. **Compatibilização de projetos economiza tempo e dinheiro.** AECweb, 2014. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/compatibilizacao-de-projetos-economiza-tempo-e-dinheiro/6907>. Acesso em: 01 set. 2021.

CRUZEIRO (Município). **Projeto de adequação/reforma e ampliação do SAMU.** Cruzeiro: Prefeitura Municipal, 2021.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção.** Porto Alegre, RS: Bookman, 2014. Revisão técnica: Eduardo Toledo Santos. Tradução de: Cervantes Gonçalves Ayres Filho *et al.*

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de projetos.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), São Paulo, 2003.

GIJZEN, S. *et al.* **Organizing 3D building information models with the help of work breakdown structures to improve the clash detection process.** 2010. Final Report (Graduation in Computer Science) - Univ. of Twente, Enschede. 2010. Disponível em: http://essay.utwente.nl/59401/1/scriptie_S_Gijzen.pdf. Acesso em: 04 nov. 2021.

IBRAOP. **Fiscobras: superfaturamento, projeto básico ineficiente e falhas orçamentárias são as maiores irregularidades em obras.** IBRAOP, 2018. Disponível em:

<https://www.ibraop.org.br/blog/2018/10/31/fiscobras-superfaturamento-projeto-basico-ineficiente-e-falhas-orcamentarias-sao-as-maiores-irregularidades-em-obras/>. Acesso em: 01 set. 2021.

GONÇALVES JÚNIOR, F. **Desafios da compatibilização de projetos em órgãos públicos**. AltoQi – mais engenharia, 2020. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/construtoras/desafios-da-compatibilizacao-de-projetos-e-m-orgaos-publicos/>. Acesso em: 04 set. 2021.

LIMA, J. P. M. **Os benefícios da compatibilização de projeto. estudo de caso: residência unifamiliar na cidade de Juazeiro do Norte - CE**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato, 2019.

MARIA, M. M. **Tecnologia BIM na arquitetura**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

MELLO, R. **BIM e custos: maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff**. Autodesk University Brasil, 2012. Disponível em: https://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil2014/documents/materialapoio/2012/AU-BR-44_Apostila.pdf. Acesso em: 02 jun. 2021.

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

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1994.

MIKALDO, J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de T.I**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2006.

NASCIMENTO, J. M. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil**. 2013. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Instituto de Pós-Graduação (IPOG). Goiânia, 2013.

RODRIGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. Construtibilidade no processo de projeto de edificações. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO*, 3., 2003, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: SIBRAGEQ, 2003. p. 355-366. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/8100>. Acesso em: 06 set. 2021.

SALGADO, M. S. **Gestão do processo de projeto na construção do edifício: revisão 1**. 2007. Monografia (Especialização em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2007.

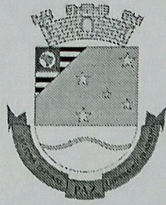
SILVA, G.; BALZ, A.; PEDROZO, E. C. **Eficiência proporcionada pelas dimensões dos processos BIM no ciclo de vida das edificações**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Santa Rosa, 2021.

TCU. **Obras públicas:** recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras públicas. 4.ed. Brasília: SecobEdif, 2014.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo para a gestão do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1999.

ANEXO A – Autorização de uso dos projetos



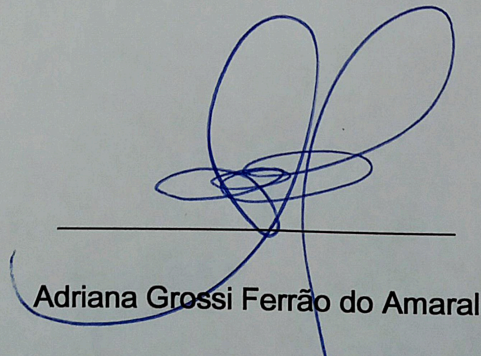
Prefeitura Municipal de Cruzeiro

Estado de São Paulo

AUTORIZAÇÃO

Venho por meio deste, como Diretora de obras do setor de Projetos e Orçamentos a autorizar o estagiário *Clayton Silva Junior, sob o RG 57725086-3*, alocado nesta Secretaria de Obras e Serviços Públicos, a utilizar os projetos de arquitetura, elétrico e Hidro-sanitários do Objeto de Reforma e Readequação do SAMU que se encontra em fase final de elaboração a ser implantado na cidade de Cruzeiro, situado na Rua São Paulo, sem nº, Vila Brasil, para fins de estudo e trabalho de conclusão do curso de graduação de Engenharia Civil.

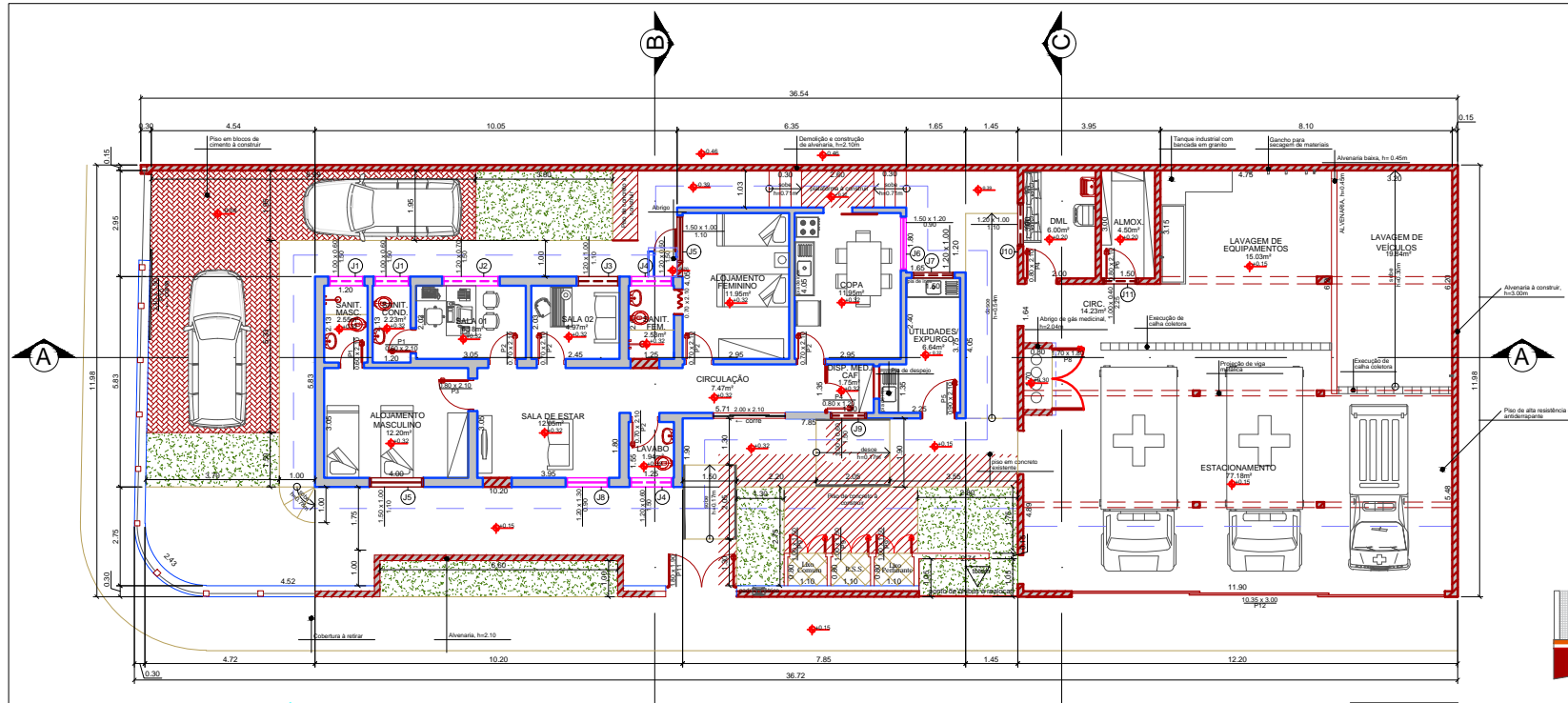
Cruzeiro, 27 de setembro de 2021.



Adriana Grossi Ferrão do Amaral
Arquiteta Urbanista
Diretora de Obras

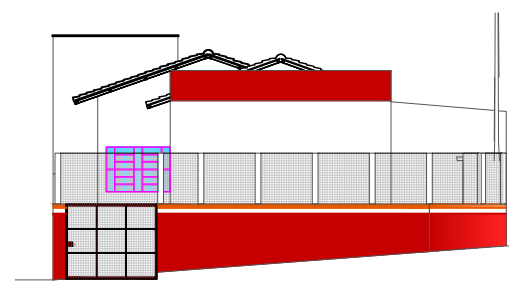
Adriana Grossi Ferrão do Amaral
Arquiteta e Urbanista
CAU A 32866-9
Diretora de Obras

**ANEXO B – Projetos originais (Projeto Arquitetônico, Projeto Elétrico e Projeto
Hidráulico / Hidrossanitário)**

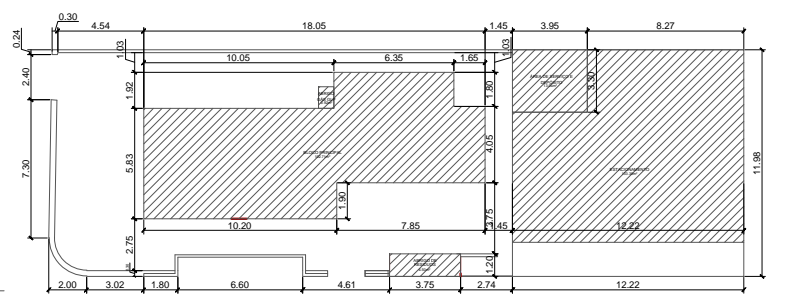


PLANTA PAV. TÉRREO
ESCALA 1:100

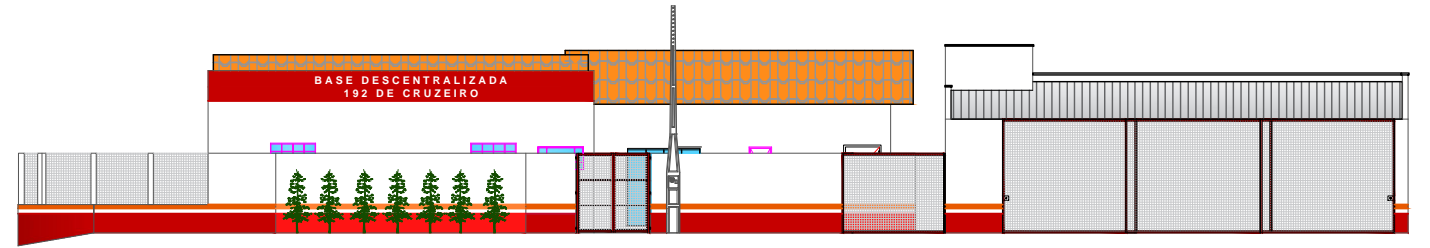
LEGENDA
— Existente
- - Demolir
- - - Construir



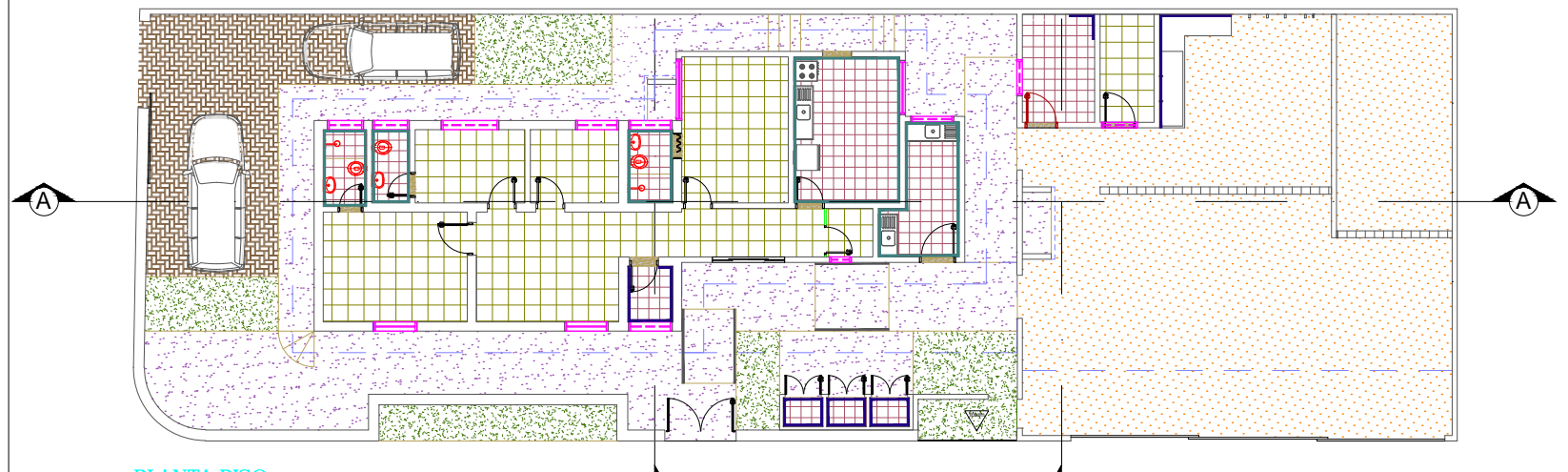
FACHADA LATERAL
ESCALA 1:100



PLANTA SITUAÇÃO
ESCALA 1:200



FACHADA FRONTAL
ESCALA 1:100



PLANTA PISO
ESCALA 1:100

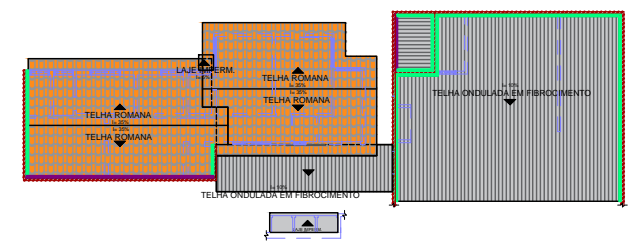
LEGENDA
Azulejo cerâmico, h=3.00m
Azulejo cerâmico, h=1.80m
Azulejo cerâmico - modelo 01
Piso cerâmico - modelo 02
Piso em granite lavado tipo 'fulger'
Bloco sextavado de concreto tipo 'bloquete'
Piso em granite lavado tipo 'fulger'
Soleira em granito

TABELA DE ESQUADRIAS - PORTAS

COD.	QUANT.	LARGURA	ALTURA	MODELO
P1	2	0.80	2.10	PORTA DE ABRIR LISA EM MADEIRA OCA
P2	5	0.70	2.10	PORTA DE ABRIR LISA EM MADEIRA OCA
P3	1	0.80	2.10	PORTA DE ABRIR LISA EM MADEIRA OCA
P4	2	0.80	2.10	PORTA DE ABRIR TIPO VENEZIANA EM ALUMÍNIO
P5	1	0.90	2.10	PORTA DE ABRIR TIPO VENEZIANA EM ALUMÍNIO
P6	1	0.80	2.10	PORTA DE ABRIR TIPO VENEZIANA EM ALUMÍNIO COM VIDRO BASCULANTE
P7	1	0.83	1.00	PORTA DE ABRIR EM FERRO COM TELA QUADRICULADA
P8	1	1.70	1.80	PORTA DE ABRIR EM FERRO
P9	3	1.00	1.50	PORTA DE ABRIR EM FERRO COM TELA QUADRICULADA
P10	1	2.40	1.90	PORTÃO DE CORRER LISO EM METALON
P11	1	1.80	1.90	PORTÃO DE ABRIR EM FERRO COM TELA QUADRICULADA
P12	1	10.30	3.00	PORTÃO DE CORRER 3 FOLHAS EM FERRO COM TELA QUADRICULADA

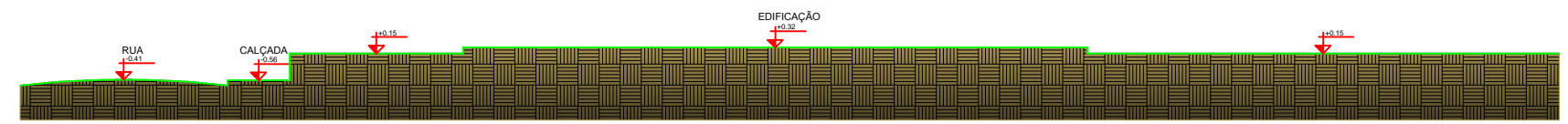
TABELA ESQUADRIAS - JANELAS

COD.	QUANT.	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	MODELO
J1	2	1.00	0.90	1.50	JANELA BASCULANTE EM FERRO COM 9 SEÇÕES, SENDO 8 FIXAS
J2	1	1.20	0.70	1.50	JANELA BASCULANTE EM FERRO COM 9 SEÇÕES, SENDO 8 FIXAS
J3	1	1.20	1.00	1.10	JANELA DE CORRER EM FERRO 3 FOLHAS TIPO VENEZIANA, SENDO 1 FOLHA FIXA
J4	2	1.20	0.60	1.50	JANELA BASCULANTE EM FERRO COM 9 SEÇÕES, SENDO 8 FIXAS
J5	2	1.50	1.00	1.10	JANELA DE CORRER EM FERRO 6 FOLHAS TIPO VENEZIANA SENDO 2 FOLHAS FIXAS
J6	1	1.50	1.20	0.90	JANELA BASCULANTE EM FERRO COM 18 SEÇÕES, SENDO 10 FIXAS
J7	1	1.20	1.20	1.20	JANELA DE CORRER EM VIDRO TEMPERADO INCOLOR 10MM 2 FOLHAS, SENDO 1 FIXA
J8	1	1.20	1.30	0.90	JANELA DE CORRER EM FERRO 4 FOLHAS
J9	1	1.00	0.60	1.50	JANELA DE CORRER EM VIDRO TEMPERADO INCOLOR 10MM 2 FOLHAS, SENDO 1 FIXA
J10	1	1.20	1.00	1.10	JANELA DE CORRER EM VIDRO TEMPERADO INCOLOR 10MM 2 FOLHAS, SENDO 1 FIXA
J11	1	1.00	0.40	2.25	JANELA BASCULANTE EM VIDRO TEMPERADO 6MM INCOLOR

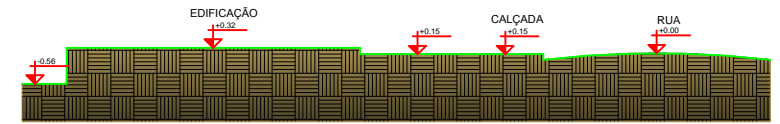


PLANTA COBERTURA
ESCALA 1:200

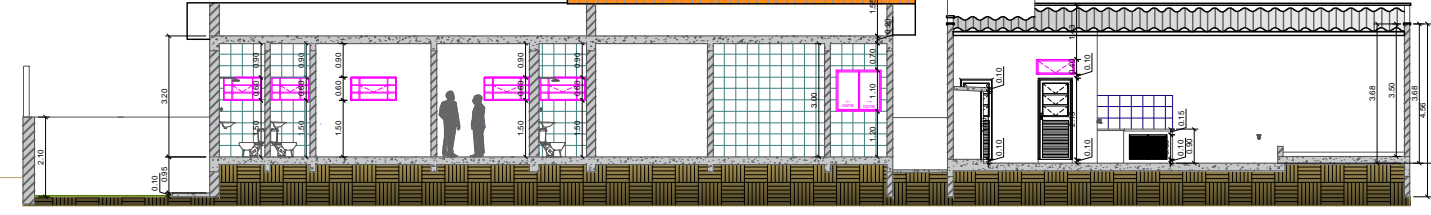
LEGENDA
— Existente
- - Demolir
- - - Construir
- - - Rufo
- - - Calha



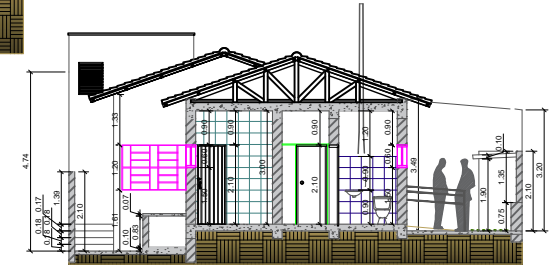
PERFIL TRANSVERSAL
ESCALA 1:100



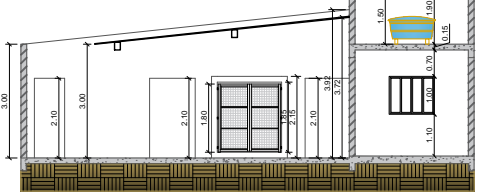
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:100



CORTE AA
ESCALA 1:100



CORTE BB
ESCALA 1:100



CORTE CC
ESCALA 1:100

PROJETO ARQUITETÔNICO

ASSUNTO:
PROJETO DE ADEQUAÇÃO/REFORMA/AMPLIAÇÃO DO SAMU

LOCAL
RUA SÃO PAULO, S/N

BAIRRO
VILA BRASIL

POPRIETÁRIO
PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO

INSCRIÇÃO CADASTRAL
4.055.0150.001

FOLHA
01/01

MUNICÍPIO
CRUZEIRO

ESTADO
SP

ESCALA
INDICADA

LOCALIZAÇÃO (s/ escala)

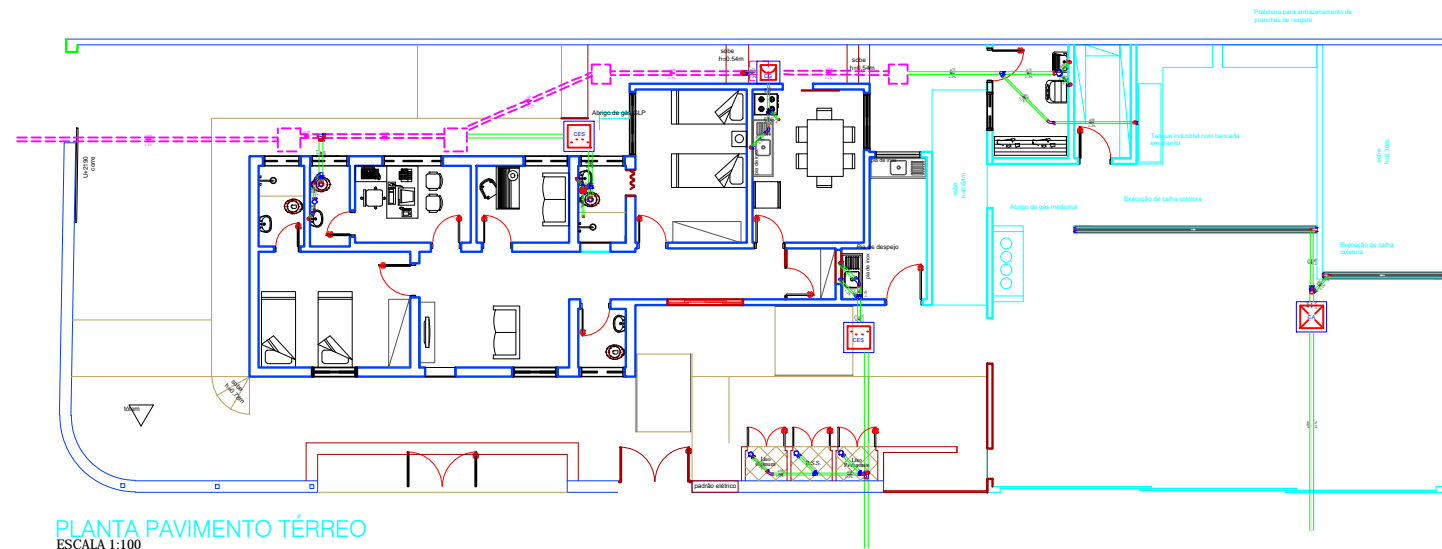
PROPRIETÁRIO
PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO
CNPJ: 46.668.596/0001-01

AUTORA DO PROJETO/ARQUITETA
ADRIANA GROSSI FERRÃO DO AMARAL
CAU: A 32866-9
RRT:

RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA OBRA
PAULO CÉZAR FÉLIX JÚNIOR
CREA: 506.288.266-8
ART:

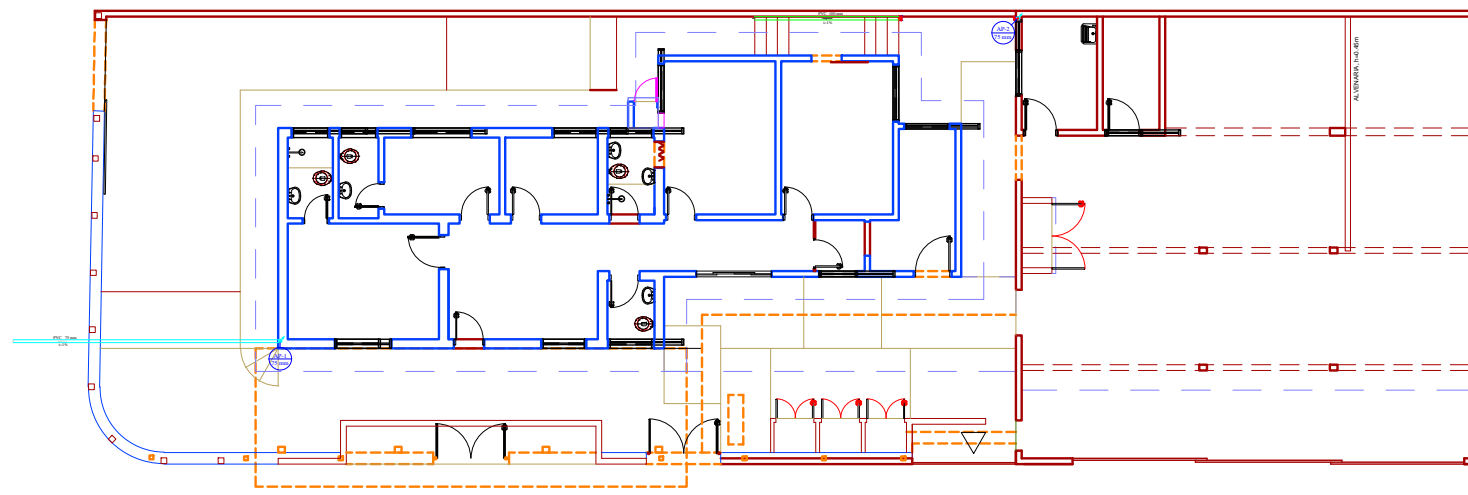
QUADRO DE ÁREAS (m²)

ÁREA DO TERRENO	438,15m ²
EDIF. BLOCO PRINCIPAL	102,71m ²
ESTACIONAMENTO COBERTO	111,36m ²
ÁREA DE SERVIÇO	13,04m ²
ABRIGO DE RESÍDUOS	04,50m ²
ABRIGO DE GÁS GLP	00,92m ²
TOTAL CONSTRUÍDA	232,53m ²
CALÇADA	80,31m ²
TOTAL A ADEQUAR/REFORMAR/CONSTRUIR	518,46m ²
TAXA DE OCUPAÇÃO	53,07%
TAXA DE PERMEABILIDADE	15,80%

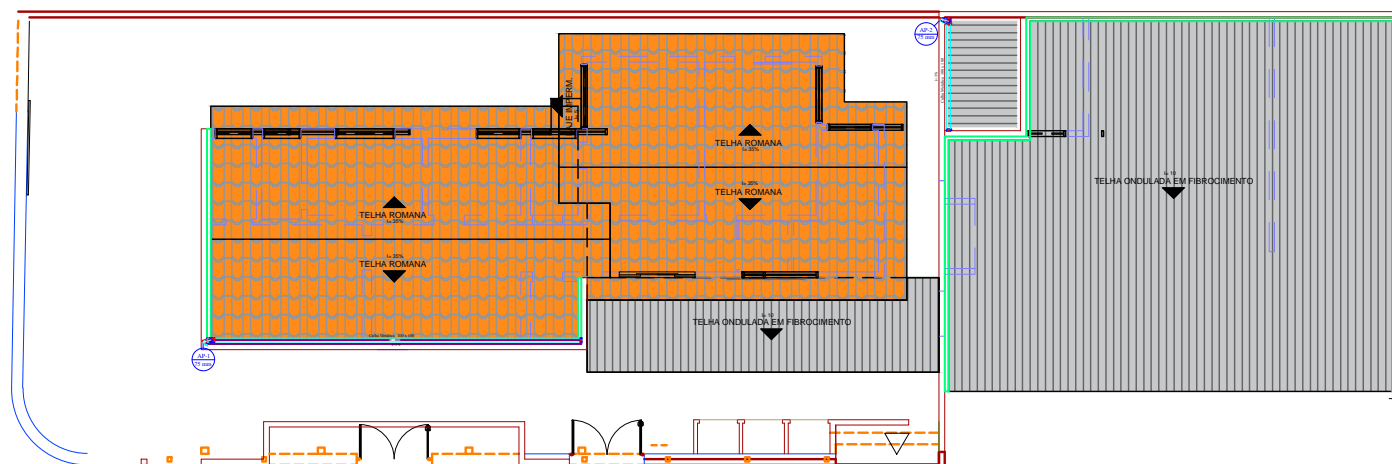


PLANTA PAVIMENTO TÉRREO
ESCALA 1:100

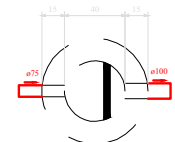
LEGENDA
- - - - - TUBULAÇÃO EXISTENTE



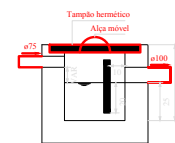
PLANTA PAV. TÉRREO
ESCALA 1:100



PLANTA COBERTURA
ESCALA 1:100



Caixa de gordura
Planta baixa - ESC. 1:25



Caixa de gordura
Corte I - ESC. 1:25

PROJETO HIDROSSANITÁRIO E PLUVIAL

FOLHA
1/1

ASSUNTO:
PROJETO DE ADEQUAÇÃO/REFORMA/AMPLIAÇÃO DA SAMU

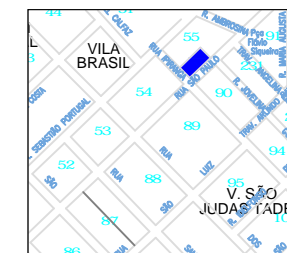
LOCAL:
RUA SÃO PAULO S/N

BAIRRO: VILA BRASIL MUNICÍPIO: CRUZEIRO ESTADO: SP

PROPRIETÁRIO:
PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO/SP

INSCRIÇÃO CADASTRAL: 4.055.0150.001 ESCALA: INDICADA

LOCALIZAÇÃO (s/ escala)



PROPRIETÁRIO:
PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO/SP
CNPJ: 46.668.596/0001-01

RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO PROJETO:
WELLINGTON HENRIQUE DE FREITAS SILVA
CREA: 507.084.587-5
ART:

QUADRO DE ÁREAS (m²)	
ÁREA DO TERRENO	438,15m²
EDIF. BLOCO PRINCIPAL	102,71m²
ESTACIONAMENTO COBERTO	111,36m²
ÁREA DE SERVIÇO	13,04m²
ABRIGO DE RESÍDUOS	04,50m²
ABRIGO DE GÁS GLP	00,92m²
TOTAL CONSTRUÍDA	232,53m²
CALÇADA	80,31m²
TOTAL À ADEQUAR/REFORMAR/CONSTRUIR	518,46m²
TAXA DE OCUPAÇÃO	53,07%
TAXA DE PERMEABILIDADE	15,80%