



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

DOUGLAS ROGER ALMEIDA BRITO DE VASCONCELOS

**A COMPATIBILIZAÇÃO NA METODOLOGIA BIM:
ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE
PALMAS/TO**

PALMAS

2024

DOUGLAS ROGER ALMEIDA BRITO DE VASCONCELOS

**A COMPATIBILIZAÇÃO NA METODOLOGIA BIM:
ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE
PALMAS/TO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil do Instituto Federal do Tocantins, *Campus Palmas*.

Orientadora: Prof^a Dr^a Liliane Flávia Guimarães da Silva.

Coorientador: Prof^o Dr. Gilson Marafiga Pedroso

**PALMAS
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

V331c Vasconcelos, Douglas Roger Almeida Brito de
 A compatibilização na metodologia BIM : estudo de caso de um edifício
 residencial na cidade de Palmas/TO / Douglas Roger Almeida Brito de
 Vasconcelos. – Palmas, TO, 2024.
 103 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2024.

Orientadora: Dra. Liliane Flávia Guimarães da Silva
Coorientador: Dr. Gilson Marafiga Pedroso

1. Colaboração eficaz. 2. Análise Ágil. 3. Fluxo de Informação. I. Silva,
Liliane Flávia Guimarães da. II. Pedroso, Gilson Marafiga. III. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).**

FOLHA DE APROVAÇÃO

DOUGLAS ROGER ALMEIDA BRITO DE VASCONCELOS

**A COMPATIBILIZAÇÃO NA METODOLOGIA BIM:
ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE
PALMAS/TO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil
Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas,
como exigência à obtenção do grau em
Engenheiro Civil.

Aprovado em: 22 / 02 / 2024

BANCA AVALIADORA



Dra. Liliane Flávia Guimarães da Silva
Orientadora



Documento assinado digitalmente
GILSON MARAFIGA PEDROSO
Data: 29/02/2024 09:57:34-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Gilson Marafiga Pedroso
Coorientador



Documento assinado digitalmente
RODRIGO ARAUJO FORTES
Data: 29/02/2024 11:12:37-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Me. Rodrigo Araújo Fortes



Documento assinado digitalmente
THIAGO DIAS DE ARAUJO E SILVA
Data: 29/02/2024 16:47:28-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva

AGRADECIMENTOS

É com profunda gratidão que inicio meus agradecimentos, dirigindo as primeiras palavras a Deus, que, em Sua infinita sabedoria, proporcionou-me saúde e força para trilhar a jornada até aqui.

À minha família, expresso minha mais sincera gratidão. Cada membro contribuiu de maneira significativa para o meu percurso, sendo fonte de apoio incondicional e estímulo constante. Em especial, gostaria de dedicar um agradecimento especial ao meu tio Antônio Teixeira, cujo apoio foi como uma ponte sólida para alcançar esta conquista. Sua orientação e incentivo foram fundamentais, e por isso, sou imensamente grato.

Aos meus amigos, que ao longo desta jornada, compartilharam risos, desafios e conquistas, meu sincero agradecimento. Cada um de vocês desempenhou um papel único na minha formação, contribuindo para a pessoa que sou hoje.

Não posso deixar de expressar minha gratidão a todos os professores do Instituto Federal do Tocantins - *Campus* Palmas, que contribuíram grandemente para o meu conhecimento técnico. Em especial, quero destacar os professores Dr. Gilson Marafiga Pedroso e a professora Dra. Liliane Flávia Guimarães da Silva, cuja dedicação e sabedoria foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e para o sucesso deste trabalho.

E para não esquecer, OBRIGADO Antônio Texeira Brito Filho.

RESUMO

O uso crescente do *Building Information Modelling* (BIM) nos setores de arquitetura, engenharia e construção destaca-se como uma tendência relevante. Esta metodologia promove uma colaboração mais eficaz entre os participantes do projeto, resultando em melhorias significativas. No entanto, no contexto da evolução contínua da engenharia civil, especialmente na etapa da compatibilização de projetos, onde cada projeto é concebido por um projetista diferente, a adoção da metodologia BIM torna-se crucial. Esta abordagem não apenas propõe uma transformação de paradigma, mas também oferece benefícios significativos, incluindo melhorias no fluxo de informações e na redução de incompatibilidades. Consequentemente, a implementação bem-sucedida do BIM resulta em ganhos substanciais de produtividade e redução de custos na execução da obra. Nesse contexto, este trabalho busca evidenciar os benefícios da implementação do BIM na compatibilização de projetos, através de um estudo de caso em uma edificação residencial multifamiliar em Palmas/TO. Os resultados obtidos destacam a eficácia da compatibilização com a metodologia BIM, proporcionando uma análise mais ágil e precisa em comparação com a abordagem tradicional em 2D. Conclui-se, assim, a eficiência e a vantagem dessa metodologia na otimização do processo de compatibilização de projetos em ambientes complexos de construção, consolidando sua posição como uma peça fundamental na transformação digital da indústria da construção.

Palavras-chave: Evolução da engenharia civil; Colaboração eficaz; Fluxo de Informação; Análise Ágil.

ABSTRACT

The growing use of Building Information Modelling (BIM) in the fields of architecture, engineering, and construction stands out as a significant trend. This methodology fosters more effective collaboration among project participants, resulting in significant improvements. However, in the context of the continuous evolution of civil engineering, especially in the project coordination phase, where each project is conceived by a different designer, the adoption of BIM becomes crucial. This approach not only proposes a paradigm shift but also offers significant benefits, including improvements in information flow and the reduction of incompatibilities. Consequently, the successful implementation of BIM leads to substantial gains in productivity and cost reduction in construction execution. In this context, this study aims to highlight the benefits of implementing BIM in project coordination through a case study in a multifamily residential building in Palmas/TO. The results emphasize the effectiveness of coordination with the BIM methodology, providing a more agile and precise analysis compared to the traditional 2D approach. Thus, the efficiency and advantage of this methodology in optimizing the project coordination process in complex construction environments are concluded, solidifying its position as a fundamental element in the digital transformation of the construction industry.

Keywords: Evolution of civil engineering; Effective collaboration; Information flow; Agile analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interação convencional x método BIM.....	25
Figura 2 – Dimensões do BIM	27
Figura 3 - Compatibilização.	33
Figura 4 - Fluxograma.	34
Figura 5 - Pavimento tipo.	36
Figura 6 - Apartamento Tipo 1.	37
Figura 7 - Apartamento Tipo 2.	37
Figura 8 - Pavimento Terraço	38
Figura 9 - Pavimento Térreo.....	38
Figura 10 - Perspectiva 3D arquitetônico.	39
Figura 11 - Perspectiva 3D estrutural.	40
Figura 12 - Perspectiva do projeto hidráulico.	41
Figura 13 - Projeto de Instalação Elétrica do apartamento tipo 2.	42
Figura 14 - Pannel QDC	45
Figura 15 - Conflito P10 e Porta.....	46
Figura 16 - Conflito P15 e Máquina de Lavar.....	46
Figura 17 - Conflito P2 e janela	47
Figura 18 - Conflito P3 e Janela	47
Figura 19 - Conflito P19 e janela.....	48
Figura 20 - Interferência P6 e porta.....	48
Figura 21 - Conflito P8 e janela	49
Figura 22 - Conflito P9 e janela	49
Figura 23 - Conflito P16 e porta.....	50
Figura 24 - Conflito P17 e janela.....	50
Figura 25 - Conflito P21 e porta.....	51
Figura 26 - Conflito P24 e porta.....	51
Figura 27 - Interferência P25 e janela	52
Figura 28 - Conflito P4 e luminária.....	53
Figura 29 - Conflito P9, P10 com tomadas.	53
Figura 30 - Conflito P19 e tomadas.....	54
Figura 31 - Conflito P20 e tomada.	54
Figura 32 - Conflito P22 e dispositivos.	55

Figura 33 - Alterações nas luminárias.	56
Figura 34 - Alteração do layout do circuito.....	57
Figura 35 - Alteração de interruptores.....	57
Figura 36 - Conflito viga e luminária.	58
Figura 37 - Conflito P4 e tomadas.....	58
Figura 38 - Conflito P8 e tomada.	59
Figura 39 - Conflito pilar e tomadas.....	59
Figura 40 - Alteração do circuito.....	60
Figura 41 - Conflito P21 e interruptor.	60
Figura 42 - Modelo de análise hidrossanitário.	61
Figura 43 - Incompatibilidade tubo e parede.....	61
Figura 44 - Incompatibilidade piscina e tubo.	62
Figura 45 - Incompatibilidade com tubo embutido	62
Figura 46 - Ausência de <i>shaft</i>	63
Figura 47 - Tubulação aparente.	63
Figura 48 - Tubos aparentes com ausência de forro.....	64
Figura 49 - Ausência de <i>shaft</i>	64
Figura 50 - <i>Shaft</i> pequeno.....	65
Figura 51 - Tubos aparentes e ausência de forro.	65
Figura 52 - Tubos aparentes.	66
Figura 53 - Tubos aparentes.	66
Figura 54 - Tubos aparentes.	67
Figura 55 - Tubos aparentes.	67
Figura 56 - Tubos aparentes.	68
Figura 57 - Tubos aparentes.	68
Figura 58 - Relatório <i>clash detective</i> Arquitetura x Estrutural.....	70
Figura 59 – Conflito P22 e janela.....	70
Figura 60 – Conflito VBA-12 e pele de vidro.	71
Figura 61 - Conflito P6 e pergolado	71
Figura 62 - Conflito P28 e telhado.	72
Figura 63 - Conflito P20 e pele de vidro.	72
Figura 64 - Conflito V!-35 e porta.	73
Figura 65 - Conflito P18 e porta.....	73
Figura 66 - Análise Arquitetura x Hidrossanitário.	74

Figura 67 -Relatório <i>clash detective</i> Arq. X Hidrossanitário.	75
Figura 68 - Conflito coletor e muro de divisa	75
Figura 69 - Conflito tubo de ventilação.....	76
Figura 70 - Conflito tubo e muro e divisa	77
Figura 71 - Conflito estrutura e tubo.	77
Figura 72 - Análise Estrutura e Hidrossanitário.	78
Figura 73 - Relatório <i>clash detective</i> estrutural e hidrossanitário.	79
Figura 74 - Conflito P33 e Bacia sanitária.	79
Figura 75 - Conflito P33 e calha.....	80
Figura 76 - Análise estrutural e elétrico.	80
Figura 77 - Relatório <i>clash detective</i> estrutural e elétrico.	81
Figura 78 - Conflito VT19 e eletrocalha.	82
Figura 79 - Conflito VT10 e eletrocalha.	82
Figura 80 - Relatório <i>clash detective</i> elétrico e hidrossanitário.	83

LISTA DE QUADROS

Quadros 1 - Definições BIM.	20
Quadros 2 - As dimensões do BIM.	27
Quadros 3 - Os níveis de desenvolvimentos (ND).	29
Quadros 4 - <i>Softwares</i> utilizados no desenvolvimento da edificação	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problema de pesquisa	15
1.2	Justificativa.....	17
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivo Geral.....	19
1.3.2	Objetivos Específicos.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	BIM	20
2.2	BIM x CAD.....	21
2.2.1	Principais desvantagens da ferramenta BIM.....	22
2.2.2	Principais vantagens da ferramenta BIM	23
2.3	Interoperabilidade	24
2.4	Dimensões BIM	26
2.5	Níveis de desenvolvimento (LOD) do BIM	28
2.6	<i>Softwares</i> de metodologia BIM.....	30
2.7	Compatibilização de projetos	31
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
3.1	Revisão bibliográfica	35
3.2	<i>Softwares</i> selecionados	35
3.2.1	<i>Autodesk Navisworks</i>	36
3.3	Objeto de estudo.....	36
3.3.1	Projetos de Instalações elétricas e hidrossanitários.....	39
3.4	Análise e compatibilização	43
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	44
4.1	A modelagem do projeto elétrico.....	44
4.2	Análise visual.....	45

4.2.1	Arquitetônico x Estrutura.....	45
4.2.2	Estrutural x Elétrico	52
4.2.3	Hidrossanitário x Arquitetura.....	61
4.2.4	Hidrossanitário x Estrutura	69
4.3	Análise automática.....	69
4.3.1	Arquitetura x estrutural.	69
4.3.2	Arquitetura x Hidrossanitário.....	74
4.3.3	Estrutural x Hidrossanitário	78
4.3.4	Estrutural x Elétrico	80
4.3.5	Elétrico x Hidrossanitário	83
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
	REFERÊNCIAS	86
	ANEXOS – Projetos.	90
	ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO, PAVIMENTO TIPO.	91
	ANEXO A.1 – PROJETO ARQUITETÔNICO, PAVIMENTO TÉRREO.	92
	ANEXO A.2 – PROJETO ARQUITETÔNICO, PAVIMENTO TERRAÇO.	93
	ANEXO B – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO TIPO.	94
	ANEXO B.1 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL, APARTAMENTO TIPO 2.....	95
	ANEXO B.2 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO TÉRREO.	96
	ANEXO B.3 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO TERRAÇO.	97
	ANEXO C.1 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E HIDROSANITÁRIO, PAVIMENTO TIPO.	98
	ANEXO C.2 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E HIDROSANITÁRIO, PAVIMENTO TÉRREO.	99
	ANEXO C.3 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E HIDROSANITÁRIO, PAVIMENTO TERRAÇO.	100

ANEXO D – COMPATIBILIZAÇÃO ELÉTRICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO TIPO – APÓS A MODELAGEM EM BIM.....	101
ANEXO D.1 – COMPATIBILIZAÇÃO ELÉTRICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO TÉRREO – APÓS A MODELAGEM EM BIM.....	102
ANEXO D.1 – COMPATIBILIZAÇÃO ELÉTRICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO TERRAÇO – APÓS A MODELAGEM EM BIM.....	103

1 INTRODUÇÃO

A construção civil passa por um momento de transição tecnológica, com a adoção de novas metodologias de trabalho, como plataformas e *software*. Nesse mesmo contexto, a tecnologia também facilitou o acesso à informação e aumentou a exigência quanto a dinâmica dos processos, devido ao fenômeno de globalização. Essa conjuntura fez com que aumentasse a exigência quanto a qualidade e prazos dos projetos. Logo, diante desse cenário, todos os envolvidos no setor da indústria precisam estar preparados para tais mudanças.

Segundo dados da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2018), se metade das empresas adotarem o modelo *Building Information Modeling* (BIM) até 2028, projeta-se que a economia da construção civil crescerá 7%. Isso significa um aumento de R\$ 2,9 bilhões no Produto Interno Bruto (PIB) do setor nos valores de 2018.

O primeiro *software* voltado à documentação e projeto, o Sketchpad, surgiu em 1960, mudando a maneira de como trabalhar na Engenharia Civil. O programa possibilitava que os projetistas utilizassem uma exibição de um ponteiro “xy” com uma caneta de luz, semelhante aos empregados em mesas digitalizadoras. Posteriormente, em 1982, o AutoCAD fez com que, os projetos elaborados manuseando papel, esquadro e régua, deixassem de existir. Entretanto, por mais que o AutoCAD tenha ganhando esse espaço, os *softwares* 3D surgiram em pouco tempo, sendo o Revit, inaugurado em 2000, o mais reconhecido *software* 3D (Alcance Engenharia Jr, 2020).

Apesar dessas inovações tecnológicas facilitarem as construções dos edifícios, os *softwares* se limitavam apenas a representações em 2D e 3D, notadamente com recursos de *Computer Aided Desing* (CAD)¹. Com isso, manifestou-se então uma nova necessidade: ferramentas que incluíssem mais mecanismos para um melhor detalhamento da obra. Nesse contexto, em 1974, surge a última tecnologia, o BIM. Esse sistema permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, facilitando e dinamizando os serviços com todos os envolvidos na obra (Alcance Engenharia Jr, 2020).

¹ CAD são *softwares* cuja uma tecnologia computadorizada tem foco no desenho do produto e na documentação da fase de projeto. Sendo uma ferramenta industrial, é amplamente utilizado em diversas aplicações, incluindo as indústrias automotivas, de construção naval e aeroespacial, na arquitetura, projetos de próteses, e outras tantas (4i Engenharia, 2024).

De acordo Santos *et al.* (2011), o método de integração através da Modelagem da Informação da Construção (BIM) permite que todas as informações, desde a fase de projeto até a finalização da construção, sejam representadas por meio dos diferentes dados referentes às especialidades dos profissionais envolvidos.

O interesse em implantar a Modelagem da Informação da Construção teve início visando a interoperabilidade entre os projetos, porém a sua aplicação vai além da capacidade de interações gráficas 3D, sendo cada vez mais importante esse conhecimento no processo de elaboração/controle de projetos para os mais variados tipo de obra, uma vez que a produtividade e a eficiência da construção ganham ainda mais confiabilidade na hora de executar por possuírem informações e parâmetros.

A edificação, objeto de estudo dessa pesquisa, tem como características projetual ter projetos desenvolvidos por diferentes projetistas, o que se faz importante para o empreendimento, a utilização da metodologia BIM. Nesse contexto, o trabalho visa disponibilizar assim, para a construtora e o público do setor, os benefícios da aplicação da tecnologia por todo o período de vida útil da edificação.

No Brasil, a implantação e o estudo sobre a metodologia BIM se torna ainda mais importante a partir da Estratégia BIM BR (Brasil, 2024), que tem como objetivo promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e a sua difusão no País.² Dito isso, o estudo sobre a metodologia se faz necessário. Este trabalho pretende demonstrar os benefícios que a modelagem BIM possui, com o enfoque na compatibilização de um edifício, demonstrando incompatibilidade de um edifício de uso residencial multifamiliar, com o uso de *softwares* que permitem a interoperabilidade dos projetos.

1.1 Problema de pesquisa

A subvalorização da etapa de projeto na construção civil pode acarretar na entrega de projetos à obra com erros e lacunas, resultando em perdas substanciais de eficiência durante a execução e comprometendo as características planejadas do produto (Callegari, 2007). A

² Este incentivo existe desde 2019, quando foi implantado o primeiro Decreto com a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, revogado pelo Decreto atual supracitado.

recorrência de patologias em edificações, frequentemente atribuídas a falhas de projeto, ressalta a necessidade de investigar e compreender as causas subjacentes a essas inadequações.

Para Nascimento (2014), muitas patologias ocorrem repetidamente em diversos edifícios, evidenciando falhas sistemáticas na fase de projeto dos sistemas prediais e deficiências na compatibilização adequada dos projetos. A concepção adequada durante a fase de projeto é vital para reduzir a incidência desses problemas a níveis satisfatórios para os usuários.

A ausência de compatibilização entre projetos na construção civil pode resultar em consequências negativas, como perda de materiais, gastos excessivos com máquinas, equipamentos, mão de obra e capital, além de realização de trabalhos inúteis (Nascimento, 2014).

Marsico *et al.* (2017) afirmam que a construção civil brasileira, principalmente a área de projetos, possui uma grande demanda em relação às suas estruturas técnicas, físicas e profissionais capazes de suportar.

Nesse mesmo contexto, durante o ciclo de 2007 a 2013, quando a taxa média do PIB da construção civil atingiu 7,1%, revelou as limitações de um setor ainda essencialmente artesanal e com uma produtividade bastante baixa. Entretanto, o “apagão” de mão de obra qualificada determinou o início de algumas mudanças: algumas empresas começaram a investir em inovações (Castelo, 2018a).

Em março de 2018, a sondagem da construção civil, realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), com 700 empresas participantes, indicou baixos resultados em relação à participação das empresas no uso do BIM: apenas 7,5% utilizam esta ferramenta (Castelo, 2018b). Sendo dessas, 14,2% estão as empresas do segmento de Edificação Residencial. Além disso, a sua utilização está concentrada apenas em sua fase inicial (47,2%), na análise de projetos, verificando as compatibilidades e a eliminação de conflitos (*clash detection*).

Dito isso, a metodologia BIM torna-se necessária após uma transformação na indústria da construção. Conforme Mikaldo Jr. e Scheer (2008) destacam, em meados dos anos 1980, com o crescimento da tecnologia e a grande demanda imobiliária, surgiram diversas áreas de especialização no setor da Construção Civil, resultando na separação dos autores dos projetos.

Essa separação de disciplinas e especializações resultou em atribuir diferentes projetistas para cada etapa do processo projetual.

Diante desse cenário, adotar a metodologia BIM torna-se imprescindível, uma vez que ela proporciona um ganho significativo no fluxo de informações, maior interação entre os projetistas e, conseqüentemente, menores ocorrências de incompatibilidade. Além disso, a metodologia traz consigo ferramentas para um melhor controle do planejamento e orçamento (Campestrini *et al.*, 2015).

Com base nas necessidades apresentadas, este estudo tem como objetivo aproveitar as ferramentas disponíveis para a concepção e análise de incompatibilidades em um edifício residencial multifamiliar. O objetivo principal é evidenciar a importância da utilização das tecnologias BIM no processo de compatibilização de projetos. Mais especificamente, este estudo busca responder às seguintes questões: Como as ferramentas BIM podem auxiliar durante a etapa de compatibilização e identificar incompatibilidades em um projeto? Quais são os benefícios e desafios associados a essa abordagem?

1.2 Justificativa

A inovação na construção civil tornou-se imperativa para superar desafios e aprimorar a eficiência em todas as fases de um empreendimento. O *Building Information Modelling* (BIM) emerge como uma ferramenta revolucionária, criando uma representação virtual abrangente da construção, desde o projeto até a execução, incluindo a manutenção pós-obra (Castelo, 2018a).

O potencial impacto econômico do BIM é destacado por estimativas da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), indicando um aumento de até 10% na produtividade e uma redução significativa de até 20% nos custos associados ao uso dessa metodologia (Castelo, 2018a).

De acordo Salgado (2007), o projeto executivo é uma ferramenta eficaz para otimizar o uso de materiais, considerando suas dimensões e evitando desperdícios durante a colocação. A integração do BIM nesse contexto oferece uma abordagem mais precisa e eficiente na concepção dos projetos, minimizando incompatibilidades e maximizando a eficiência construtiva.

A integração de projetos e profissionais por meio da metodologia BIM, conforme indicado por Smith (2014), não apenas permite o compartilhamento eficiente de dados, mas

também automatiza os processos de alteração no projeto. Essa automação reduz significativamente os erros comuns na fase de projeto, contribuindo para uma execução mais suave.

Os desafios decorrentes da falta de compatibilização entre projetos, como mencionado por Almeida (2019), gera atrasos nas decisões da obra, resultando em erros, incompatibilidades e retrabalho para os projetistas. Essa realidade implica em desperdício de recursos, mão de obra e comprometimento da qualidade final da obra.

Gregio (2023) destaca que, os vários problemas podem ser mitigados na concepção dos projetos, já que a maior parte das manifestações de falhas e patologias estão relacionadas com: falha de projeto, falha na execução, baixa qualidade do material, utilização inadequada, entre outros. Em alternativa, com a metodologia BIM, os problemas podem ser mitigados, tendo em vista que, ela pode auxiliar durante toda etapa da vida útil da edificação.

A percepção positiva do BIM por engenheiros civis e arquitetos, evidenciada por Ayres (2013), destaca sua capacidade de acelerar e aprimorar a compatibilização de projetos. Essa aceitação gradual indica uma mudança de paradigma na indústria, à medida que profissionais reconhecem os benefícios da ferramenta.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em sua coletânea, implantação do BIM para as construtoras e incorporadoras, cita 10 motivos para se utilizar a metodologia que são elas:

- Visualizar em 3D o que está sendo projetado;
- Ensaiar a obra no computador;
- Extrair quantitativos automaticamente;
- Realizar simulações;
- Identificar interferências automaticamente;
- Gerar documentos mais consistentes;
- Capacitar-se a executar construções complexas;
- Viabilizar e intensificar o uso da industrialização;
- Complementar o uso de outras tecnologias;
- Preparar a empresa para o futuro.

Em 2020, um estudo de Mapeamento “Maturidade BIM Brasil”, produzido pela Sienge (2020), em colaboração Grant Thornton, uma das maiores empresas de consultoria e auditoria do mundo, e com apoio da ABDI e Sinduscon/CE, nesta pesquisa foram levantados os dados afirmando que aproximadamente 62% das empresas da área de construção civil pretende adotar o BIM nos próximos dois anos e que 38% já utilizam a metodologia BIM.

Considerando o cenário apresentado, este trabalho busca direcionar estudos futuros e orientar a implantação do BIM em futuras edificações. Com base em uma revisão de literatura e em um estudo de caso, almeja-se contribuir para a compreensão aprofundada dos benefícios e desafios associados à utilização do BIM no processo de compatibilização de projetos na construção civil brasileira.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a eficiência de ferramentas BIM na compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e de instalações elétricas e hidrossanitários de um edifício residencial multifamiliar ainda na etapa de projeto.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Disseminar os conceitos relacionados à metodologia BIM;
- Modelar os projetos disponibilizados no *software Revit*;
- Realizar uma análise visual, analisando a concepção do projeto;
- Identificar e analisar as principais interferências detectadas de forma automática entre os projetos com o *Autodesk Naviswork* e apresentar as possíveis correções.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A metodologia BIM está em constante evolução, e novas ferramentas e recursos estão sendo desenvolvidos para melhorar a eficiência e a colaboração em projetos de construção como será visto nas seções seguintes.

2.1 BIM

Apesar de sua crescente disseminação, é comum ainda muita gente relacionar a metodologia BIM apenas a uma visualização em três dimensões. Conforme a CBIC (2016), “nem todas as soluções de modelagem 3D são BIM, mas, se forem BIM, certamente serão 3D”. Coelho e Novaes (2008) classificam o BIM como um sistema de banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, pode ainda armazenar atributos, transmitir mais informações que um *software* CAD, por exemplo. Esse espaço se tornou necessário, tendo em vista que, o processo da construção de um empreendimento gera grandes volumes de informações de diversas fontes.

BIM é uma metodologia que está se destacando no setor da Arquitetura Engenharia e Construção (AEC). Na literatura, encontramos várias definições para a metodologia, conforme apresentado no quadro 1.

Quadros 1 - Definições BIM.

Autor	Definição
Ruschel, Andrade, Moraes, 2013.	A modelagem da Informação da Construção envolve um conjunto interrelacionado de políticas, processos e tecnologias para gerenciar a essência do projeto, construção e operação de edifícios no formato digital em todo o ciclo de vida da edificação
Eastman <i>et al.</i> , 2014, p. 13	“BIM é uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.”
Succar, 2009, p. 67.	“BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias gerando uma metodologia para gerenciar os dados essenciais de projeto em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício.”
Ernstrom, 2006	“BIM é o desenvolvimento e uso de um <i>software</i> de computador para simular a construção e operação de uma construção. É um modelo inteligente e paramétrico, a partir da qual visualizações e dados apropriados para várias necessidades dos usuários podem ser extraídas e analisadas para gerar informações que podem ser usadas para tomar decisões e melhorar o processo de entrega da construção.”

Fonte: Indicadas.

Eastman *et al.* (2014) acrescentam que termo BIM é empregado pelos desenvolvedores de *software* para descrever as capacidades que seus produtos oferecem. Por conseguinte, as definições ficam sujeitas de variações e confusões. Para que o conceito fique nitidamente compreensível, Eastman *et al.* (2014) estabelecem o que não é BIM, como:

- Modelos com apenas representações 3D, sem atribuições de objetos. Eles são bons para visualização, mas não possuem suporte para interação de dados e análise de projetos;
- Modelos sem suporte para comportamento. Estes modelos definem objetos, mas não possuem características paramétricas, não podendo modificar suas proporções. Tornando as modificações mais trabalhosas e sujeitas a erros em vistas do modelo;
- Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D;
- Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas. Isso fortalece os erros e, às vezes, difíceis de identificar (análogo a substituição de uma fórmula por uma entrada manual em uma planilha eletrônica).

Portanto, podemos conceber a metodologia BIM como uma representação virtual abrangente, que engloba todas as fases de um projeto, desde sua concepção até a execução. Podemos ainda fazer uma analogia com simuladores utilizados em treinamentos, como os simuladores de voo ou de Fórmula 1, mas com foco direcionado para o setor da AEC.

2.2 BIM x CAD

Os desenhos bidimensionais (2D), conhecidos como método CAD, ainda são muito utilizados para a exibição de edifícios. Com as novas tecnologias disponíveis, esse mecanismo mostra-se notavelmente restritivo, pois consiste em apenas parâmetros geométricos das edificações, não levando em conta as propriedades adimensionais dos materiais a serem utilizados (Nunes; Leão, 2018).

Ferreira (2007) complementa que no CAD 2D o processo se limita a reprodução de plantas, corte e elevação, não compreende as informações sobre os volumes dos espaços ou objetos. Com isso, os agentes envolvidos, projetistas e o corpo técnico, ficam obrigados a realizar inferências para compreender melhor o projeto. O diferencial do CAD 2D está na

possibilidade criar automatizações, visualização dinâmica, mesmo que a pontos de vistas isolados.

O CAD em 2D possui alguns recursos como a sobreposição de camadas com os diversos projetos complementares, embora esse procedimento se torna ineficiente diante da complexidade de alguns projetos. No entanto, a compatibilização do 2D é de suma importância por associar os pontos chave de verificação em um projeto, por exemplo, modulações, pilares, vigas, prumadas, dutos horizontais e verticais, *shafts* e circulações (Callegari, 2007).

De acordo com Melo (2014), grande parte das análises de conflitos ainda são verificados utilizando o recurso de sobreposição de desenhos. Esta identificação é manual, sendo apenas de caráter representativo. Essa forma de detecção é lenta e estão sujeitas a erros significativos e dependem de atualizações constantes dos desenhos.

Tendo em vista que um projeto é resultado de diversas etapas e que cada uma delas é geralmente desempenhada por um profissional específico, há um grande potencial de ocorrências de incompatibilidade. Com isso, o uso da metodologia BIM pode ser uma alternativa para mitigar exponencialmente o número de incompatibilidades causadas no projeto, em primeiro lugar, pela falta de comunicação (Guth *et al.* 2015).

Os sistemas BIM possibilitam não somente a identificação de conflitos automaticamente como também indicam as partes do projeto que necessitam de mais detalhes. Logo, o processo de detecção de interferências pode ser apontado em qualquer nível detalhamento e com inúmeras disciplinas seja arquitetura com estrutura ou instalações, tornando-se de grande importância para minimizar falhas e perdas de tempo e material com retrabalhos (Eastman *et al.*, 2008).

A princípio quando um projeto é elaborado desde o início com a metodologia BIM, ele já é desenvolvido compatibilizado, necessitando apenas de um coordenador. Está é uma das principais diferenças entre a metodologia BIM e o CAD.

2.2.1 Principais desvantagens da ferramenta BIM

Figueiredo *et al.* (2018) em seu estudo comparativo entre o método tradicional (2D) e a ferramenta BIM, descreve algumas das desvantagens da utilização da ferramenta BIM, que são elas:

- Mudanças na rotina e na cultura, com novos treinamentos e processos de elaboração;
- Demanda esforços significativos em *software* e equipamentos para as inovações tecnológicas e organizacional;
- Custo elevado. O custo de um posto de trabalho BIM é aproximadamente 60% mais alto que o CAD. Além disso, o *software* e os custos de equipamento também são relativamente altos.

Resumidamente, as dificuldades na implantação da metodologia BIM estão na resistência de mudanças na forma de trabalhar, o que acarreta em um investimento em tempo para o aprendizado das novas formas, e na tecnologia demandada, resultado de uma mudança de infraestrutura com equipamentos e ferramentas.

2.2.2 Principais vantagens da ferramenta BIM

Steiner (2016) listou algumas das vantagens que a metodologia BIM oferece. São elas:

- **Facilidade ao modelar:** Por possuírem famílias (grupos de componentes como portas, janelas, materiais elétricos, peças de utilização, objetos etc.) específicas de cada elemento, necessitando apenas atribuir as características do elemento, também possibilita a criação de famílias como desejado. Além disso, o BIM gera cortes e vistas automaticamente reduzindo assim o tempo de trabalho.
- **Atribuição de informação ao elemento:** Ao selecionar uma parede, por exemplo, pode-se atribuir informações ao elemento. Sendo assim, pode-se criar várias camadas a essa parede (Alvenaria, revestimento argamassado, pintura, revestimento cerâmico, etc.). Tendo essas características vinculadas ao elemento, essas informações geram tabelas de quantitativos e estimativas de obra.
- **Identificação de conflitos:** Alguns *softwares* checam conflitos durante a modelagem, mas existem também programas específicos de para revelação de conflitos. Esse procedimento ainda em fase de projeto otimiza o serviço, reduz o retrabalho, o custo e possíveis disputas judiciais devido a erros ou mudanças na execução

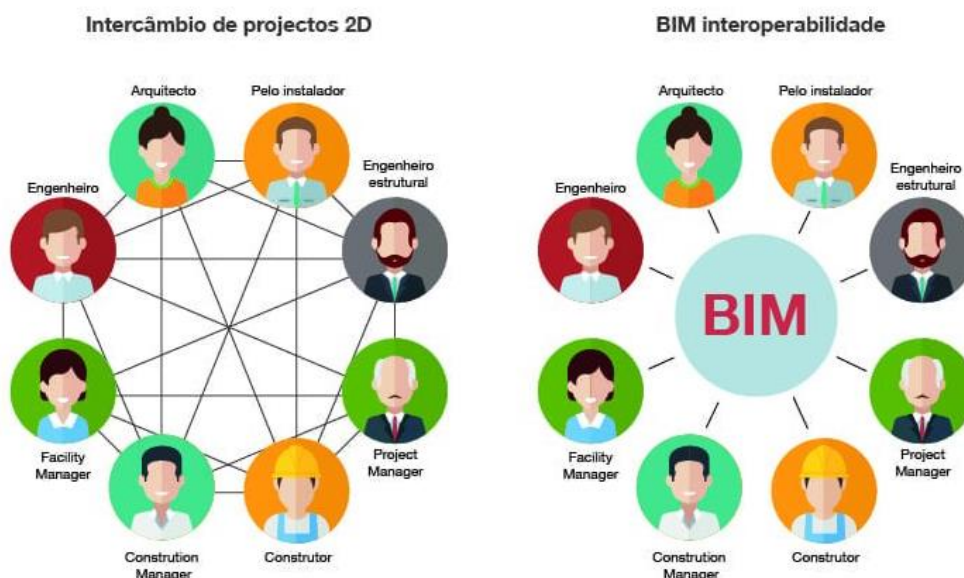
- **Cronograma de obra:** É possível acrescentar a variável tempo na modelagem, ou seja, pode-se acompanhar e verificar se as atividades estão conforme o previsto.
- **Redução de alterações de projeto no canteiro de obra:** Como a construção é realizada de forma virtual por completo, esse processo faz com que alterações relevantes sejam identificadas ainda em fase de projeto.
- **Melhor controle e previsão do custo da obra:** Tabelas de quantitativo são geradas através de informações atreladas ao modelo. Auxiliando na previsão do custo parcial e total da obra. Inicialmente, os custos são relacionados com valores unitários por metro quadrado, posteriormente os quantitativos ficam mais detalhados e precisos (Eastman *et al.*, 2008).
- **Análise energética da edificação:** É possível realizar uma avaliação LEED para verificar se o modelo atende as especificações da certificação.
- **Planejamento do Canteiro de Obras:** Representação gráfica da disposição do canteiro de obras vinculados ao cronograma, ou seja, é possível definir os locais dos componentes provisórios e permanentes, com o objetivo de aproveitar da melhor forma os espaços em canteiro de obra.
- **Alterações automáticas:** Se ocorrer alguma alteração nas características de algum objeto paramétrico, o mesmo ocorrer em todos os locais que este objeto estiver. Por exemplo, dimensões de portas e janelas, preços unitários, consequentemente o valor total também, tudo de forma automática.
- **Colaboração entre múltiplas disciplinas:** Facilita o trabalho simultâneo de vários projetistas.

Citado tais vantagens, fica evidente a importância de usufruir das ferramentas disponíveis no mercado.

2.3 Interoperabilidade

A interoperabilidade é o conceito que abrange a troca de dados entre diferentes *softwares* por meio de um padrão de comunicação de dados. Ela envolve a capacidade de compartilhar informações entre sistemas diversos, eliminando a necessidade de recriar os dados de entrada. Essa troca de informações aprimora a eficiência do processo de trabalho. Através do uso de padrões de dados abertos, a interoperabilidade evita as ineficiências decorrentes de falhas de comunicação (Bunszel, 2021).

Figura 1 - Interação convencional x método BIM.



Fonte: ACCA software (2021).

Assim, para alcançar uma interoperabilidade eficaz, foi desenvolvido um formato de transferência de dados que possibilita o compartilhamento de informações de forma efetiva. O principal formato que representa os padrões públicos abertos e é internacionalmente reconhecido é o *Industry Foundation Classes* (IFC). Este é o principal formato representante de padrões públicos abertos e internacionalmente reconhecido. Ele viabiliza o intercâmbio de informações entre diferentes *softwares* BIM, promovendo a colaboração integrada entre equipes de diversas disciplinas.

O pensamento no formato IFC teve início após uma reunião, em 1993, entre as maiores indústrias da construção civil dos Estados Unidos. Essa reunião teve como objetivo discutir maneiras inserir tecnologias modernas de informação na AEC. Como resultado desse debate, formou-se a *Alliance for interoperability* (IAI). A IAI se tornou um assunto obrigatório quanto se trata de interoperabilidade. Essa Aliança é uma entidade sem fins lucrativos que tem como missão definir, publicar e promover especificações para o conhecido IFC (Jacoski; Lamberts, 2002).

De acordo com Jacoski (2003), o IFC é um modelo central, um tipo de arquivo amplamente utilizado em quatro áreas iniciais: arquitetura, serviço da construção, gerenciamento de obras e ferramentas gerenciais. Essa extensão de arquivo está presente em grande parte dos *softwares* BIM.

Anteriormente ao surgimento da extensão IFC, a troca de informação entre os *softwares* era dificultosa, em virtude de cada programa possuir de uma extensão e linguagens de programação diferentes. Assim, o IFC veio para suprir essa deficiência, tornando em uma linguagem “universal” que permite a intercomunicação entre os *softwares* de diversos fornecedores de sistema BIM (Faria, 2007).

Por conseguinte, a extensão IFC além de garantir a interoperabilidade entre os programas, reduz custo, pois o usuário necessitará de apenas um único *software* que melhor se familiarize. Em outras palavras, a falta dessa centralidade acarretaria em necessidade de adquirir diversos *softwares*.

2.4 Dimensões BIM

As dimensões do BIM são categorias específicas de informações que estão associadas ao modelo virtual. Cada dimensão representa um estágio distinto no ciclo de vida do projeto ou empreendimento. Portanto, quanto mais dimensões estiverem presentes em um modelo virtual, mais variedade de informações ele conterá.

Na literatura, existem divergências quanto ao número de dimensões abordadas pela metodologia BIM. De acordo com Gonçalves Jr. (2018), as dimensões BIM incluem 2D, 3D, 4D, 5D, 6D e 7D. Por outro lado, Darós (2019) expande o conceito, considerando dimensões de 3D até 10D, enquanto Arnal (2018) menciona dimensões de 1D até 10D. Apesar das diferenças na quantidade de dimensões, é notável que suas definições, quando observadas individualmente, apresentam semelhanças significativas.

O quadro e figura a seguir, Quadro 2 e Figura 2, resume as finalidades das dimensões segundo Gonçalves Jr. (2018), Darós (2019) e Arnal (2018). Contudo, fica evidente que essas dimensões não estão amarradas em uma progressão linear; ou seja, elas podem existir de forma independente umas das outras.

Quadros 2 - As dimensões do BIM.

DIMENSÕES	FINALIDADE
1D	Está relacionado com a implantação de protocolos BIM em um país ou organização
2D	É relativo ao fluxo de trabalho, ou seja, soluções integradas de gerenciamento
3D	Trata-se da etapa de modelagem. Mas, não apenas uma modelagem gráfica e sim com o incremento de identificadores de colisões
4D	Refere-se à vinculação do tempo com a modelagem, esta interação permite que o engenheiro de execução verifique as possíveis interferências no avanço físico da obra, inclusive nos deslocamentos de canteiro de obras
5D	Associa-se ao orçamento. Para isso insere-se as composições de orçamento aos elementos do modelo. Com isso, pode-se simular os gastos em diversos cenários ou etapas. Além disso, caso haja uma modificação de um elemento o orçamento é atualizado automaticamente
6D	Tem como objeto a análise da eficiência energética do empreendimento, possibilitando ao engenheiro uma análise rápida sobre impactos técnicos e financeiros
7D	Dedica-se à Operação e Manutenção. Esta dimensão contém informações sobre os equipamentos quanto a modelos, garantias, fabricantes e posicionamento exato dos equipamentos. Com isso, os gestores compartilham informações com prestadores de serviços, ou com a equipe de manutenção, e, ao surgir algum problema será enviada uma ordem de serviço eletrônica com todas as informações necessárias
8D	Dedica-se a segurança e saúde durante o projeto, buscando o conceito de “Acidente Zero”
9D	Trata-se da Gestão Lean, em outras palavras, construção enxuta
10D	Busca-se industrializar a construção civil

Fonte: Gonçalves Jr. (2018), Darós (2019) e Arnal (2018), adaptado pelo autor (2024).

Figura 2 – Dimensões do BIM



Fonte: Darós (2019).

2.5 Níveis de desenvolvimento (LOD) do BIM

O conceito de *Level of Development* (LOD), ou Nível de Desenvolvimento (ND) em português, foi estabelecido para proporcionar uma compreensão mais clara do nível de detalhamento BIM exigido em um modelo. A escala LOD especifica o conteúdo presente em um modelo e classifica a finalidade que esse modelo terá no contexto do ciclo construtivo (CBIC, 2016).

Nesse contexto, o *American Institute of Architects* (AIA), ou Instituto Americano de Arquitetura, definiu cinco níveis de desenvolvimento que auxiliam na compreensão do nível de informações necessário em cada fase do projeto, permitindo avaliar a confiabilidade dos dados.

Por outro lado, o Caderno de apresentações de projetos em BIM (Santa Catarina, 2014), elaborado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, apresenta seis níveis de desenvolvimento. A distinção na quantidade de níveis de desenvolvimento entre as diretrizes do AIA e o Caderno BIM está relacionada ao fato de que, para AIA, o nível de desenvolvimento 300 abrange o projeto executivo, enquanto no Caderno BIM, o nível 300 está relacionado à fase de projeto legal, e o nível 350 é considerado na perspectiva da construção.

É importante destacar que o Nível de Desenvolvimento (LOD) não precisa sempre alcançar o máximo. A decisão sobre qual nível de detalhamento adotar depende da necessidade específica de detalhe e precisão das informações para o empreendimento em questão. Por exemplo, se o usuário necessitar apenas de um modelo 3D detalhado, o LOD 300 é apropriado, enquanto, se for preciso desenvolver o cronograma da obra e obter uma estimativa de custo precisa, é recomendado a modelagem em LOD 400. O quadro 3 descreve os níveis de desenvolvimento e seus critérios.

Quadros 3 - Os níveis de desenvolvimentos (ND).

ND	Etapa de desenvolvimento	Representações (ACCA software, 2021)
LOD100	Fase preliminar na etapa de projetos, esse modelo exibe informações e poucos detalhes, com representações genéricas, destinadas a esboçar o estudo de volumetria, áreas, alturas e localização.	 LOD 100
LOD200	Estágio de anteprojeto, o modelo exibe um nível de detalhamento superior ao LOD100, oferecendo uma representação mais próxima do detalhamento geométrico e incluindo informações não gráficas no modelo. No entanto, ainda não inclui especificações detalhadas dos materiais que serão empregados na construção.	 LOD 200
LOD300	Fase do projeto legal, o modelo proporciona informações precisas e detalhadas, incluindo memoriais de cálculo e descrições detalhadas. É possível realizar estimativas de custos e orçamentos aproximados com base nele. Apresenta alta precisão nos aspectos de volumetria, áreas, alturas, localização e quantidades.	 LOD 300
LOD400	Este nível de desenvolvimento proporciona um modelo com detalhes avançados que incluem todas as estruturas, tornando-o adequado para uso durante a fase de construção. Ele permite a obtenção de documentação legal, a realização de levantamentos de quantidades e o planejamento do projeto, viabilizando a criação do cronograma físico-financeiro	 LOD 400
LOD500	Neste nível, obtemos um modelo equivalente ao 'As Built' (Como Construído), que corresponde ao modelo real da construção. Nessa fase, todos os elementos e sistemas são modelados, seguindo os mesmos critérios do LOD 400, e o modelo pode ser utilizado ao longo de toda a vida útil da edificação, incluindo futuras operações e manutenções necessárias.	 LOD 500

Fonte: ACCA software (2021), adaptado pelo autor (2024).

2.6 Softwares de metodologia BIM

Os *softwares* BIM são ferramentas essenciais na indústria da construção e engenharia para a criação, gestão e análise de projetos de construção de forma digital e colaborativa. Eles oferecem uma ampla gama de funcionalidades para arquitetos, engenheiros, construtores e outros profissionais envolvidos em projetos de construção. Segundo Nunes (2016) e Ocean (2023), os principais *softwares* BIM amplamente utilizados são:

- *Autodesk Revit*: O *Revit* é uma das ferramentas BIM mais conhecidas e abrangentes do mercado, sendo usado para criar modelos 3D detalhados de edifícios e infraestruturas. Ele é utilizado em todas as fases do ciclo de vida de um projeto, desde a concepção até a manutenção;
- *AutoCAD Civil 3D*: Este *software* é específico para engenharia civil, permitindo a criação de modelos BIM para projetos de infraestrutura, como estradas, pontes e sistemas de saneamento;
- *Navisworks*: O *Navisworks* é utilizado para coordenação e colaboração de projetos BIM, permitindo a análise de interferências entre disciplinas e fornecendo ferramentas de visualização avançadas;
- *Archicad*: Desenvolvido pela Graphisoft, o *Archicad* é uma solução BIM voltada para arquitetura que oferece modelagem 3D e colaboração em tempo real;
- *Tekla Structures*: Este *software* BIM é especializado em modelagem e detalhamento de estruturas metálicas e de concreto armado, sendo amplamente utilizado na área de engenharia estrutural;
- BIM 360: A plataforma BIM 360 da *Autodesk* é uma solução baseada em nuvem que permite colaboração, gestão de documentos e coordenação de projetos em um ambiente centralizado;
- *Allplan*: O *Allplan* é um *software* BIM que abrange arquitetura, engenharia e construção. Ele oferece uma variedade de ferramentas para a criação de modelos e documentação de projetos;
- *Vectorworks*: Este *software* é amplamente utilizado em design de edifícios e paisagismo e oferece recursos BIM para modelagem 3D e documentação de projetos;
- *Solibri*: O *Solibri* é focado na verificação de qualidade e coordenação de modelos BIM, ajudando a identificar e resolver problemas de incompatibilidade e conformidade com padrões;

- *Dynamo*: Embora não seja um *software* BIM em si, o *Dynamo* é uma ferramenta de programação visual que pode ser integrada a outros *softwares* BIM, como o Revit, para automatizar tarefas e criar fluxos de trabalho personalizados.
- *Edificius*: É uma plataforma única para projetos arquitetônicos. Ele é capaz de operar tanto em ambientes 2D quanto 3D, tornando o desenvolvimento de projetos arquitetônicos muito mais acessível com a consideração de todas as novas tecnologias e regulamentações. Além disso, oferece recursos avançados como visualização de jardins e paisagens, renderização estática e em tempo real, proporcionando uma gama completa de ferramentas para aprimorar a criação e apresentação de projetos.

Vale ressaltar que a escolha do *software* depende das necessidades e das disciplinas específicas do projeto. Portanto, cada um desses *softwares* tem suas próprias características e capacidades, e a seleção depende das preferências e requisitos dos projetistas.

2.7 Compatibilização de projetos

De acordo com Graziano (2003), a compatibilização se caracteriza como um procedimento que permite que todos os componentes presentes sejam alocados em suas respectivas posições sem que cause interferências entre si, associado ao compartilhamento de informações com assertividade e de forma confiável durante todo processo de desenvolvimento do projeto e obra.

O conceito de compatibilização de projetos teve início entre os anos 1980 e início dos anos 1990 e hoje é utilizada em larga escala para qualquer tipo de projeto, seja na área de construção civil ou em qualquer área de engenharia. O surgimento do conceito ocorreu devido a uma reestruturação das grandes construtoras, em meado dos anos 90 e início dos anos 2000, passaram a gerenciar os projetos e terceirizar algumas etapas deles. Com essa remodelação, surgiu a figura de um profissional que compatibiliza todas as informações de um projeto (Nascimento, 2015).

Para Paiva (2016), a compatibilização de projetos pode ser feita de forma tradicional, que nada mais é que a sobreposição de projetos de diferentes disciplinas, podendo ser feita de forma física (projetos impressos sobrepostos) ou digital (desenhos sobrepostos digitalmente em *softwares* CAD). Entretanto, esse processo é completamente manual e depende da atenção, capacidade de visualização e experiência do profissional responsável. Muitas vezes o processo não é eficiente, e muitas incompatibilidades somente são percebidas na fase de obras.

Caetano, Silva e Melhado (2020) afirmam que a maioria das empresas de projeto, no Brasil, perdem muito na qualidade dos seus produtos por não darem a devida importância na compatibilização dos projetos. Utilizam o método tradicional, em CAD 2D, de sobreposição de *layers*, resultando muitas vezes em falhas e como consequência: eleva os custos, atrasa o cronograma e, por fim, aumento no orçamento final da obra.

A compatibiliza é uma atividade que possibilita que diversas soluções dimensionais, tecnológicas e estéticas sejam compatíveis entre si. Normalmente os projetos utilizados para a compatibilização estão (Silva, 2004):

- Projeto de arquitetura;
- projeto de fundação;
- projeto estrutural;
- projeto de instalações elétricas;
- projeto de instalações hidráulicas e sanitárias;
- projeto de segurança predial;
- projeto de conforto térmico e de climatização;
- projeto de iluminação;
- projeto dos sistemas e redes de telecomunicações;
- projeto de automação predial ou domótica;
- projeto de tratamento acústico;
- projeto de arquitetura de interiores;
- projeto de paisagismo;

Além desses, Silva (2004) também cita os projetos responsáveis pela racionalização construtiva que são eles:

- Projeto de formas de madeira;
- projeto de impermeabilização;
- projeto de fachadas;
- projeto de esquadrias;
- projeto de vedação;
- projeto de revestimento;
- projeto de contrapiso;

Como destacado anteriormente, diante da variedade de disciplinas que compõem um projeto, a busca pela máxima eficiência torna-se fundamental. A complexidade envolvida na

etapa de compatibilização torna-se evidente. Nesse sentido, a incorporação de novas tecnologias torna-se essencial para alcançar a eficácia do projeto. A Figura 3 ilustra um projeto federado, integrando todas as disciplinas em um único ambiente.

Figura 3 - Compatibilização.

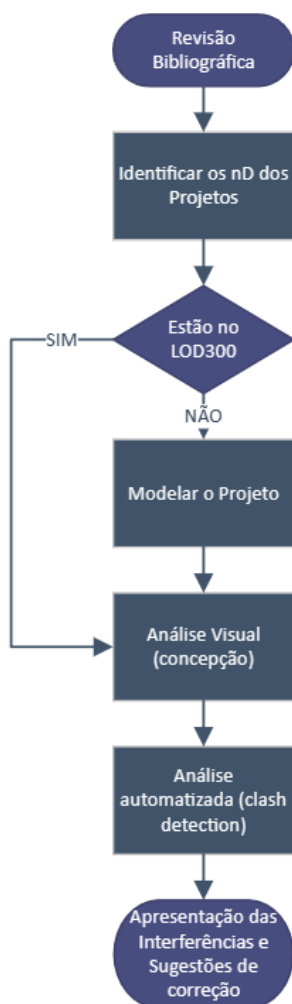


Fonte: Campestrini (2015).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos estão resumidos no fluxograma a seguir:

Figura 4 - Fluxograma.



Fonte: Autor (2024).

O presente trabalho consiste em duas etapas. A primeira parte faz-se necessário proceder com uma pesquisa bibliográfica sobre o tema em questão, por sua vez, a segunda etapa decorre de um estudo de caso aplicado.

A revisão bibliográfica compõe-se de pesquisas e análises do assunto abordado em livros, revistas, jornais, teses, dissertações referentes. Entre os assuntos estão: definições e aplicações da metodologia BIM; Conceitos e métodos para a orçamentação e planejamento no setor da construção civil.

O Estudo de caso, que segundo Gil (2022) consiste no estudo profundo de um ou poucos objetos, permitindo o detalhamento do objeto e tem como objetivo explorar situações da vida real. Em corroboração a essa definição, o trabalho procederá na aplicação da metodologia BIM analisando e realizando a interoperabilidade entre as disciplinas em projeto real.

Nesse sentido, a abordagem do trabalho será de natureza quali-quantitativa, em virtude de possuir de uma pesquisa bibliográfica, análise e utilização de dados obtidos para realização da compatibilização dos projetos.

3.1 Revisão bibliográfica

Na primeira etapa deste trabalho a revisão bibliográfica é de suma importância. Com o objetivo de ampliar os conhecimentos sobre os mecanismos de utilização e funcionamento dos recursos da metodologia BIM.

3.2 Softwares selecionados

Para alcançar os objetivos estabelecidos neste trabalho, é necessário escolher os *softwares* para desenvolver cada passo do trabalho. Para isso, eles devem atender dois critérios: ser de grande utilização na construção civil e se dispor da interoperabilidade de dados.

Os softwares selecionados para a condução deste estudo foram o *Autodesk Revit* e o *Autodesk Navisworks*. A escolha foi fundamentada no fato de que os programas da *Autodesk* são amplamente reconhecidos e utilizados na indústria, dispondo de uma riqueza de recursos e informações em relação à sua aplicação. Além disso, o autor possui uma maior familiaridade com essas ferramentas, o que facilita a execução do estudo.

O *software* em questão será utilizado para modelar o projeto elétrico. Posteriormente, todos os arquivos de projeto serão vinculados ao *Revit*. Essa escolha se deve ao fato de o programa possuir a funcionalidade de vinculação com coordenadas compartilhadas, o que facilita o posicionamento preciso dos projetos. Além disso, no *Revit*, será feita uma análise visual entre os projetos.

Para dar continuidade ao estudo, no *Revit* serão gerados arquivos com a extensão *nwc* (extensão nativa do *Navisworks*). Esse procedimento é facilitado pela compatibilidade entre o *Revit* e o *Navisworks*, ambos desenvolvidos pelo mesmo fabricante.

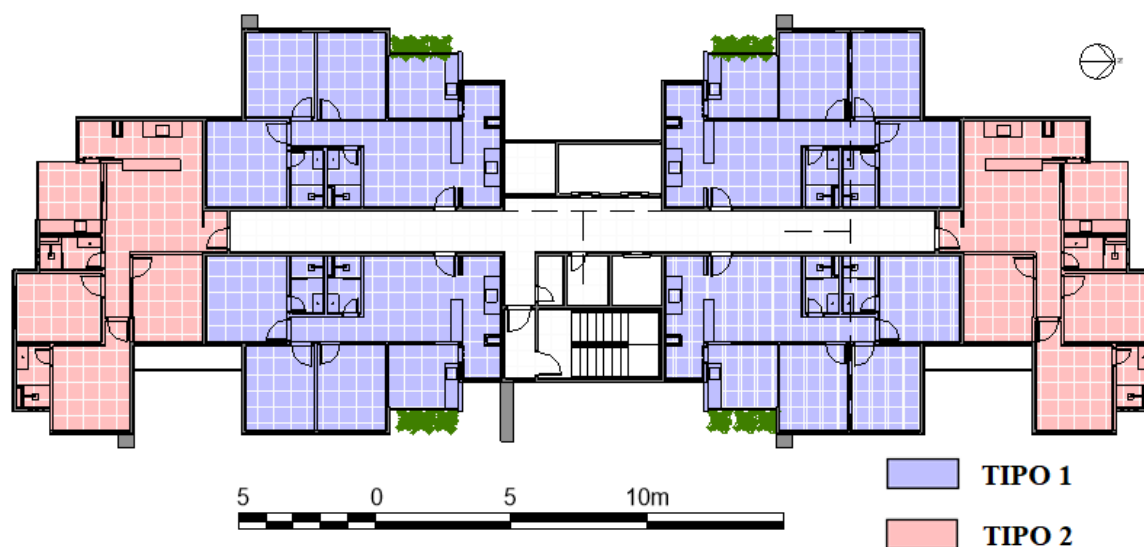
3.2.1 Autodesk Navisworks

O *Naviswork* será aproveitado para compilar os sistemas advindos dos projetos (Arquitetônico, Hidráulico, Elétrico e Estrutural) auxiliando na concepção do layout do edifício e detecção de interferências visual, em representação tridimensional, e automáticas *através do* recurso *clash detection*.

3.3 Objeto de estudo

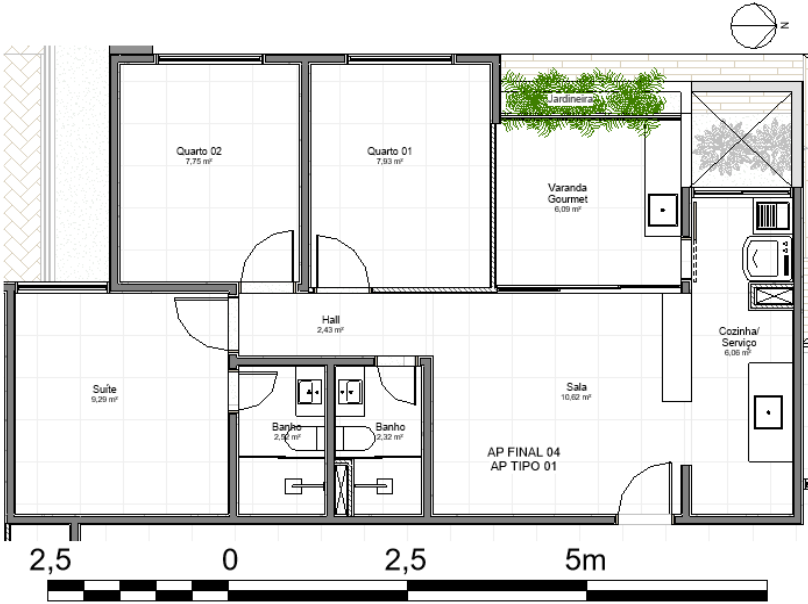
O estudo de caso será em um edifício multifamiliar com área total construída de onze mil, setecentos e cinquenta metros quadrados, em um terreno de quatro mil e trinta e nove metros quadrados. Portando, de vinte e sete pavimentos, sendo vinte e cinco pavimentos tipo, com seis apartamentos por pavimento, totalizando cento e cinquenta e seis unidades habitacionais. Os apartamentos possuem dois layouts diferentes, nomeados de Tipo 1, figura 6, e Tipo 2, figura 7. Os demais pavimentos será o pavimento térreo e terraço.

Figura 5 - Pavimento tipo.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Figura 6 - Apartamento Tipo 1.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Os apartamentos tipo 2 contém três quartos (sendo um suíte), dois banheiros, cozinha e varanda.

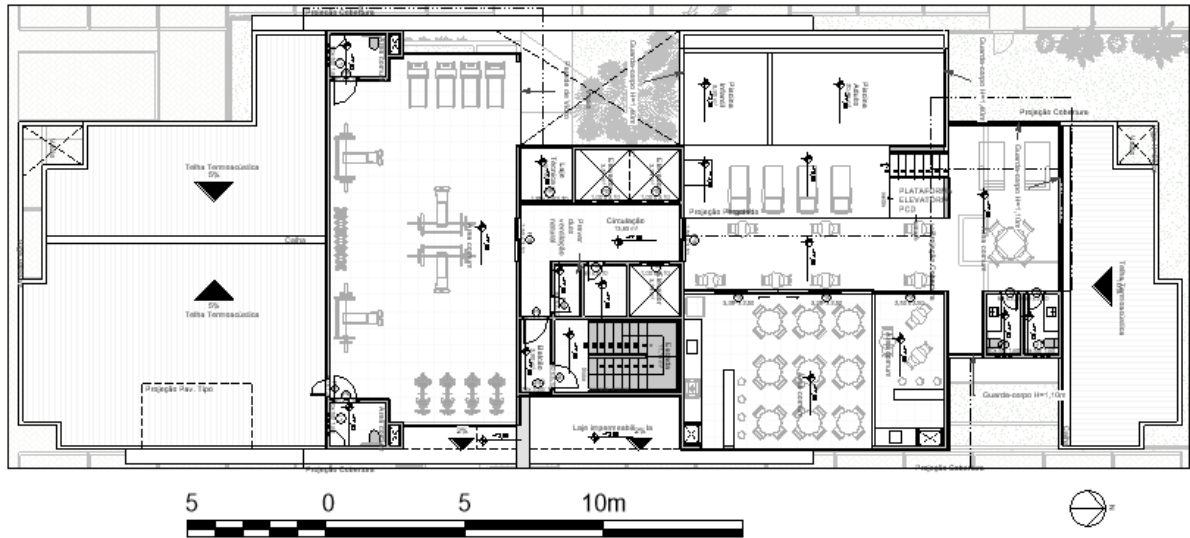
Figura 7 - Apartamento Tipo 2.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Para o pavimento terraço foi concebido espaços de utilização comuns como academia, espaço gourmet, deck e piscina. Conforme ilustrado na Figura 8.

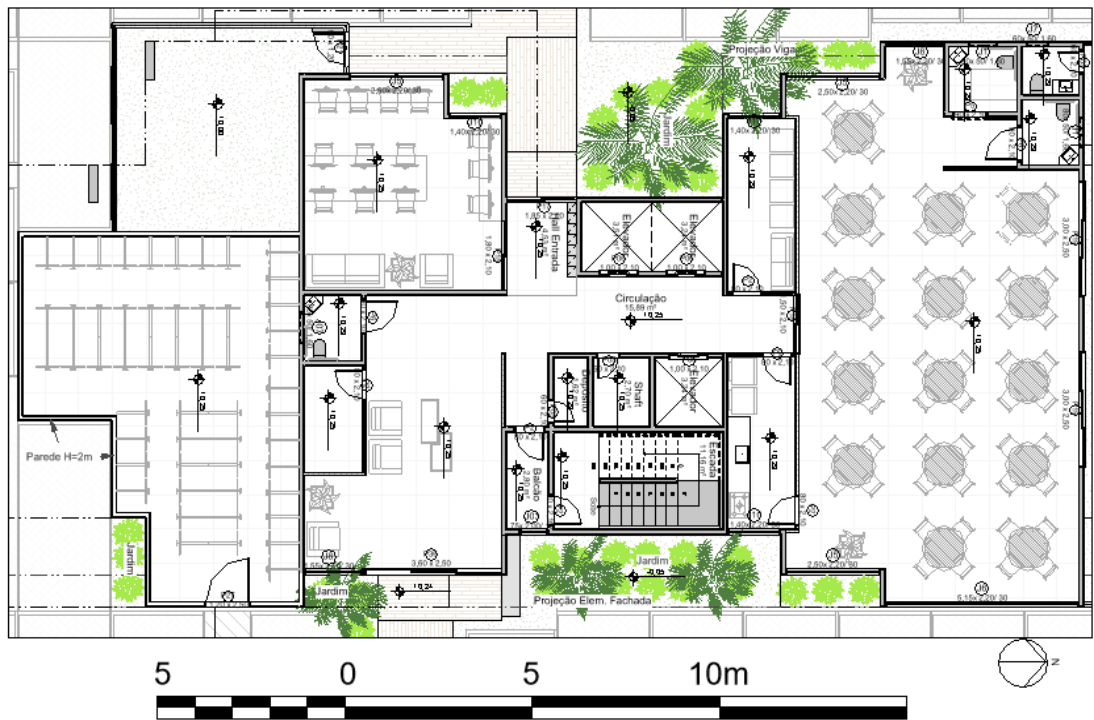
Figura 8 - Pavimento Terraço



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O pavimento térreo compreende: salão de festas, banheiros, lavanderia, cozinha, espaço zen, sala de jogos, *pet place* e bicicletário. Como demonstrado na Figura 9 a seguir.

Figura 9 - Pavimento Térreo



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Figura 10 - Perspectiva 3D arquitetônico.

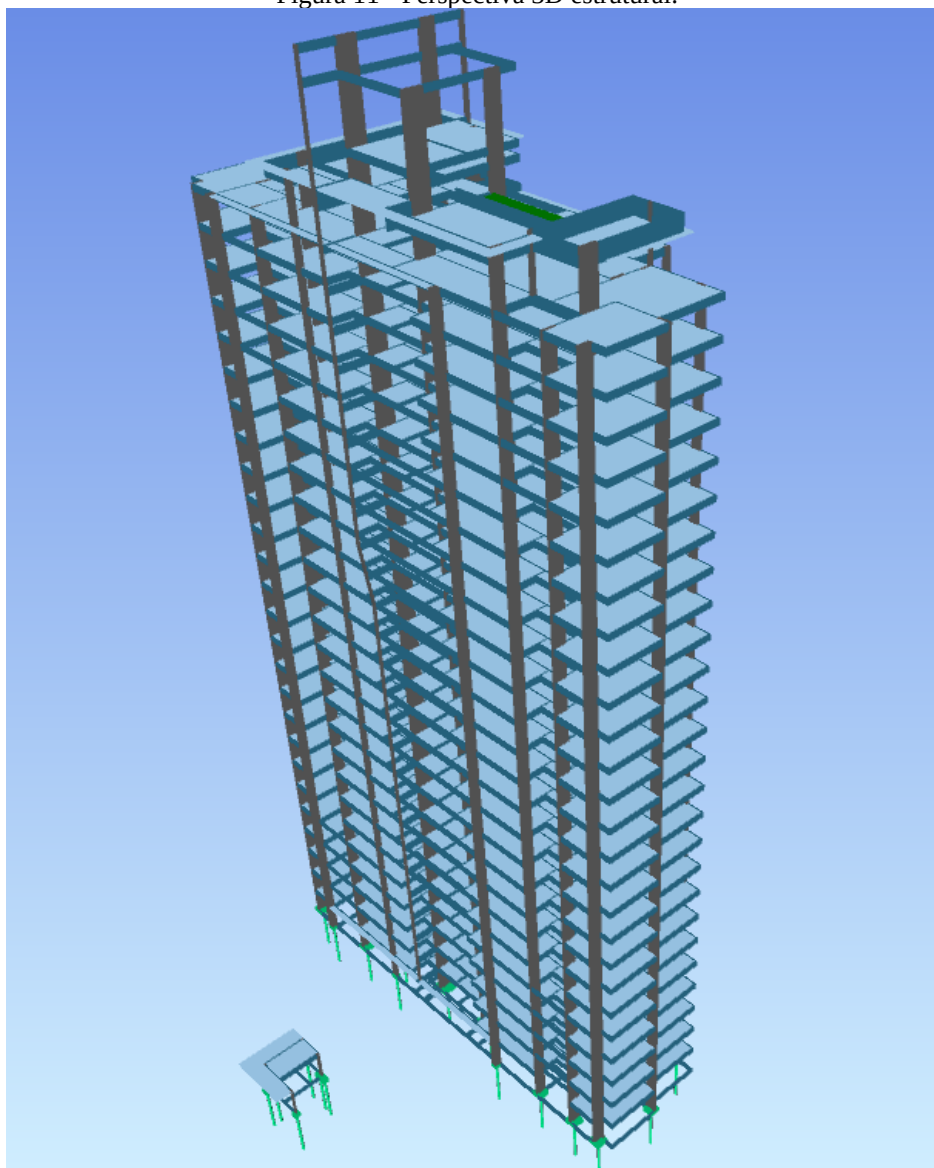


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

3.3.1 Projetos de Instalações elétricas e hidrossanitários.

O projeto arquitetônico foi criado utilizando o software *Autodesk Revit Architecture* por um arquiteto parceiro e disponibilizado pela construtora para a realização desse trabalho. Além disso, o projeto estrutural foi cedido por um engenheiro, o qual o desenvolveu no software *Alto QI Eberick*. Como visto na figura 11, o sistema construtivo adotado foi o sistema reticulado de concreto armado com lajes maciças.

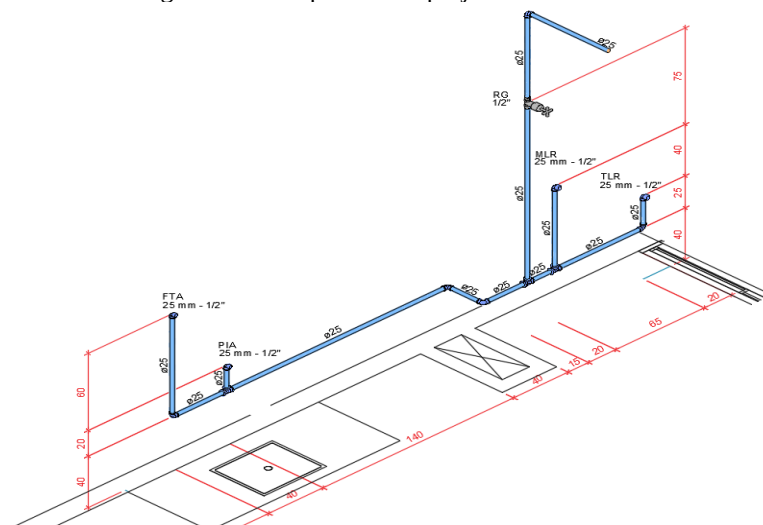
Figura 11 - Perspectiva 3D estrutural.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Por sua vez, os projetos de instalações hidrossanitário e pluvial foram produzidos no *Alto QI Builder*, cedido por um segundo engenheiro parceiro, e o projetos de instalações elétricas no *AutoCAD*, cedido pelo engenheiro eletricista.

Figura 12 - Perspectiva do projeto hidráulico.

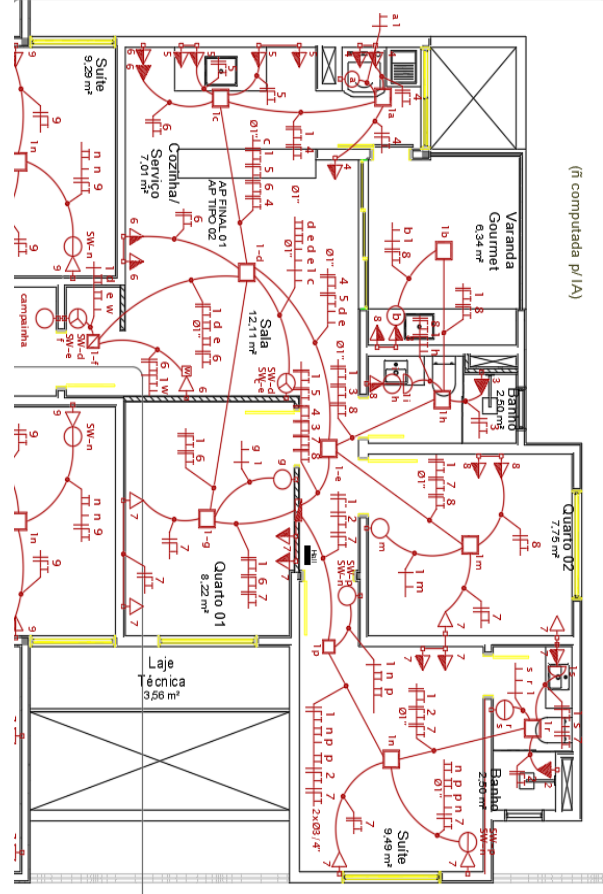


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O Sistema hidráulico consistirá de um reservatório inferior e dois reservatórios superiores, esta concepção é adotada com objetivo em facilitar nas possíveis manutenções e períodos de limpeza, sempre com um reservatório disponível para a alimentação do prédio. Na prumada de alimentação dos pavimentos, houve a necessidade de inserir válvulas de redução de pressão devido à alta pressão manométrica, evidentemente devido à altura do reservatório superior locado a aproximadamente oitenta e cinco metros. Ainda para a prumada de alimentação, será escolhido um tubo específico para resistir a alta pressão interna.

Para o projeto de instalações elétricas, é necessário a transcrição para uma modelagem BIM, em virtude de o projeto disponibilizado ter sido desenhado pela o *software Autodesk AutoCAD*. A transcrição garantirá assim a etapa de compatibilização na metodologia BIM, a sua modelagem em BIM será realizada pelo o *Autodesk Revit MEP*. Além disso, a nova modelagem poderá servir para comparar os quantitativos entre o projeto original e modelo transcrito, tendo em vista que o *Revit* possui recursos de levantamento de quantitativos automáticos.

Figura 13 - Projeto de Instalação Elétrica do apartamento tipo 2.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O quadro 4 resume os *softwares* utilizados pelos parceiros.

Quadros 4 - *Softwares* utilizados no desenvolvimento da edificação

<i>SOFTWARE</i>	<i>FINALIDADE</i>
<i>Autodesk Revit Architecture</i>	Projeto arquitetônico
<i>Alto QI Eberick</i>	Projeto estrutural
<i>Autodesk Revit MEP</i>	Hidrossanitário/pluvial
<i>Autodesk AutoCAD</i>	Projeto estrutural
<i>Autodesk Navisworks</i>	Compatibilização dos projetos

Fonte: Autor (2024).

É importante ressaltar que a seleção dos *softwares* não implica necessariamente que sejam os melhores para cada tipo de projeto, mas sim que foram escolhidos devido à familiaridade dos projetistas com essas ferramentas.

3.4 Análise e compatibilização

Após a conclusão de todos os projetos, independentemente de terem sido pré-compatibilizados ou não, é imprescindível realizar uma compatibilização adequada entre eles. Apenas uma análise visual preliminar realizada pelo projetista não é suficiente. Essa abordagem é fundamental para assegurar a eficácia da metodologia BIM em projetos de engenharia, garantindo a obtenção de todos os benefícios proporcionados por essa abordagem de projeto.

Primeiramente, será realizada a vinculação dos projetos no *Revit*, na versão 2023. Posteriormente os projetos serão exportados em extensão nwc.

Após a inserção de todos as disciplinas no *Naviswork*, o resultado será um novo e único projeto. Nessa etapa, é efetuado uma análise visual e automática, através do recurso *clash detection*. Além disso, a análise não será apenas para detectar interferências, mas também, uma visão macro da edificação auxiliando em uma melhor compreensão do projeto como um todo, isso fará com que possam ser tomadas decisões relativas a interferências, como também, em uma análise de concepção.

Serão demonstradas as interferências encontradas pelo o relatório do *Naviswork*. Com os conflitos identificados, serão realizadas sugestões para possíveis ajustes.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Este trabalho aborda a aplicação da modelagem BIM na fase de compatibilização de projetos em um edifício de uso misto. Nesse processo, foram analisados os projetos de instalações prediais, que posteriormente passaram por uma compatibilização de todas as disciplinas envolvidas. A compatibilização em BIM desempenha um papel crucial, uma vez que na etapa do projeto, erros e omissões podem resultar em custos adicionais e retrabalhos. Além disso, é durante a fase do projeto que as alterações podem ser resolvidas de maneira mais eficaz e com custos menos onerosos.

4.1 A modelagem do projeto elétrico

Seguindo a metodologia proposta, primeiramente foi modelado o projeto elétrico em metodologia BIM. Ainda durante a modelagem foi possível identificar as interferências visuais pelo *REVIT MEP*, com auxílio das ferramentas de vínculos através, o que possibilita a vincular o projeto arquitetônico e estrutural. Com isso as interferências foram instantaneamente corrigidas.

Além disso, a modelagem BIM possibilitou fazer inferências quanto ao layout dos dispositivos elétricos (tomadas, interruptores e quadros de distribuição), como por exemplo, os dispositivos embutidos nas paredes de *drywall*, a exigência do cliente foi que, caso possível, não houvesse dispositivos nessas paredes, pois na ocorrência de uma mudança de layout arquitetônico mitigaria mudanças no projeto elétrico. Essas paredes mais facilmente identificados por meio dos recursos de propriedades da elementos criados em que tem como característica informar as propriedades de determinado elemento, o que não é possível pela a modelagem e não necessitando de uma comunicação verbal.

Para solucionar as interferências foram movidos os dispositivos para outros locais pensando também no local que melhor disposição para a sua utilizada trazendo uma maior comodidade para o usuário.

Durante a modelagem ainda foi possível realizar uma breve análise quanto ao dimensionamento, tendo em vista que, a metodologia BIM dispõe de tabelas paramétricas automatizadas auxiliando nas tomadas de decisão mais rapidamente. A Figura 14 demonstra a tabela gerada dentro do *REVIT MEP*.

Figura 14 - Painel QDC

Circuito	Descrição	Tensão (V)	Esquema	Potência Total (VA)	FP	Potência Total (W)	Corrente Nominal (A)	FCA	FCT	Ib: Corrente de Projeto Corrigida (A)	In: Disjuntor (A)	Tipo de Instalação	Condutor Pré-Dimensionado (Seção e Iz: Capacidade de condução de Corrente)	Seção do Condutor Adotado (mm²)	L Aprox. (m)	L Considerado (m)	Queda de Tensão (%)	Fase A	
1	Iluminação	220,00	FNT	336 VA	1	336 W	1,53 A	0,7	0,87	2,51 A	10,00 A	[Cu]PVC/750V/70°J-Us-B1-2Cc	1x2,5(24A), 1x2,5(24A), 1x2,5	1,5	11,13	12	0,24	336 VA	
2	TUÊS - CH SUITE	220,00	FNT	4400 VA	0,8	3520 W	20,00 A	0,7	0,87	32,84 A	35,00 A	[Cu]PVC/750V/70°J-Us-B1-2Cc	1x6,0(41A), 1x6,0(41A), 1x6,0	6	9,00	10	0,53	4400 VA	
3	TUÊS - CH SOCIAL	220,00	FNT	4400 VA	0,8	3520 W	20,00 A	0,7	0,87	32,84 A	35,00 A	[Cu]PVC/750V/70°J-Us-B1-2Cc	1x6,0(41A), 1x6,0(41A), 1x6,0	6	7,20	8	0,43	4400 VA	
4	TUGs - A. SERVIÇO	220,00	FNT	1300 VA	0,8	1040 W	5,91 A	0,7	0,87	9,70 A	15,00 A	[Cu]PVC/750V/70°J-Us-B1-2Cc	1x2,5(24A), 1x2,5(24A), 1x2,5	2,5	11,44	12	0,45	1300 VA	
5	TUGs - COZINHA	220,00	FNT	2100 VA	0,8	1680 W	9,55 A	0,7	0,87	15,67 A	20,00 A	[Cu]PVC/750V/70°J-Us-B1-2Cc	1x2,5(24A), 1x2,5(24A), 1x2,5	2,5	13,85	14	0,86	2100 VA	
6	TUGs - SALA	220,00	FNT	300 VA	0,8	240 W	1,36 A	0,7	0,87	2,24 A	15,00 A	[Cu]PVC/750V/70°J-Us-B1-2Cc	1x2,5(24A), 1x2,5(24A), 1x2,5	2,5	11,36	14	0,12	300 VA	
7	TUGs - QUARTO 1 + SUITE	220,00	FNT	1600 VA	0,8	1280 W	7,27 A	0,7	0,87	11,94 A	20,00 A	[Cu]PVC/750V/70°J-Us-B1-2Cc	1x2,5(24A), 1x2,5(24A), 1x2,5	2,5	11,32	12	0,56	1600 VA	
8	TUGs - VARANDA + BWC + ...	220,00	FNT	2000 VA	0,8	1600 W	9,09 A	0,7	0,87	14,93 A	20,00 A	[Cu]PVC/750V/70°J-Us-B1-2Cc	1x2,5(24A), 1x2,5(24A), 1x2,5	2,5	7,75	8	0,47	2000 VA	
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
																		Totais:	16370 VA
Legenda:																			
FP: Fator de Potência				Ib: Corrente de Projeto Corrigida(A)				(Ib < In < Iz)											
FCA:Fator de Correção por Agrupamento				In:Corrente Nominal do Disjuntor (A)															
FCT:Fator de Correção por Temperatura				Iz: Capacidade de condução de corrente do condutor(A)															

Fonte: Autor (2024).

Vale salientar também, que a modelagem possibilitou extração automática dos quantitativos facilitando e diminuindo etapas para a aquisição dos produtos, importante ressaltar que apesar do levantamento de quantativo ser bem feito, os matérias computados em unidade de medida tem como resultado medidas aproximadas.

4.2 Análise visual

Realizada por meio da sobreposição de projetos com a utilização de recursos de vínculos, esta análise facilita a visualização de possíveis interferências entre elementos, que não se limitam necessariamente a conflitos, mas incluem também possíveis interferências.

Para uma localização mais clara entre as imagens dos conflitos mencionados, que estão demonstradas a seguir, recomenda-se consultar as plantas nos anexos para uma melhor compreensão.

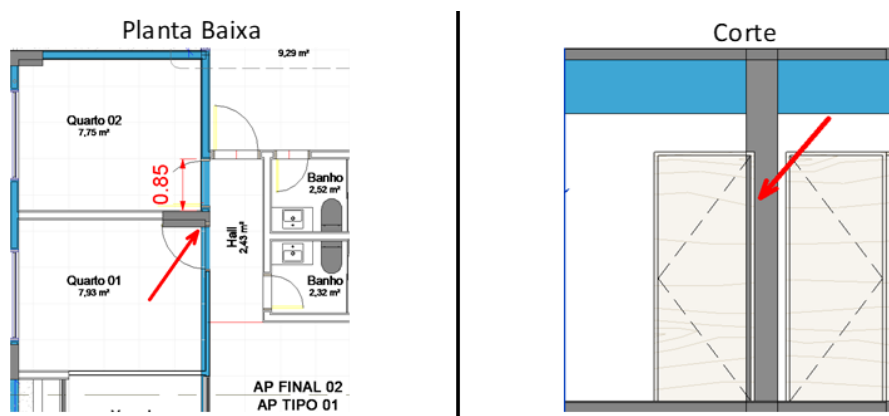
4.2.1 Arquitetônico x Estrutura

Inserindo os projetos arquitetônicos e estruturais no Revit e utilizando o recurso de vínculos, foi possível realizar uma análise visual abrangente entre os projetos mencionados.

Apartamento tipo 1

Os pilares P10, P12, P27 e P28 invadem a área destinada à esquadria de madeira (porta) no quarto 1, tornando necessário o seu deslocamento, conforme indicado na Figura 15. Além disso, a porta que leva ao quarto 02 está “estrangulada”. Considerando a futura instalação do kit de porta pronta, é essencial que o terá uma folga de 8 cm além das dimensões da porta para garantir uma execução adequada.

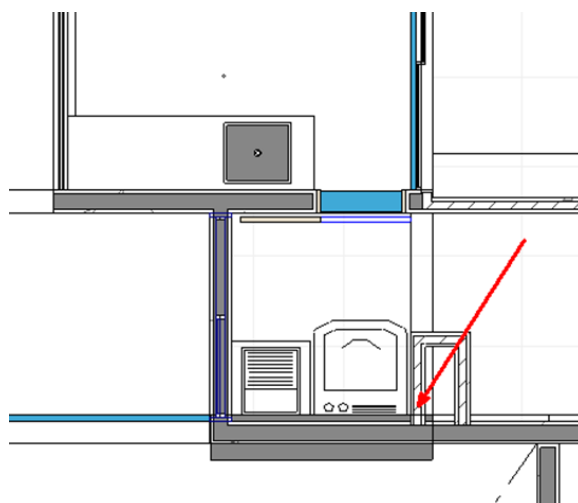
Figura 15 - Conflito P10 e Porta



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Há interferência dos pilares P15, P17, P20 e P22 no espaço destinado à máquina de lavar dificulta a instalação de dispositivos elétricos e tubulações hidráulicas e sanitárias. Como solução, será adotada uma parede falsa para a passagem das instalações. A Figura 16 demonstra a situação descrita.

Figura 16 - Conflito P15 e Máquina de Lavar

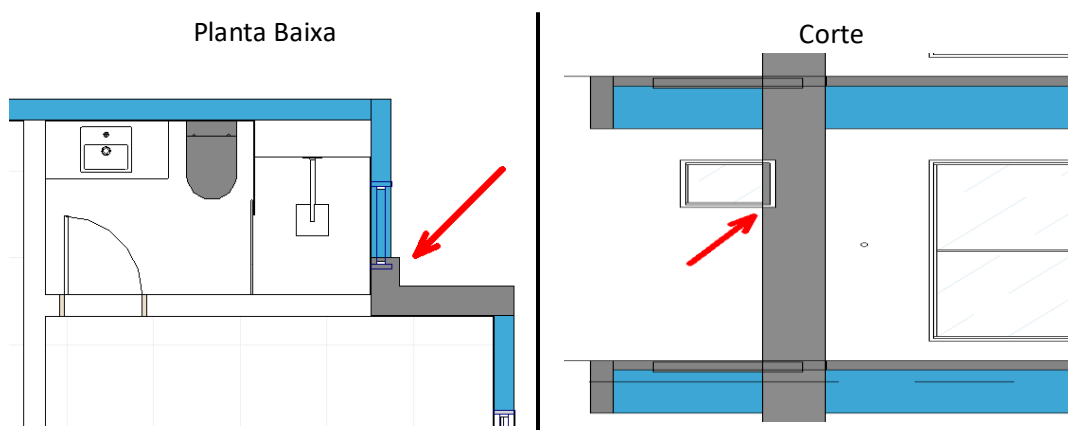


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Apartamento tipo 2

Os pilares P2 e P37, situados no banheiro suíte, comprometem a esquadria (janela) do banheiro, conforme ilustrado na Figura 17. Sendo necessário seu reposicionamento.

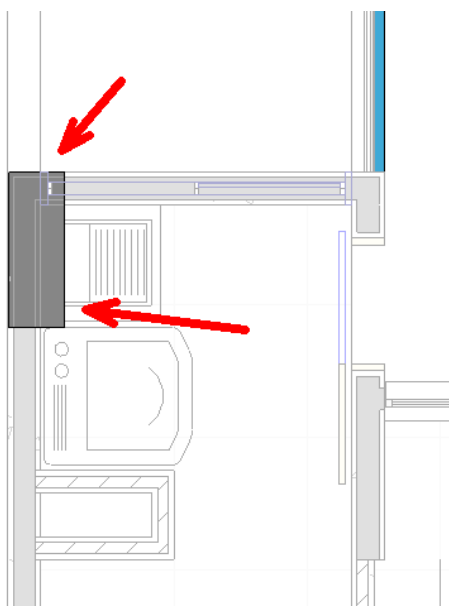
Figura 17 - Conflito P2 e janela



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Os pilares P3 e P35, localizados entre área de serviço e cozinha, estão invadindo a esquadria (janela). Além disso, a arquitetura prevê naquele mesmo espaço uma máquina de lavar, o que pode dificultar a passagem das tubulações hidrossanitárias, tendo em vista que o sistema adotado para a edificação será de instalações embutidas. A Figura 18 ilustra a situação descrita.

Figura 18 - Conflito P3 e Janela

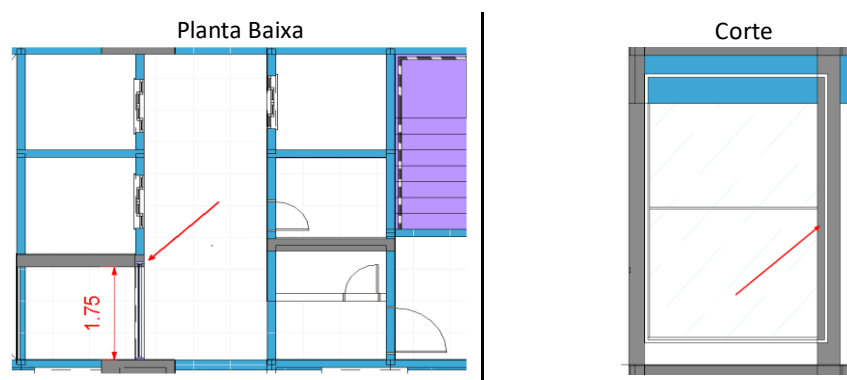


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Circulação – Pavimento tipo

O pilar P18 invade as esquadrias na circulação dos pavimentos tipo, exigindo a alteração do modelo da esquadria atual, que possui dimensões de 1,85 x 2,50m. O espaço disponível entre o pilar e a parede é de 1,75 metros. Portanto, a nova esquadria não deve ultrapassar 1,71m, permitindo uma folga de 4cm para facilitar a preparação do vão durante a instalação. A figura 19 ilustra a situação mencionada.

Figura 19 - Conflito P19 e janela

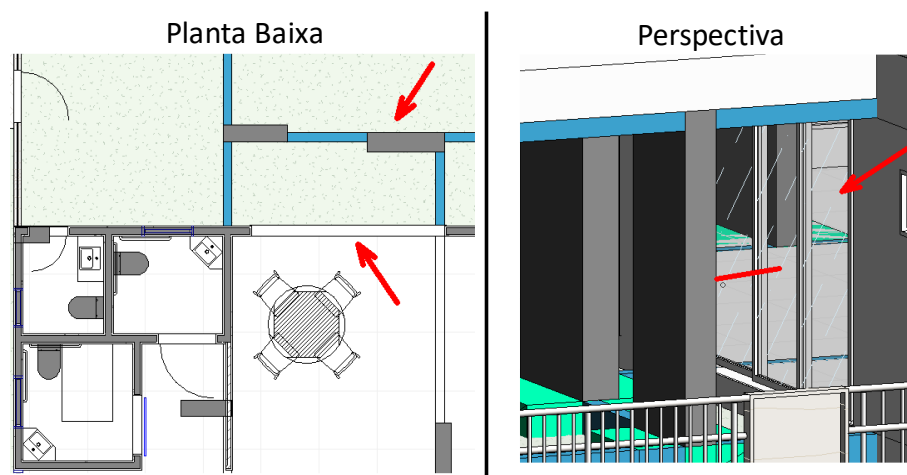


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Pavimento Térreo

Os pilares P6 e P7 estão relativamente próximos à esquadria que dá acesso ao salão de festa, localizado no pavimento térreo, o que afetaria a comodidade do espaço. A Figura 20 demonstra a situação mencionada.

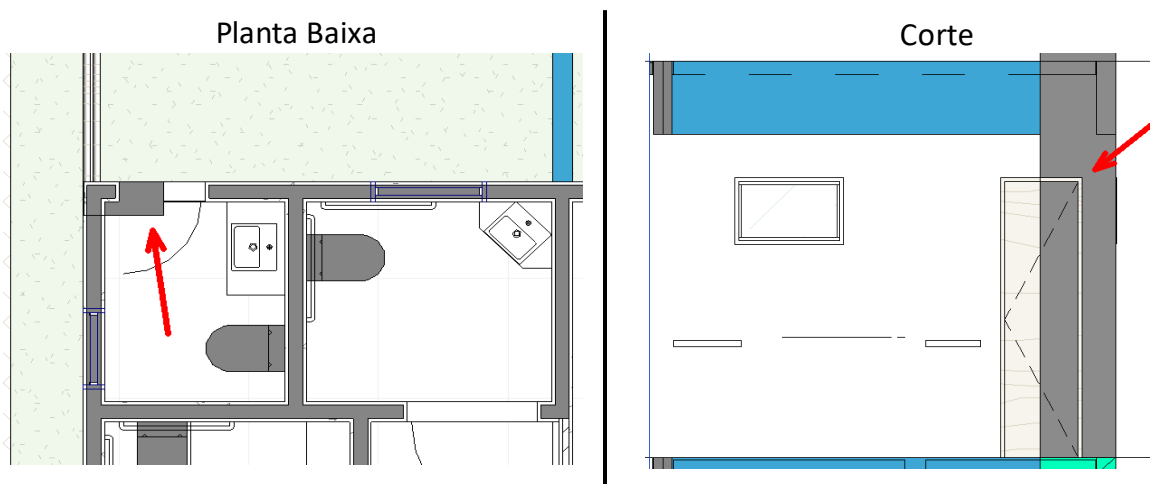
Figura 20 - Interferência P6 e porta



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No pavimento térreo, o pilar P8 interfere no espaço destinado à porta do banheiro do salão de festas. Além disso, a configuração atual não fornece um acesso eficiente ao banheiro, uma vez que a porta de entrada fica distante do ambiente. Portanto, faz-se necessidade de uma reformulação no layout dos banheiros. Conforme a Figura 21.

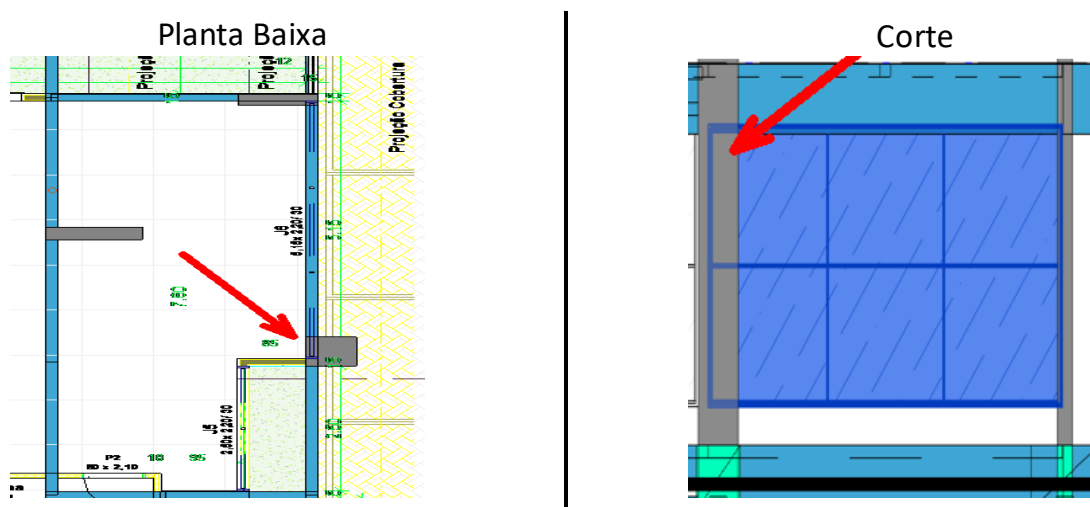
Figura 21 - Conflito P8 e janela



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

A esquadria do salão de festas, localizada na fachada leste, apresenta interferência na área dos pilares P9 e P14, conforme evidenciado na Figura 22. É importante destacar que, para viabilizar a instalação da esquadria, o mínimo deve ser ampliado em pelo menos 4 centímetros em relação às dimensões da própria esquadria.

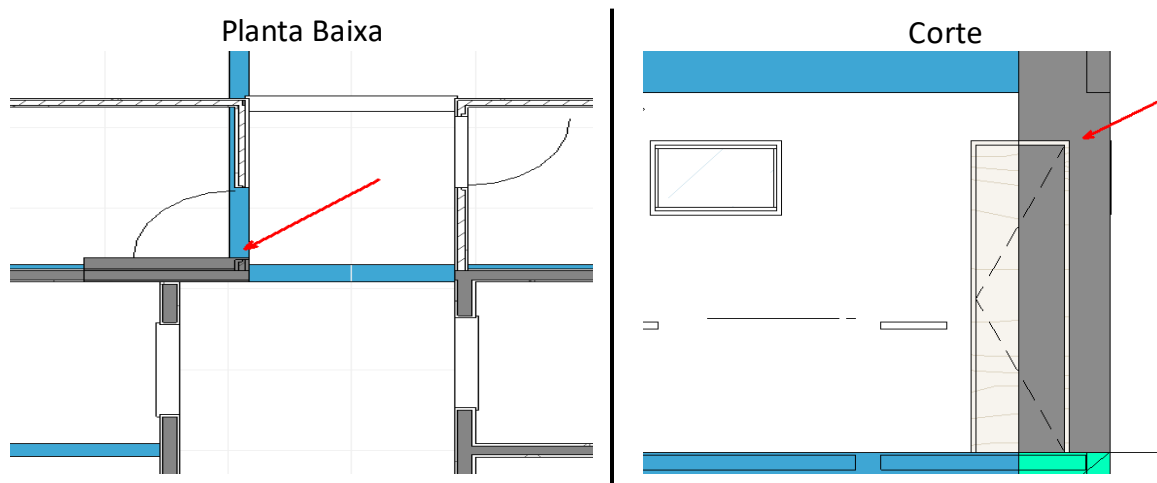
Figura 22 - Conflito P9 e janela



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

A porta que dá acesso à lavanderia no pavimento térreo invade a área do pilar P16, tornando imperativo o seu reposicionamento. Conforme a Figura 23.

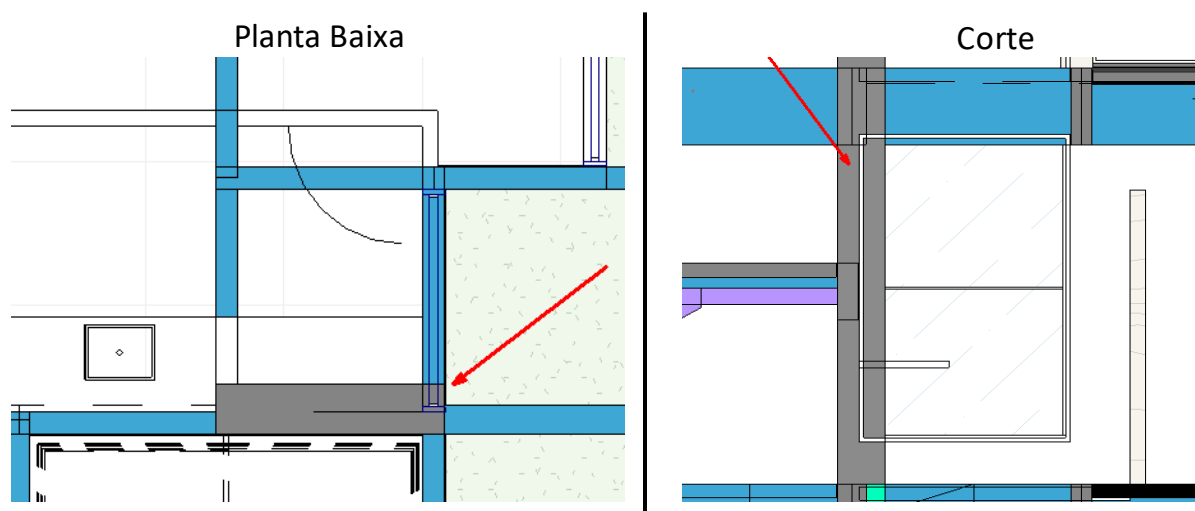
Figura 23 - Conflito P16 e porta



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

A janela da cozinha do salão de festas invade a área do pilar P17 e da viga V1 - 43, exigindo a concepção de uma esquadria com dimensões reduzidas. Nesse contexto, o vão a ser considerados para a instalação da esquadria deve ser ampliado em 4 centímetros em relação à largura da própria esquadria. A figura 24 demonstra a situação descrita.

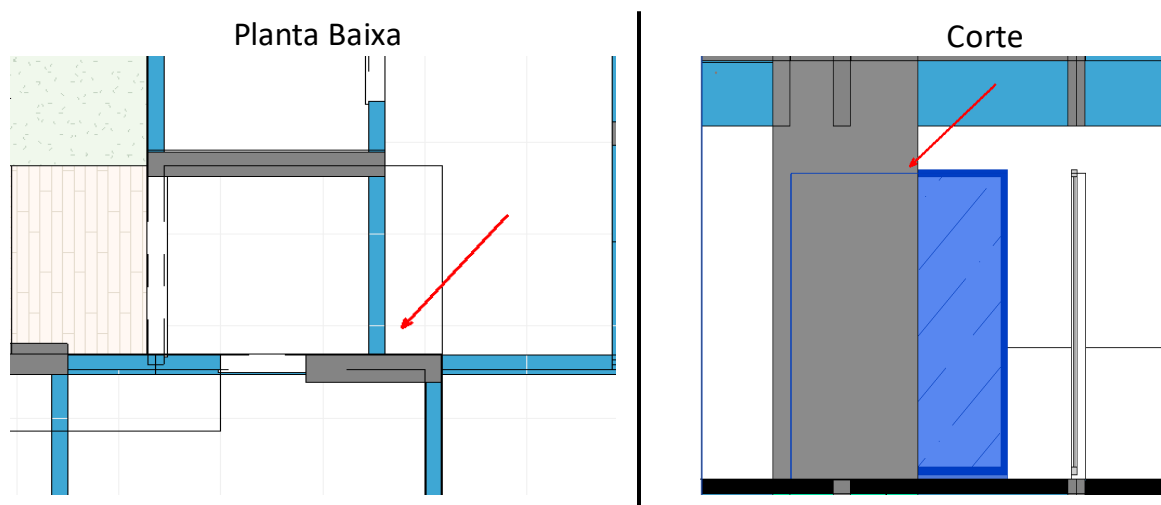
Figura 24 - Conflito P17 e janela



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

A porta que conduz à sala de jogos está em conflito com o pilar P21, tornando-se necessário encontrar uma nova posição para a instalação da esquadria. Conforme a Figura 25.

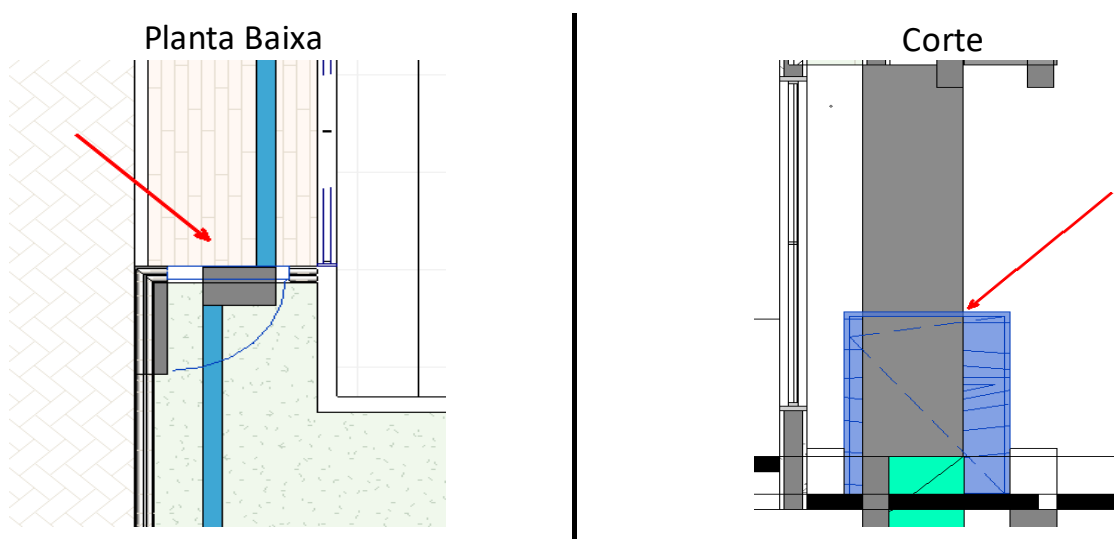
Figura 25 - Conflito P21 e porta



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

A esquadria de acesso (porta) ao *Pet Place*, situada no pavimento térreo, apresenta conflito com o pilar P24, exigindo a busca por uma nova posição para a instalação da esquadria. Conforme indicado na Figura 26.

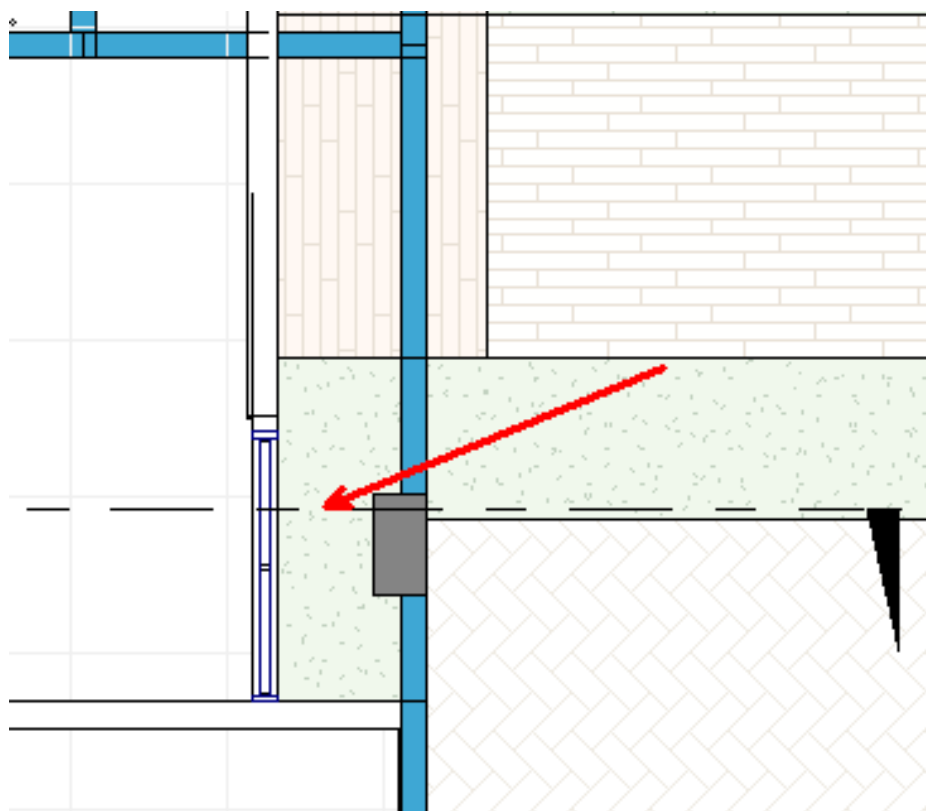
Figura 26 - Conflito P24 e porta



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

A janela na fachada leste do pavimento térreo se localiza atrás do pilar P25. Essa esquadria não desempenhará totalmente sua utilidade, tendo em vista que, o pilar está a sua frente. Conforme demonstrado na Figura 27.

Figura 27 - Interferência P25 e janela



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Pavimento terraço

Durante a análise visual dos projetos arquitetônicos e estruturais no pavimento terraço, não foram identificados conflitos entre os elementos dos respectivos projetos em análise.

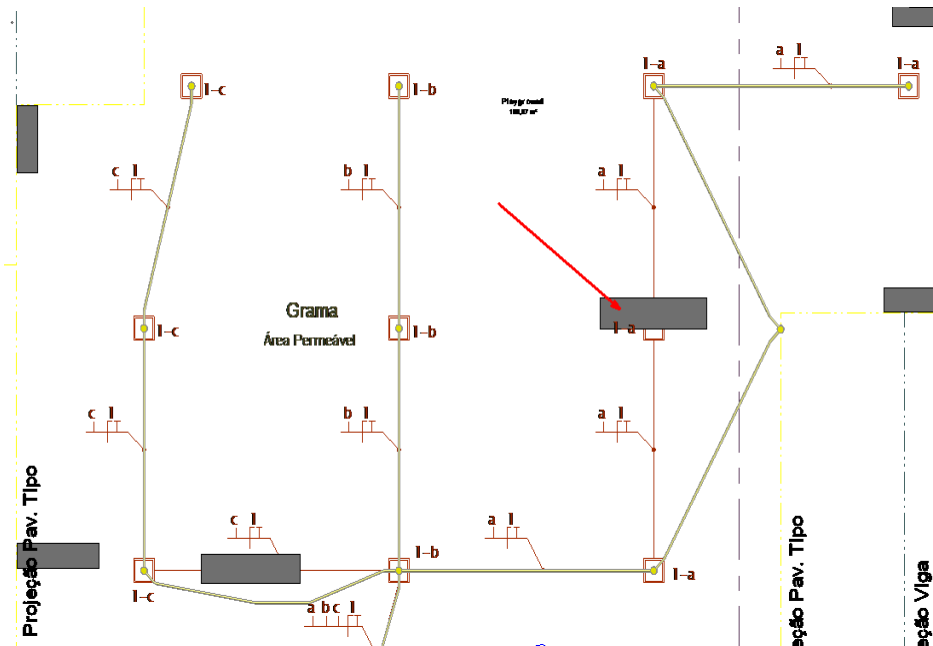
4.2.2 Estrutural x Elétrico

A análise visual entre os projetos estrutural e elétrico teve como objetivo primário a identificação de conflitos físicos, ao contrário da análise anterior. Nesta etapa, serão apresentados os conflitos encontrados no projeto elétrico original, modelado em CAD, juntamente com suas respectivas soluções e ajustes.

Pavimento Térreo

A iluminação, posicionada no playground, está em conflito com o pilar P4. Durante o processo de modelagem, seu posicionamento foi ajustado, como evidenciado na Figura 28.

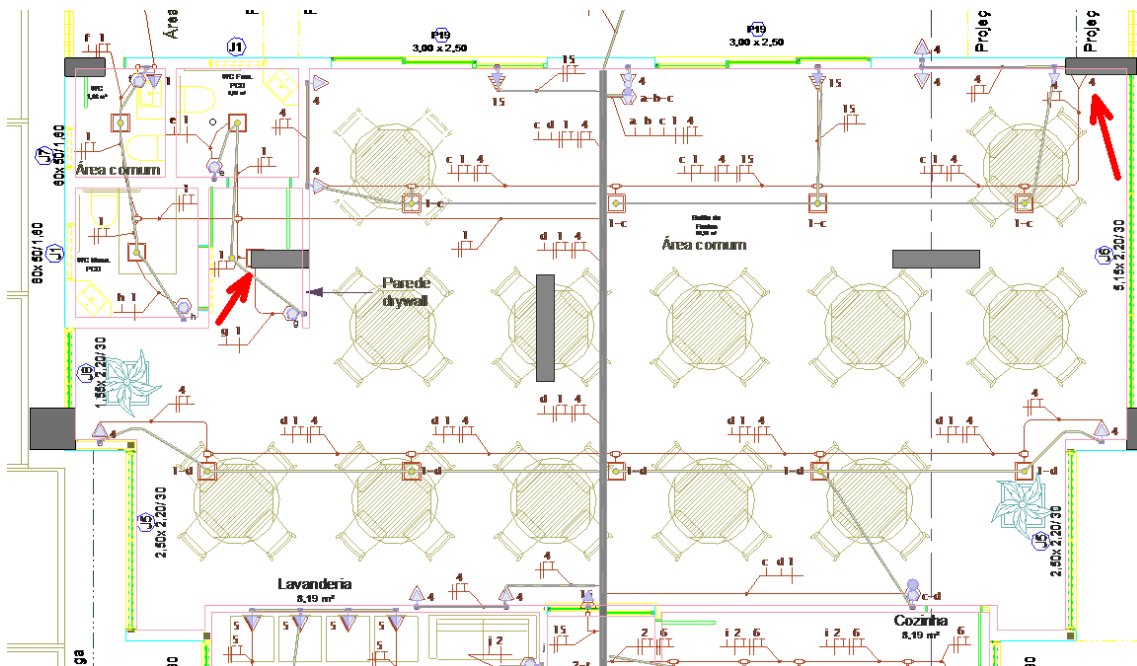
Figura 28 - Conflito P4 e luminária



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No salão de festas, o pilar P9 está em conflito com uma tomada de uso geral (TUG), e há também um conflito do pilar P10 com uma luminária, como mostrado na Figura 29. Importante mencionar que, durante o processo de modelagem, tanto a tomada quanto a luminária foram realocados.

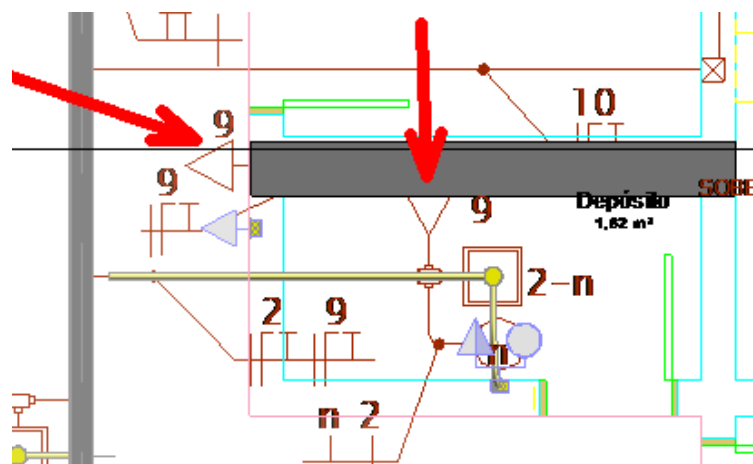
Figura 29 - Conflito P9, P10 com tomadas.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No depósito, o pilar P19 estava em conflito com duas TUGs. Como solução, os dispositivos foram realocados, e um deles foi substituído por um conjunto de interruptor simples e tomada. A situação é ilustrada na Figura 30.

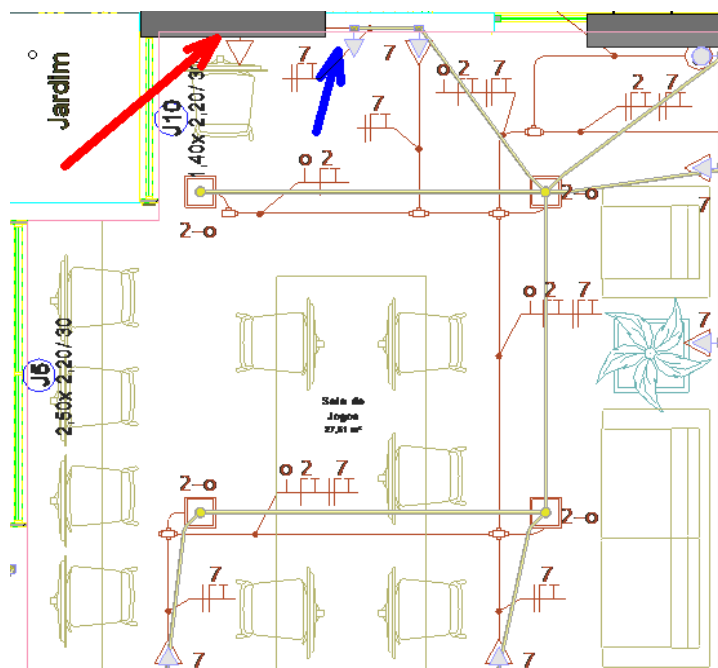
Figura 30 - Conflito P19 e tomadas.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na sala de jogos, a TUG que anteriormente conflitava com o pilar P20 foi relocado, como representado na Figura 31. A seta vermelha destaca o conflito original, enquanto a seta azul indica sua nova posição.

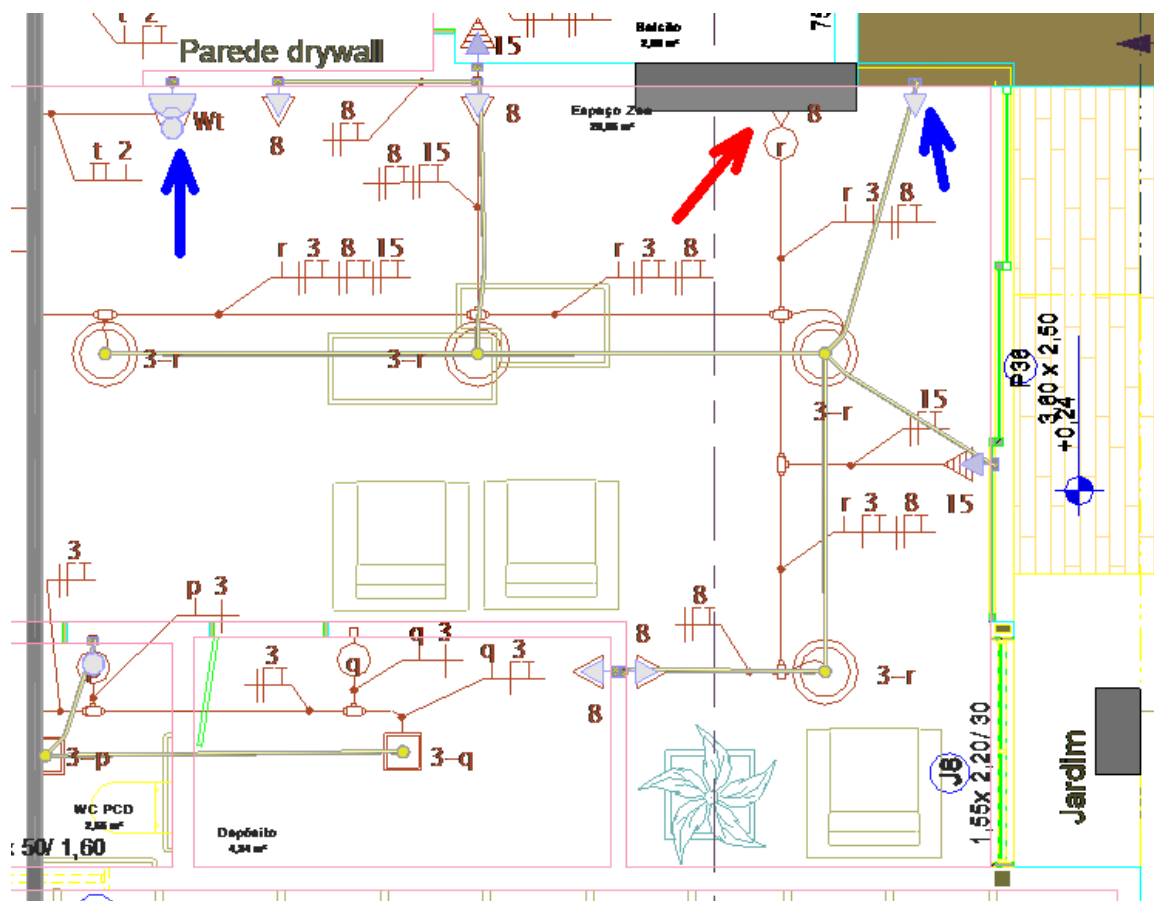
Figura 31 - Conflito P20 e tomada.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No espaço Zen, o pilar P22 inicialmente estava em conflito com um interruptor e uma TUG. Para resolver a situação, o interruptor foi reposicionado para garantir maior praticidade e evitando o conflito. Da mesma forma, a TUG foi realocada para evitar conflitos com o pilar. Na Figura 32, as alterações são representadas por setas azuis, enquanto os conflitos originais são indicados por setas vermelhas.

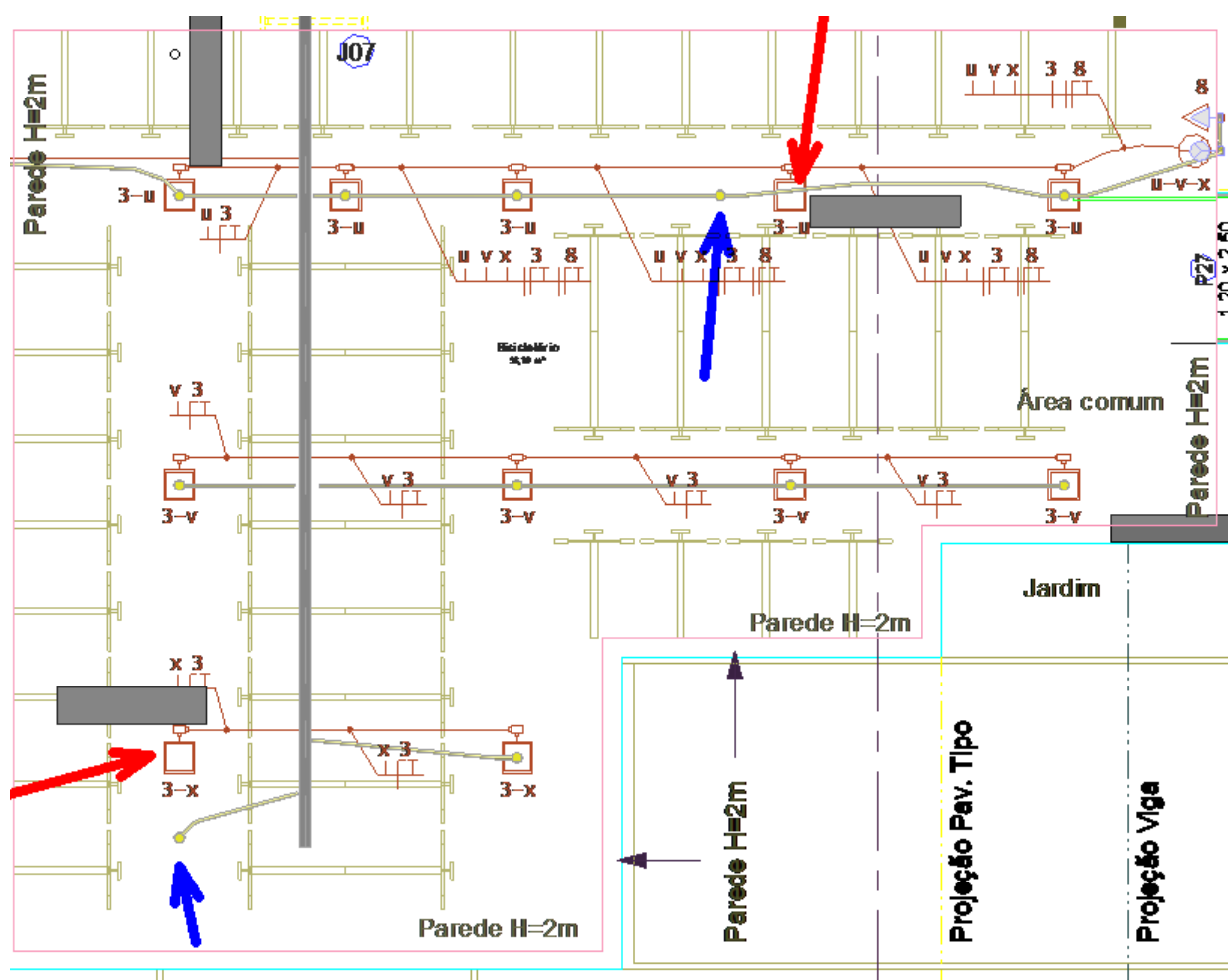
Figura 32 - Conflito P22 e dispositivos.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No espaço bicicletaria existiam duas luminárias próximas a pilares, o que afetaria a iluminação do espaço. A Figura 33 demonstra o antes e depois indicados com seta vermelha e azul respectivamente.

Figura 33 - Alterações nas luminárias.



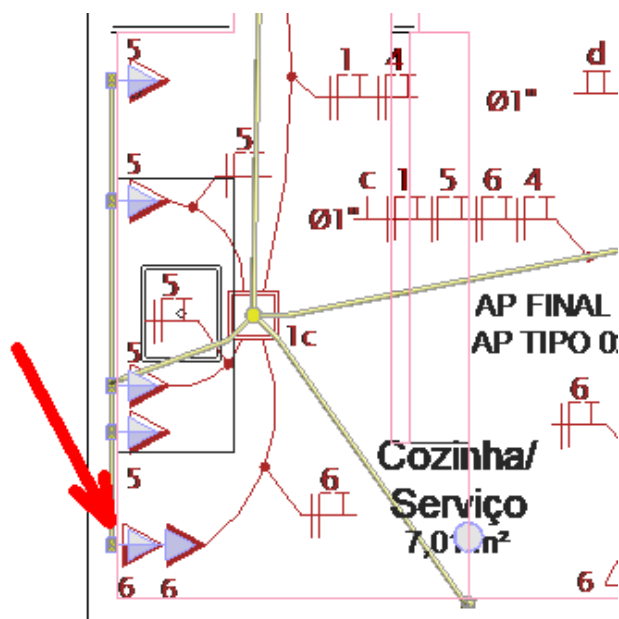
Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

PAVIMENTO TIPO

APTO TIPO 2

Na cozinha, as cargas foram atribuídas conforme a NBR 5410 (ABNT, 2004), com 600 VA nas tomadas da área de serviço e cozinha, detalhes que não foram inicialmente contemplados. Além disso, a divisão dos circuitos rigorosos o prescrito no item 9.5.3.2, que estabelece: “Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas nesses locais.” Essa abordagem não foi contemplada no projeto original. A Figura 34 indica a divergência entre a norma e o projeto.

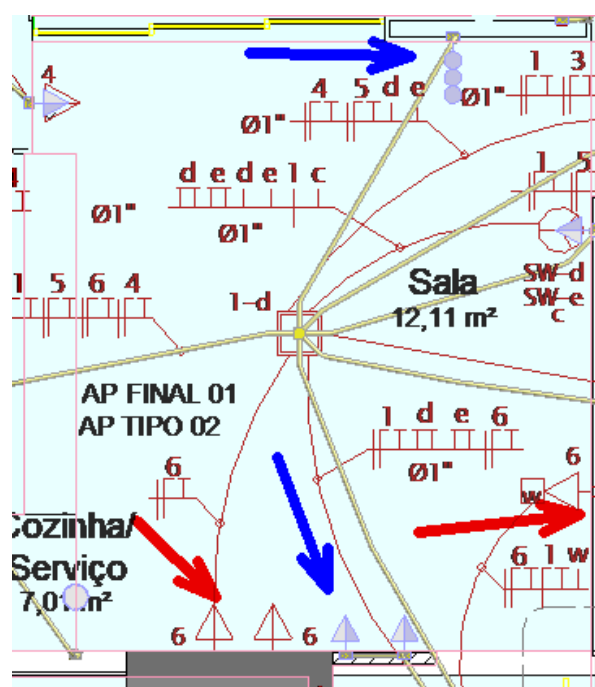
Figura 34 - Alteração do layout do circuito.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na sala, houve uma alteração no layout dos pontos de tomada devido a conflitos identificados. Além disso, os interruptores foram reposicionados, causando uma utilização mais eficiente. A Figura 35 apresenta as comparações, destacando em vermelho a configuração anterior e em azul a configuração atual.

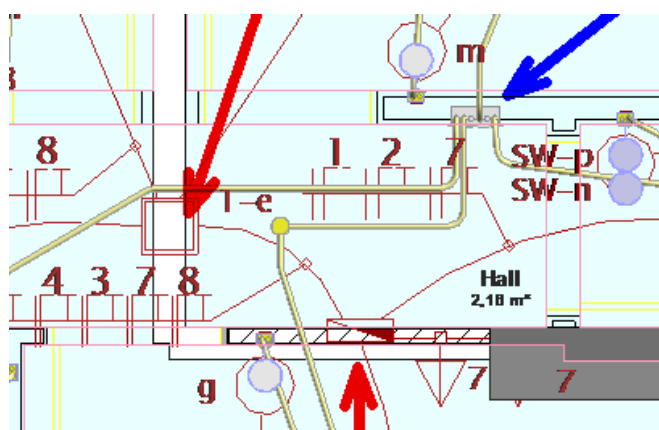
Figura 35 - Alteração de interruptores.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No hall, foram realizadas as seguintes alterações: luminárias foram realocadas devido a um conflito com uma viga, o que dificultaria sua instalação; o QDC (Quadro de Distribuição de Circuitos) foi reposicionado, uma vez que inicialmente estava em uma parede de *drywall*. A equipe responsável pela construção optou por evitar a instalação na parede, considerando a possibilidade de remoção futura para facilitar o uso do ambiente, conforme decidido pelo cliente. Conforme a Figura 36.

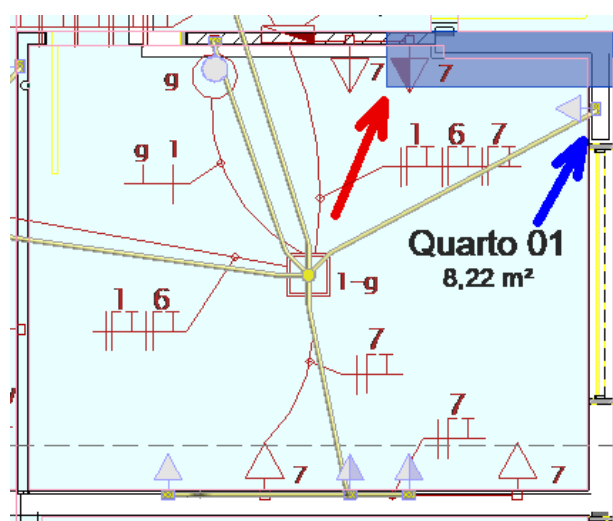
Figura 36 - Conflito viga e luminária.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No quarto 1, devido a conflitos entre os pontos de tomada e o pilar P4, foi necessário realocar o pilar. A Figura 37 ilustra os conflitos (indicados por setas vermelhas) e a nova posição do pilar (indicada por setas azuis). Essas alterações impactaram o layout dos móveis, uma vez que os pontos estavam inicialmente localizados próximos à cama.

Figura 37 - Conflito P4 e tomadas.

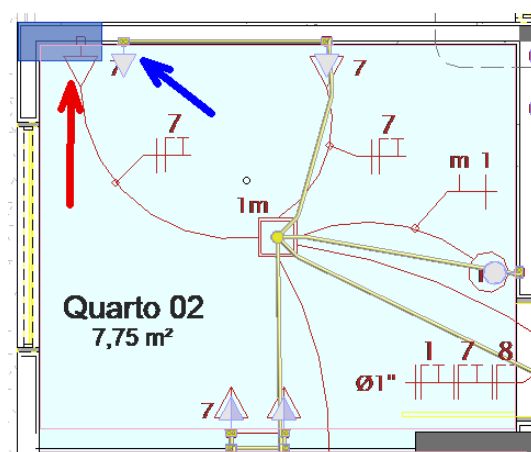


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

APTO TIPO 1

No quarto 2, uma tomada estava em conflito com o pilar P8, sendo necessário realocar o dispositivo. Na Figura 38, o conflito original é indicado pela seta vermelha, enquanto a seta azul aponta para a nova posição do dispositivo.

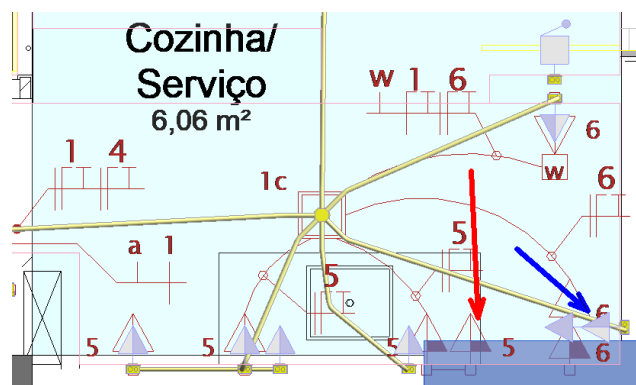
Figura 38 - Conflito P8 e tomada.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na cozinha, identificou-se conflitos entre dispositivos (tomadas) e pilares. Esses dispositivos foram realocados, como representado na Figura 39, onde o conflito original está marcado com seta vermelha e a nova posição com seta azul. Além disso, as tomadas, inicialmente designados para o circuito 6, foram atribuídos ao circuito 5, pois o item 9.5.3.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que circuitos para área de serviço, cozinha devem pertencer a circuitos exclusivos. Além disso, foi considerado uma carga de 600 VA em duas tomadas, atendendo ao disposto no item 9.5.2.2.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004).

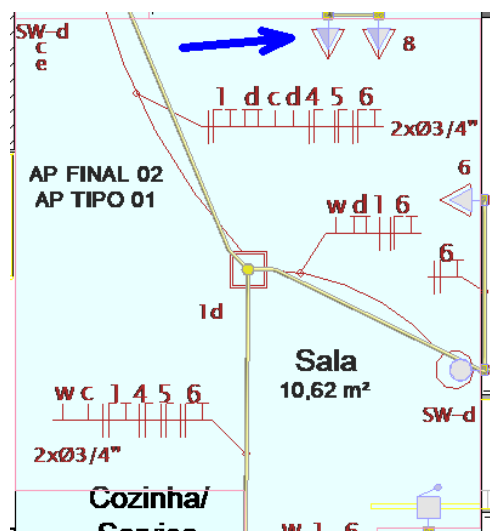
Figura 39 - Conflito pilar e tomadas.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na sala, as tomadas, inicialmente pertencentes ao circuito 8, foram restabelecidas para o circuito 6, conforme mostrado na Figura 40. Essa modificação foi pensando em atribuir um único circuito ao ambiente, minimizando assim confusões durante a sua utilização.

Figura 40 - Alteração do circuito.

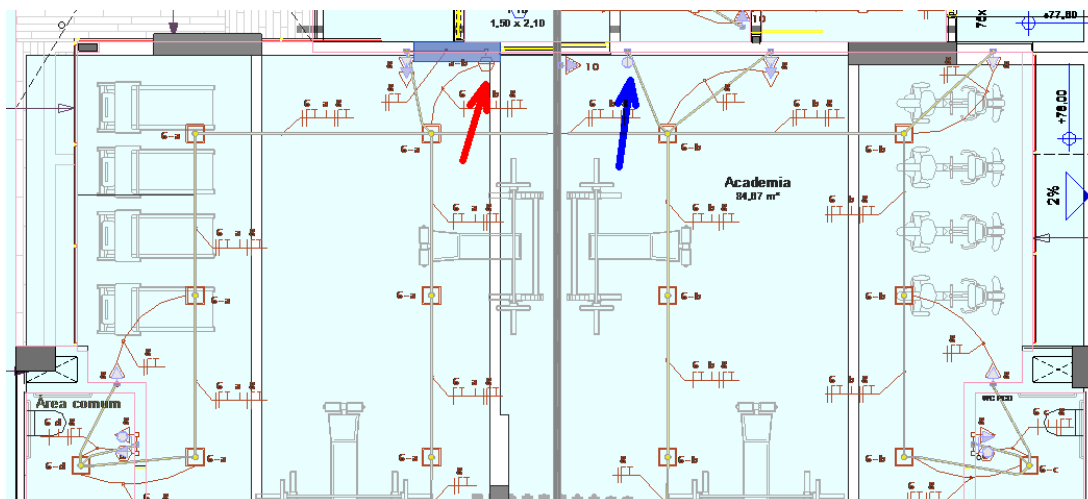


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Pavimento Terraço

No ambiente da academia, ocorreu uma modificação no posicionamento de um interruptor que estava em conflito com o pilar P21. Como solução, o dispositivo foi relocado para a parede adjacente. A situação é visualmente representada na Figura 41, onde a seta vermelha destaca o conflito original, enquanto a seta azul indica a nova localização.

Figura 41 - Conflito P21 e interruptor.

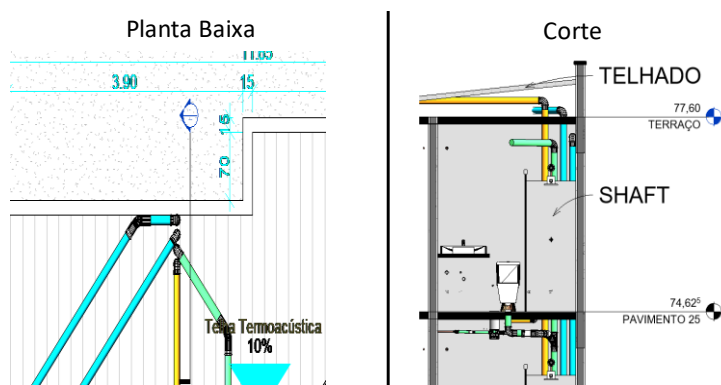


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

4.2.3 Hidrossanitário x Arquitetura

A análise visual entre os projetos Hidrossanitário e Arquitetônico no *Revit* foi conduzida da seguinte maneira: inicialmente, foi feita uma análise da planta baixa. Em seguida, utilizando a ferramenta de corte, procedeu-se à análise em vista lateral, permitindo a verificação de prumadas e conflitos horizontais. A Figura 42 ilustra o procedimento adotado.

Figura 42 - Modelo de análise hidrossanitário.

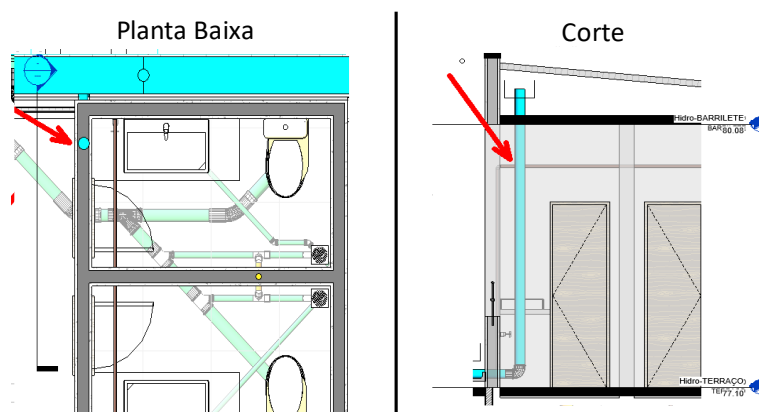


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Pavimento Terraço

No banheiro da área comum, identificamos uma tubulação proveniente da calha que está embutida em uma parede. Considerando que o diâmetro dessa tubulação é de aproximadamente 102 mm, torna-se evidente que a sua instalação embutida não é adequada. A incompatibilidade está destacada na Figura 43. Como alternativa, sugerimos que a coluna de tubulação siga um caminho alternativo ou que seja prevista a instalação de um *shaft* na parte interna do banheiro.

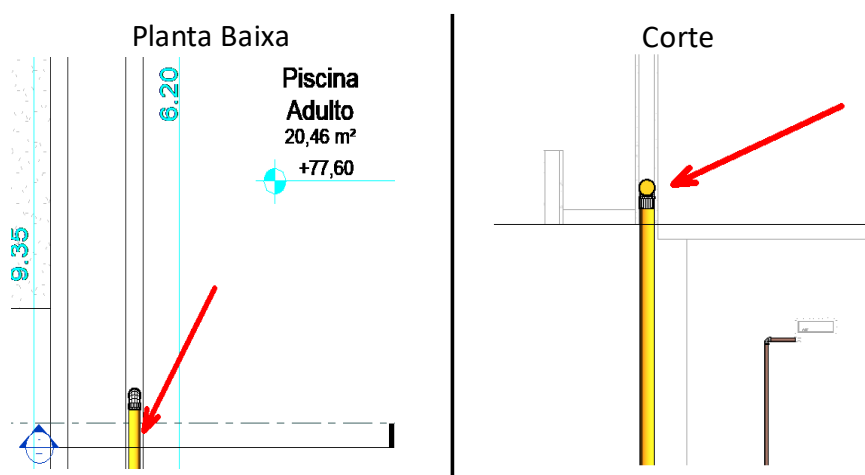
Figura 43 - Incompatibilidade tubo e parede.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

A tubulação de ventilação do sistema de esgoto está embutida na parede divisória da piscina, conforme indicado na Figura 44. É crucial avaliar se essa configuração acarretará algum problema. Inicialmente, essa solução não parece adequada, considerando que a parede desempenhará uma função estrutural.

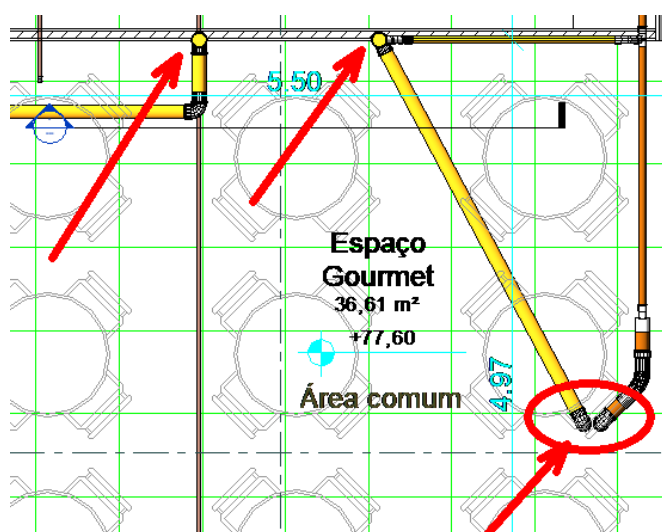
Figura 44 - Incompatibilidade piscina e tubo.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na área Gourmet, identificamos colunas de ventilação de 100 mm embutidas em paredes de *drywall* com espessura de 8 cm. Torna-se necessário encontrar uma nova localização para a subida dessas colunas ou considerar a criação de um *shaft*. Além disso, no mesmo espaço, há tubos de queda que percorrem internamente a área. Como alternativa, planeja-se redirecionar essas tubulações para um novo caminho. A Figura 45 ilustra a situação descrita acima.

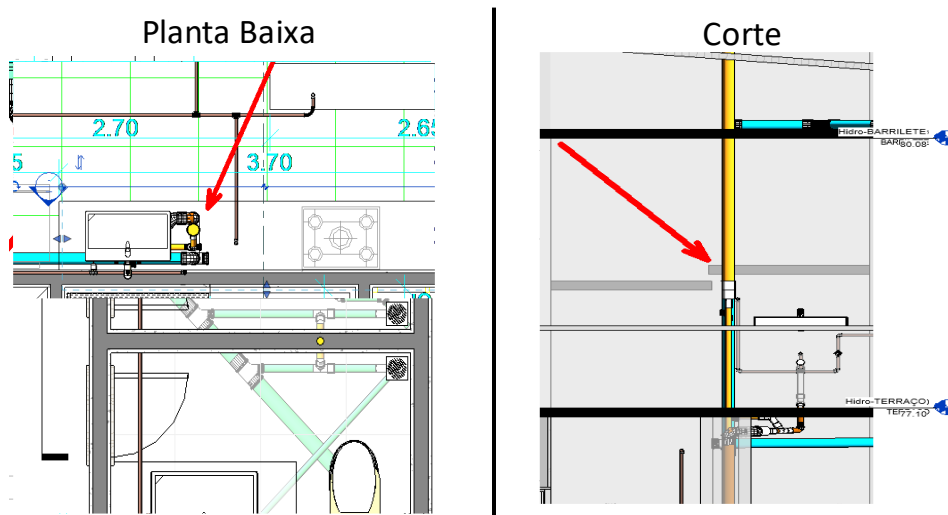
Figura 45 - Incompatibilidade com tubo embutido



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na cozinha da área Gourmet, é necessário criar um *shaft* ao lado da bancada. Esse *shaft* será uma extensão do *shaft* do pavimento tipo e servirá para acomodar a subida da tubulação do sistema de ventilação hidrossanitário. A Figura 46 ilustra a situação descrita.

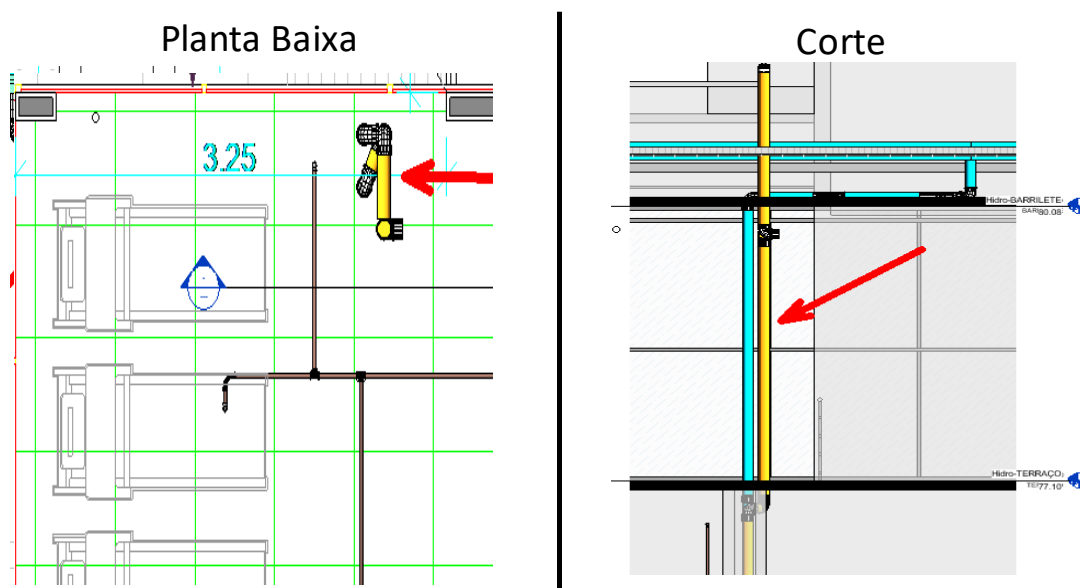
Figura 46 - Ausência de *shaft*.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No espaço destinado à academia, verificamos que os tubos das colunas de ventilação do pavimento tipo invadem a área, sem a previsão de um *shaft*, conforme evidenciado na Figura 47. Além disso, notou-se a ausência de pontos de água fria no ambiente da academia, o que é crucial para uma futura instalação de bebedouros.

Figura 47 - Tubulação aparente.

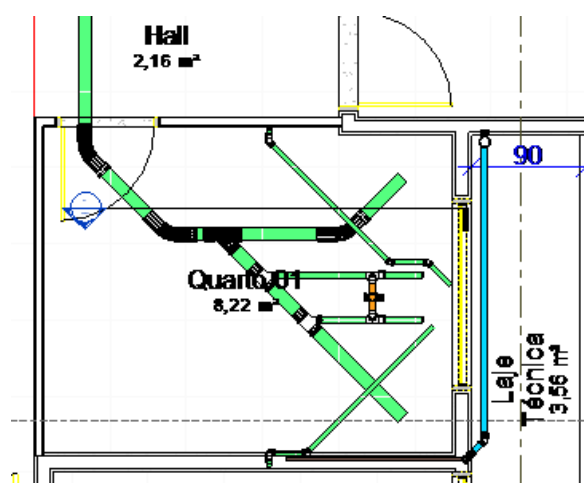


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Pavimento Tipo

No quarto do apartamento final 1, localizado no vigésimo quinto pavimento, é necessário incluir um forro no Quarto 1. Essa necessidade não foi antecipada durante a concepção do projeto arquitetônico, uma vez que a tubulação de esgoto do banheiro do pavimento terraço está presente na parte superior do referido quarto. A Figura 48 ilustra a situação mencionada.

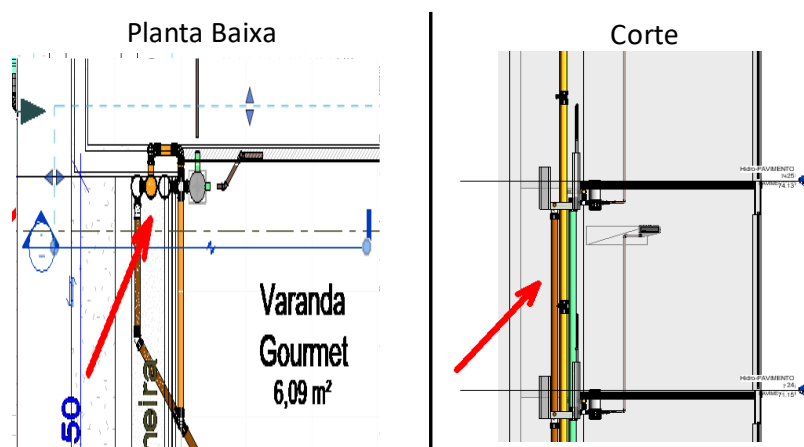
Figura 48 - Tubos aparentes com ausência de forro.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No local destinado à jardineira dos apartamentos do tipo 1, é necessário a criação de um *shaft*. Isso se deve à decisão do projetista das instalações hidráulicas de alocar os tubos de queda e coluna de ventilação nesse espaço específico. Essa disposição é evidenciada na Figura 49.

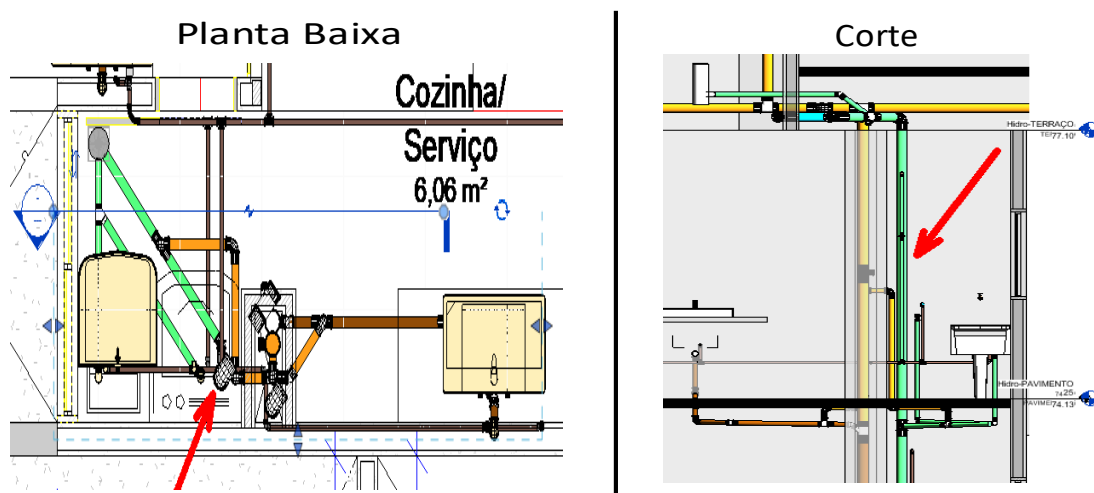
Figura 49 - Ausência de *shaft*.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O *shaft* na cozinha do apartamento tipo 1 não dispõe de espaço suficiente para acomodar todos os tubos de queda, resultando na exposição de tubulações. Isso é evidenciado na Figura 50.

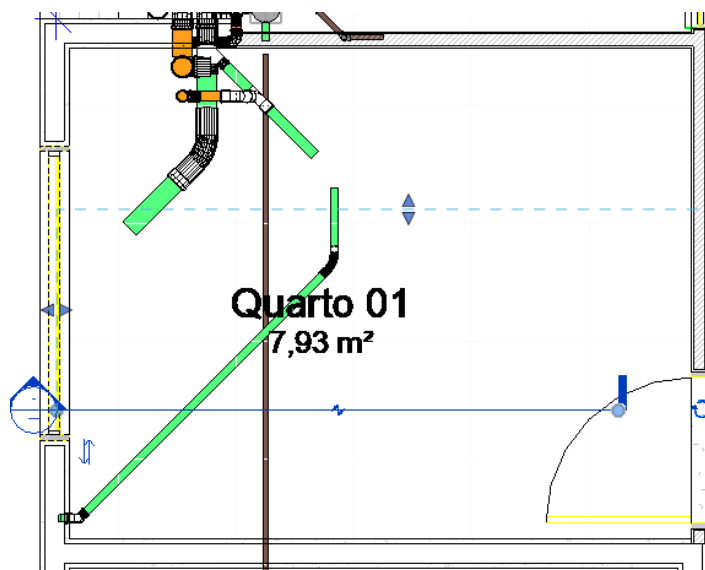
Figura 50 - *Shaft* pequeno.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No Quarto 1 dos apartamentos finais 4 e 5, localizados no vigésimo quinto pavimento, é necessário considerar a instalação de um forro. Esta necessidade não foi antecipada no projeto arquitetônico, uma vez que a tubulação de esgoto dos banheiros da academia do pavimento terraço está presente na parte superior do referido quarto. A Figura 51 ilustra a situação mencionada.

Figura 51 - Tubos aparentes e ausência de forro.

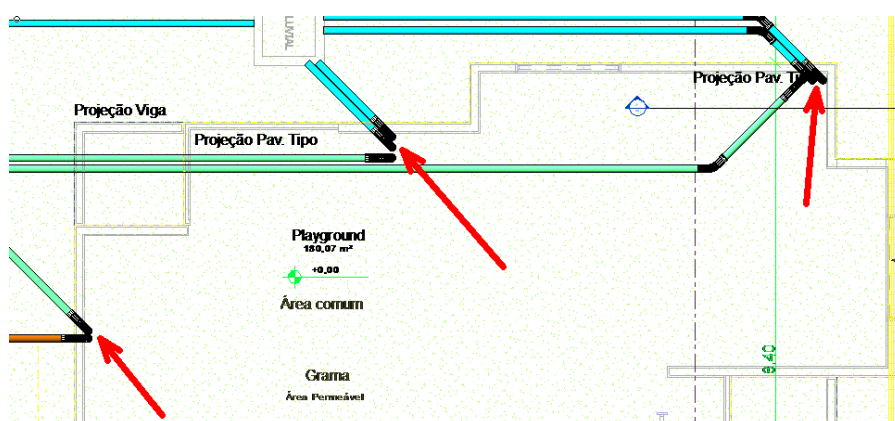


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Pavimento térreo

No playground, os tubos de queda dos pavimentos superiores estão visíveis no espaço em questão. Existem duas alternativas para solucionar o problema: desviar a tubulação para o espaço externo, com a criação de um *shaft*, ou criar um *shaft* no mesmo local da tubulação originalmente locada para acomodar esses tubos. Essa intervenção é especialmente relevante, considerando a recomendação da norma NBR 8160 (ABNT, 1999), em seu item 4.2.4.1, que sugere preferencialmente que os tubos de queda possuam um único alinhamento. A Figura 52 ilustra a localização da situação descrita.

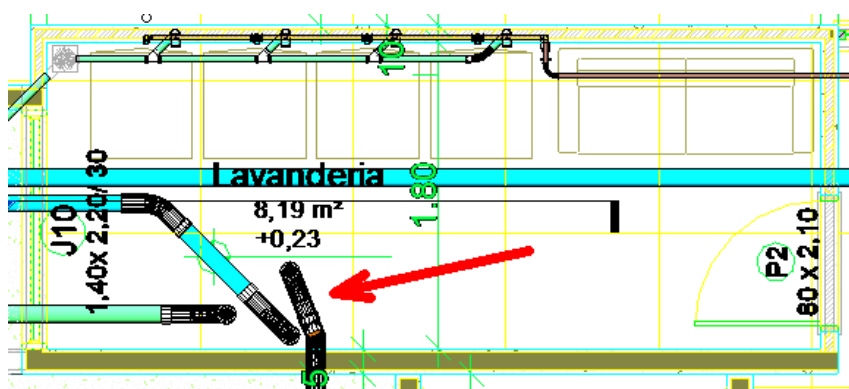
Figura 52 - Tubos aparentes.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na lavanderia, os tubos de queda encontram-se visíveis, invadindo o espaço destinado à lavanderia. Como solução, propõe-se aproximar essas tubulações aos cantos das paredes, considerando que estão localizadas no interior do espaço, e consequentemente, criar um *shaft*. A incompatibilidade é evidenciada na Figura 53.

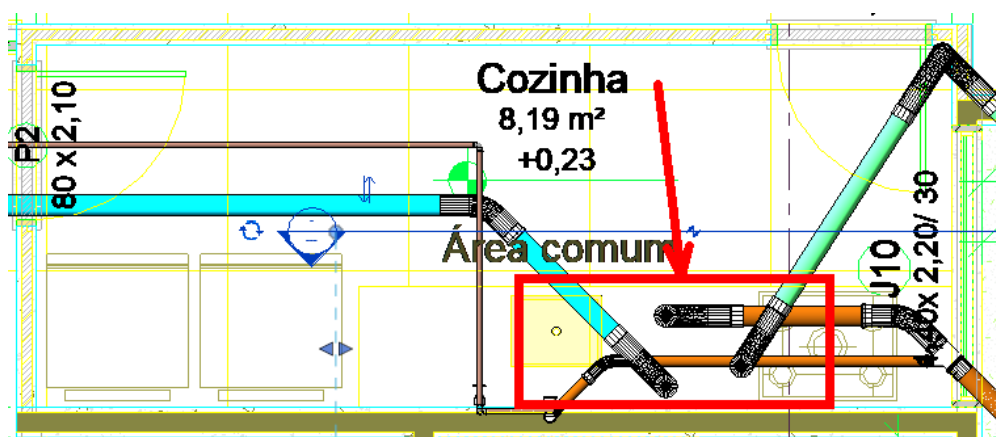
Figura 53 - Tubos aparentes.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na cozinha, é imprescindível criar um *shaft* para a passagem dos tubos de queda dos pavimentos superiores. Atualmente, essas tubulações estão posicionadas acima da bancada, o que demandará o deslocamento desta para frente ou a busca de um novo trajeto para as tubulações, levando em consideração o espaço disponível para a disposição dos móveis. A Figura 54 ilustra essa situação.

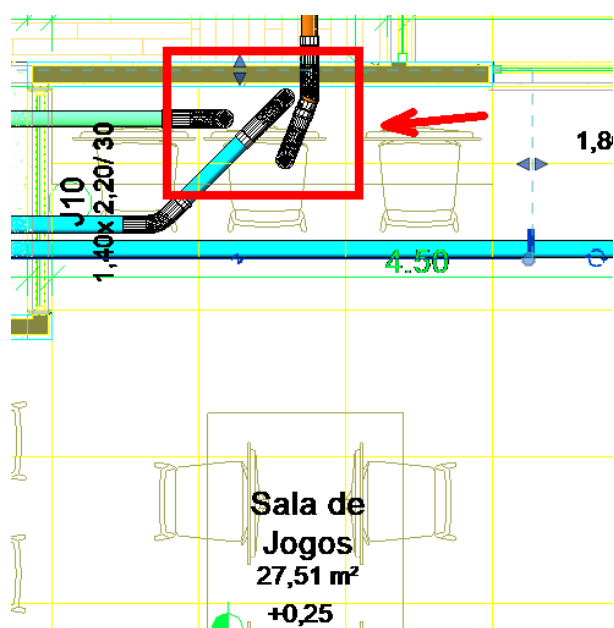
Figura 54 - Tubos aparentes.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na sala de jogos, a presença de tubos de queda invade o espaço, sem a previsão de *shaft* na área. Portanto, será necessário criar um *shaft* para resolver essa questão. A Figura 55 ilustra a situação mencionada.

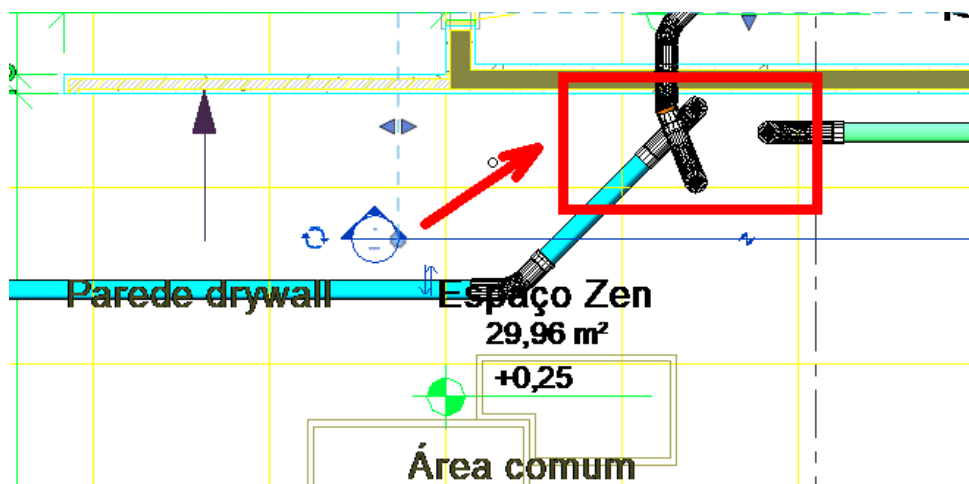
Figura 55 - Tubos aparentes.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No espaço Zen, a presença de tubos de queda invade o ambiente, sem a previsão de *shaft* naquela área. Assim, torna-se necessário criar um *shaft* para acomodar adequadamente esses elementos. A Figura 56 ilustra a situação mencionada.

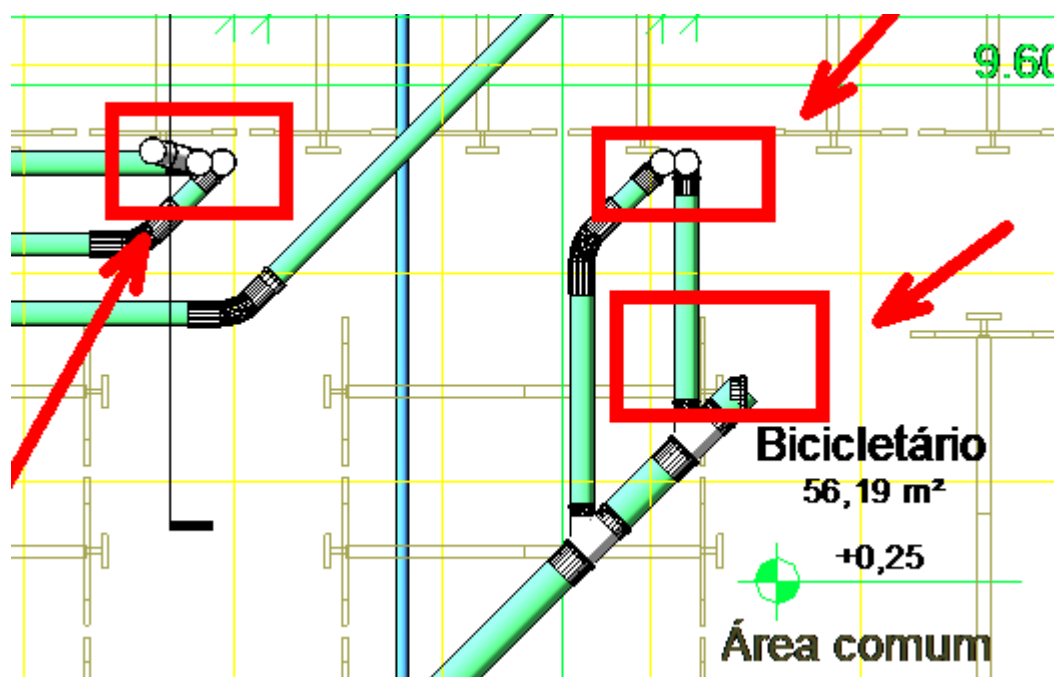
Figura 56 - Tubos aparentes.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Na bicicletaria, há diversas questões a serem observadas em relação aos tubos de queda. Esses tubos, provenientes dos pavimentos superiores, invadem o espaço interno da área em questão, conforme demonstrado na Figura 57.

Figura 57 - Tubos aparentes.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

4.2.4 Hidrossanitário x Estrutura

Durante a análise visual da compatibilização, não foram identificados pontos de atenção entre o projeto hidrossanitário e o projeto estrutural. Uma explicação plausível é que o projeto hidrossanitário foi desenvolvido utilizando metodologia BIM, e o projetista dedicou-se a modelar o projeto de forma integrada com o projeto estrutural.

4.3 Analise automática

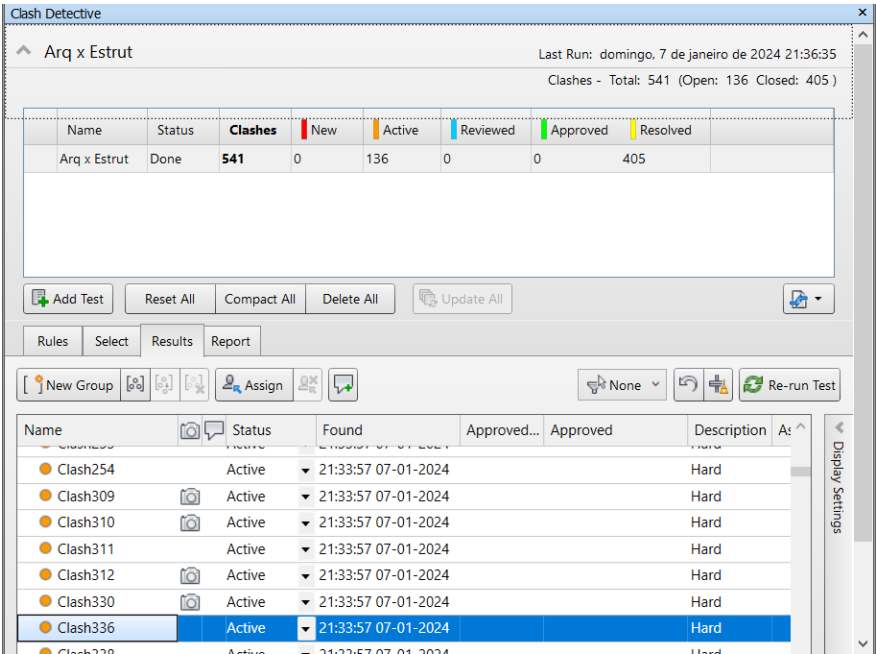
A identificação visual desempenhou um papel importante como uma etapa preliminar de refinamento para lidar com possíveis interferências. Em seguida, com os projetos 3D devidamente modelados, é o momento de proceder com a integração. O *software* selecionado para essa finalidade foi o *Autodesk NavisWorks Manage*, responsável por efetuar a integração entre os arquivos e conduzir as análises necessárias. Isso é realizado por meio da importação dos arquivos e da aplicação de sua funcionalidade de detecção de conflitos (*clash detection*).

4.3.1 Arquitetura x estrutural.

Para identificar interferências entre os elementos arquitetônicos e estruturais, optou-se em ocultar todos os elementos do terceiro ao vigésimo quarto pavimento, juntamente com toda a categoria de paredes básicas, mantendo os demais elementos ativos. A adoção desse método visa reduzir a incidência de conflitos durante a análise de *clash detection*.

Após a implementação dessas configurações, o relatório resultante registrou um total de 541 conflitos. Após a devida filtragem, restaram apenas 136 conflitos, conforme ilustrado na Figura 58. Importante notar que, devido à natureza vertical da construção, é comum que um mesmo conflito seja repetido em diferentes instâncias.

Figura 58 - Relatório *clash detective* Arquitetura x Estrutural.

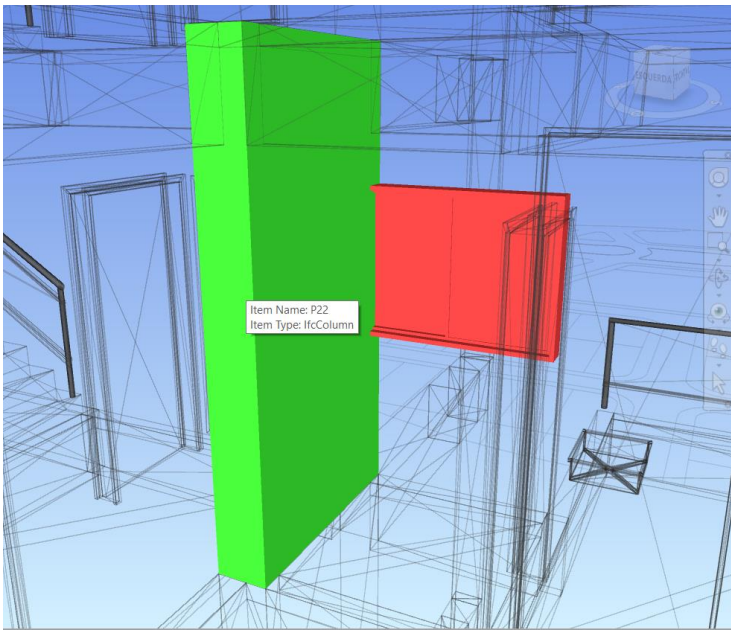


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Dito isso, aqui será demonstrado algumas interferências do relatório do *software*.

O *Clash* 246 destacou uma colisão entre o pilar P22 e a janela da área de serviço. Essa mesma situação se replica nos pilares P16 e P17, considerando que o layout da planta baixa segue um padrão espelhado. A Figura 59 ilustra situação descrita.

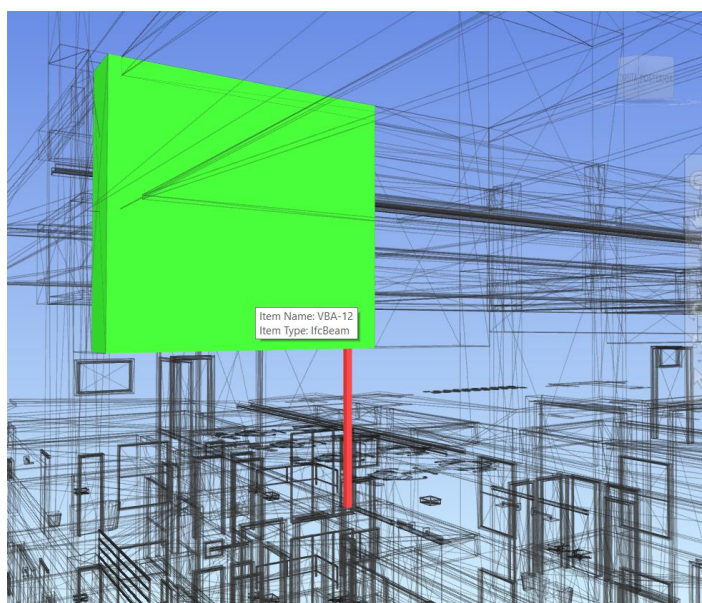
Figura 59 – Conflito P22 e janela.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O *clash* 336 revela interferências relacionadas à viga VBA-12, situada no pavimento terraço sobre o ambiente gourmet, com a estrutura de pele de vidro. Como evidenciado na Figura 60, essa situação pode ter sido causada pela ausência de previsão de um elemento estrutural no projeto arquitetônico.

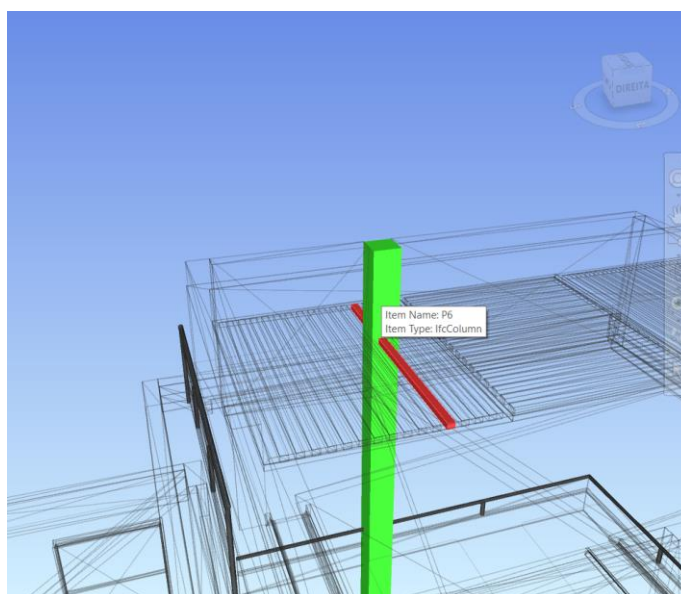
Figura 60 – Conflito VBA-12 e pele de vidro.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Identificamos ainda um conflito entre o pilar P6 e o pergolado, situado no pavimento de cobertura, como evidenciado na Figura 61.

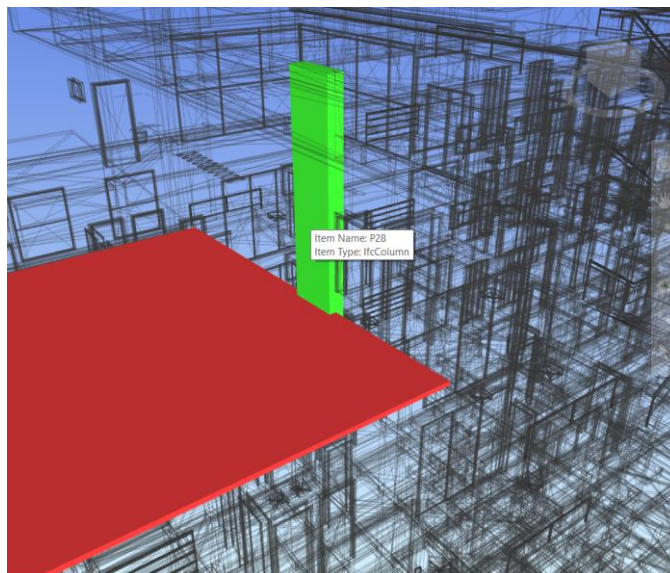
Figura 61 - Conflito P6 e pergolado



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Outro conflito identificado relaciona o pilar P28 e o telhado. Este conflito pode ser facilmente evitado durante a execução, pois resultou da falta de previsão de um pilar que não ficasse alinhado com a parede. A Figura 62 ilustra essa situação.

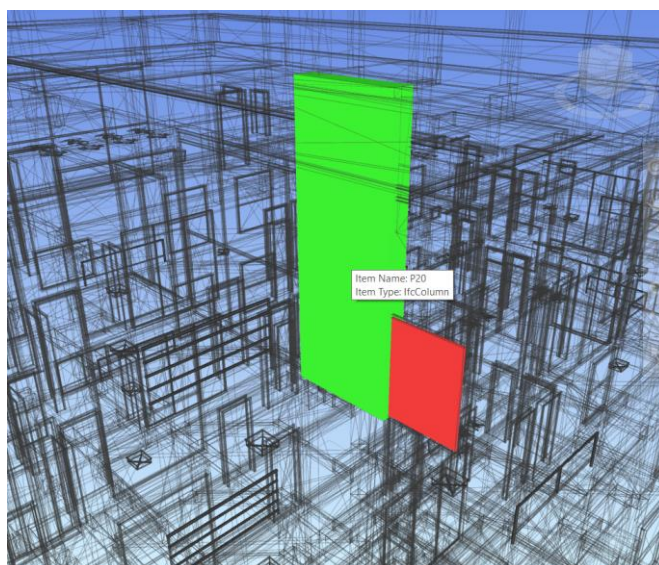
Figura 62 - Conflito P28 e telhado.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No térreo, observou-se que o pilar P20 penetra a parede em pele de vidro, conforme evidenciado na Figura 63. Como resultado, é necessário que o perímetro da cortina de vidro seja interrompido no pilar.

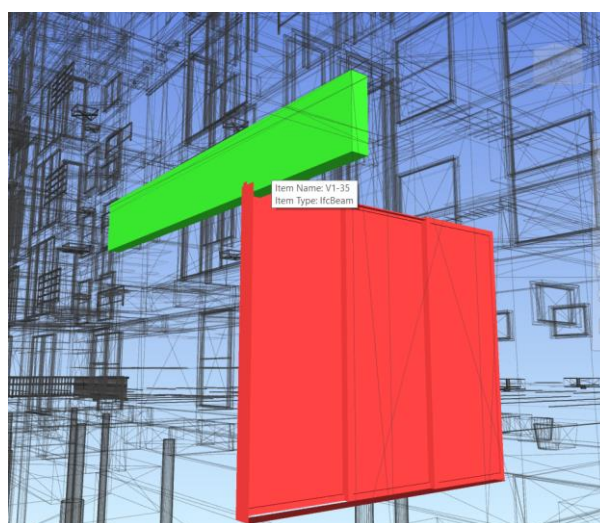
Figura 63 - Conflito P20 e pele de vidro.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

No pavimento térreo, identificou-se que a face inferior da viga V1-35 entra em conflito com a esquadria que dá acesso à área gourmet. Esse conflito surge devido à incompatibilidade de alturas entre a esquadria, que possui altura de 2,45 metros, e a viga. Para evitar esse problema, seria recomendável ajustar a altura da esquadria ou aumentar o pé direito do pavimento. A mesma situação se repete nas vigas V1-16 e V1-14. A Figura 64 ilustra de forma exemplar o conflito mencionado.

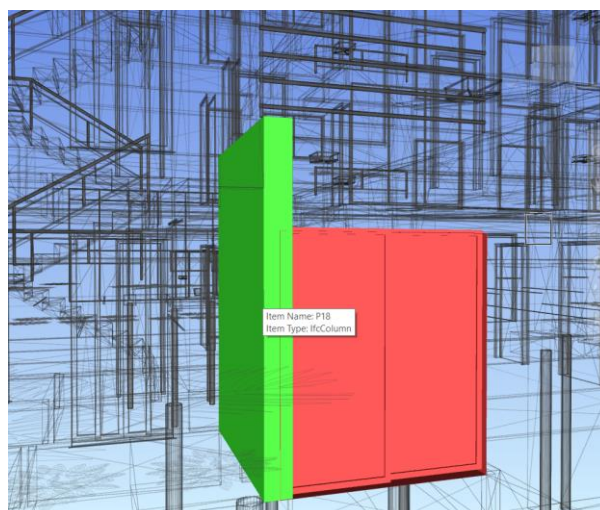
Figura 64 - Conflito V1-35 e porta.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O pilar P18, localizado no pavimento térreo, apresenta um conflito com a porta de acesso ao prédio, conforme ilustrado na Figura 65. Como não possui mais espaço para deslocar a esquadria a solução seria reduzir a porta para 1,75 metros.

Figura 65 - Conflito P18 e porta.

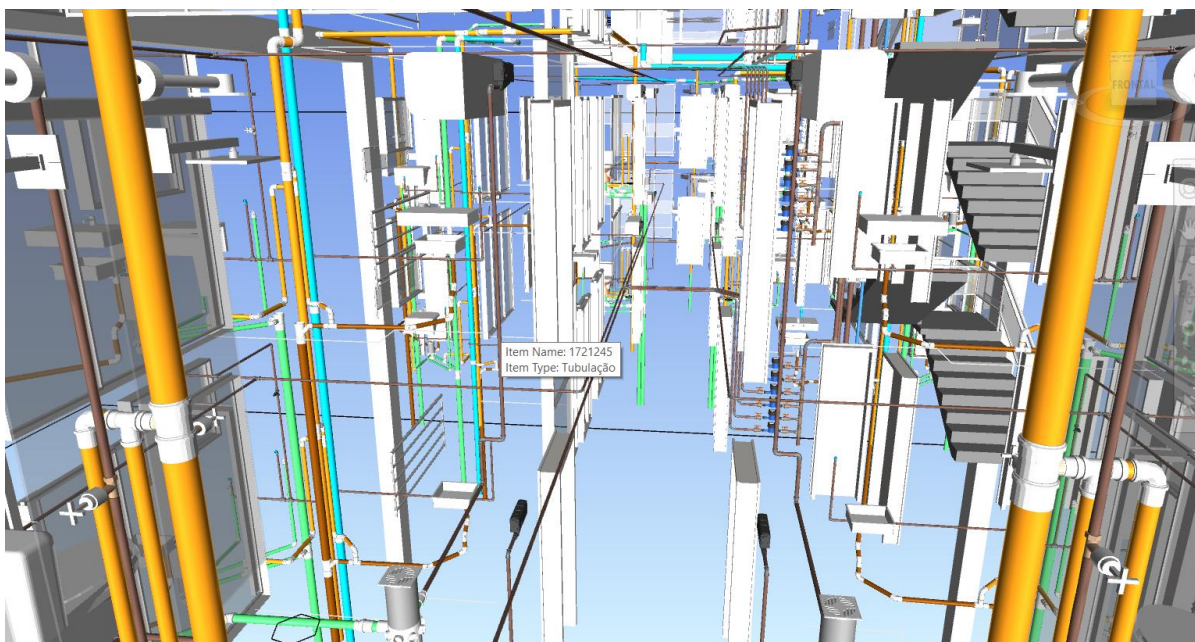


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

4.3.2 Arquitetura x Hidrossanitário

A análise foi conduzida da seguinte maneira: após a inserção e posicionamento dos projetos arquitetônico e hidrossanitário nas mesmas coordenadas, optou-se por ocultar a categoria de parede básica antes de utilizar a ferramenta de *clash detection* do *NavisWorks*. Essa abordagem foi adotada com o objetivo de reduzir a quantidade de interferências, uma vez que, se não fosse realizada, os elementos embutidos nas paredes seriam erroneamente indicados no relatório. A Figura 66 ilustra a configuração resultante do modelo de análise.

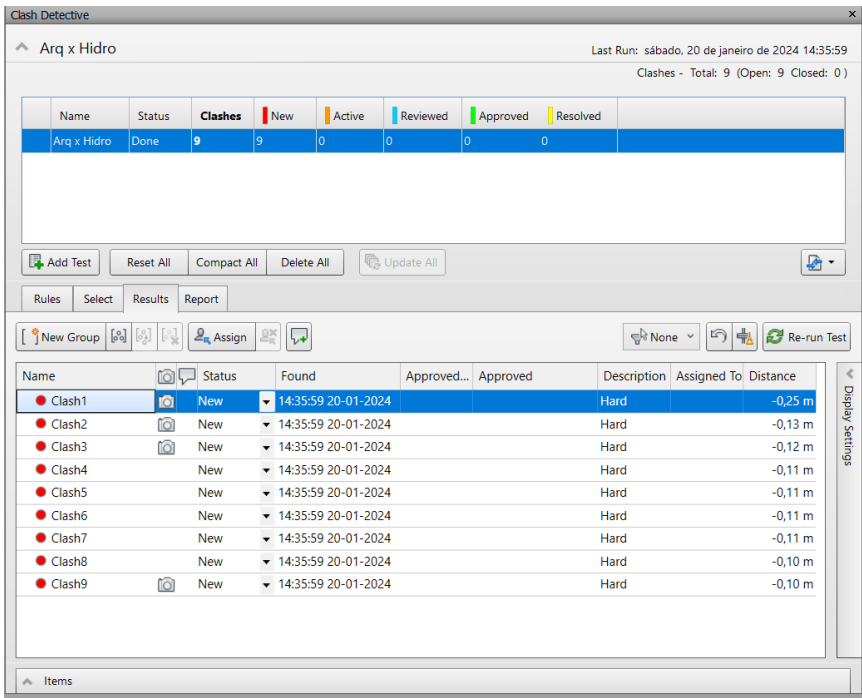
Figura 66 - Análise Arquitetura x Hidrossanitário.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Com essa configuração, ao gerar o relatório de interferências, identificou-se um total de 9 conflitos, como evidenciado na Figura 67.

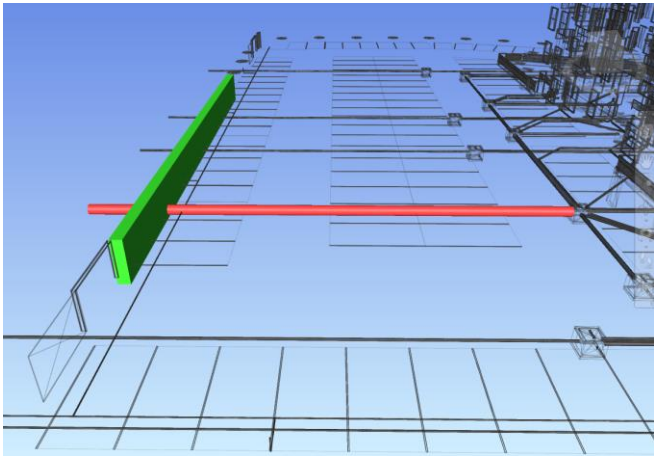
Figura 67 -Relatório *clash detect* Arq. X Hidrossanitário.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O *clash 1* destaca um conflito entre o coletor predial e o muro de divisa. Essa situação ocorreu devido à incompatibilidade de cotas, uma vez que o projeto hidrossanitário deve estar em uma cota inferior. A modificação dessa configuração será realizada após a aprovação do projeto de fundações, seguida pela determinação das cotas de infraestrutura. A Figura 68 ilustra o conflito.

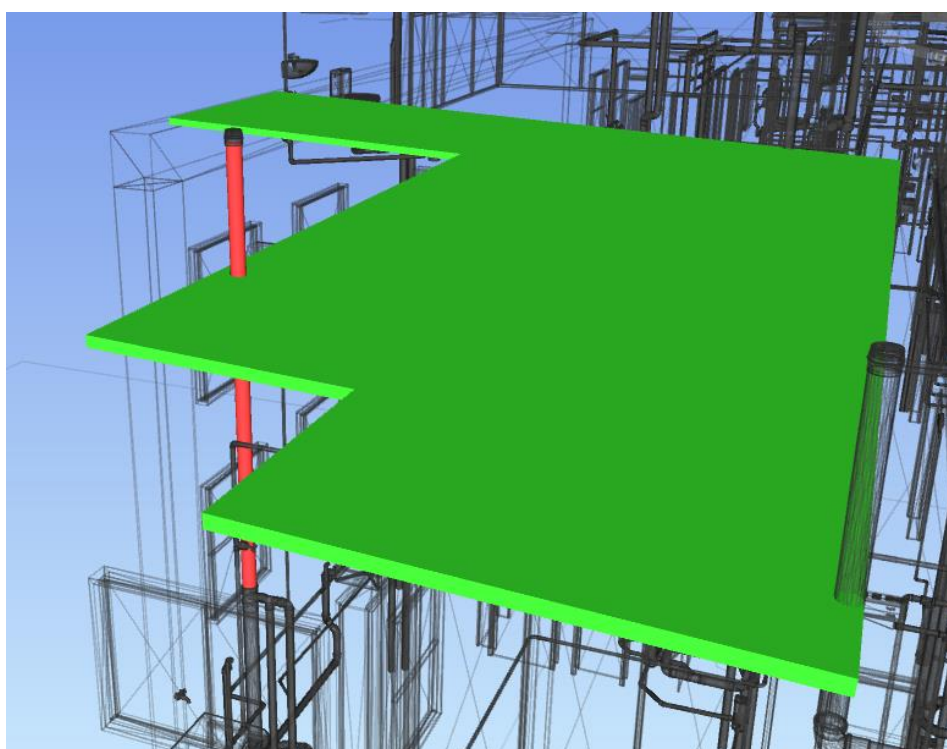
Figura 68 - Conflito coletor e muro de divisa



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Os *clashes* 2, 4, 5 e 8 estão associados a conflitos entre as tubulações de ventilação hidrossanitário e o telhado. Esses conflitos são inerentes à fase de projeto, uma vez que o telhado é modelado como um elemento único, sem previsões de passagens. Importante notar que esse tipo de conflito não acarreta problemas durante a execução, pois, durante a instalação do telhado, será efetuado um corte para acomodar a passagem da tubulação. Esse procedimento de corte pode ser realizado, por exemplo, com o uso de um corta-copo, respeitando a altura mínima necessária entre o tubo de ventilação de esgoto e o telhado, conforme recomendado pela NBR 8160 (ABNT, 1999). A Figura 69 ilustra o conflito citado.

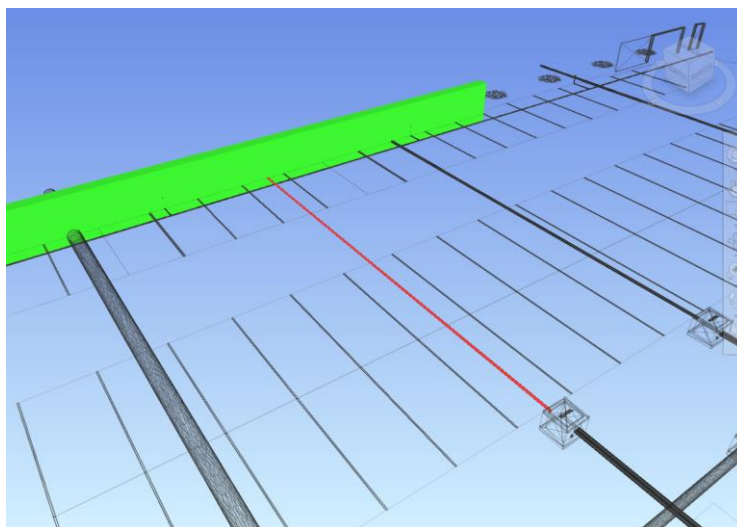
Figura 69 - Conflito tubo de ventilação.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Os *clashes* 7 e 6 representam conflitos entre o sistema de águas pluviais e o muro de divisa. Esta colisão ocorre devido à coincidência de níveis de cota entre a tubulação e o muro de divisa. Nesse sentido, é necessário realizar um rebaixamento na cota inicial da tubulação para resolver essa colisão. A Figura 70 demonstra o conflito.

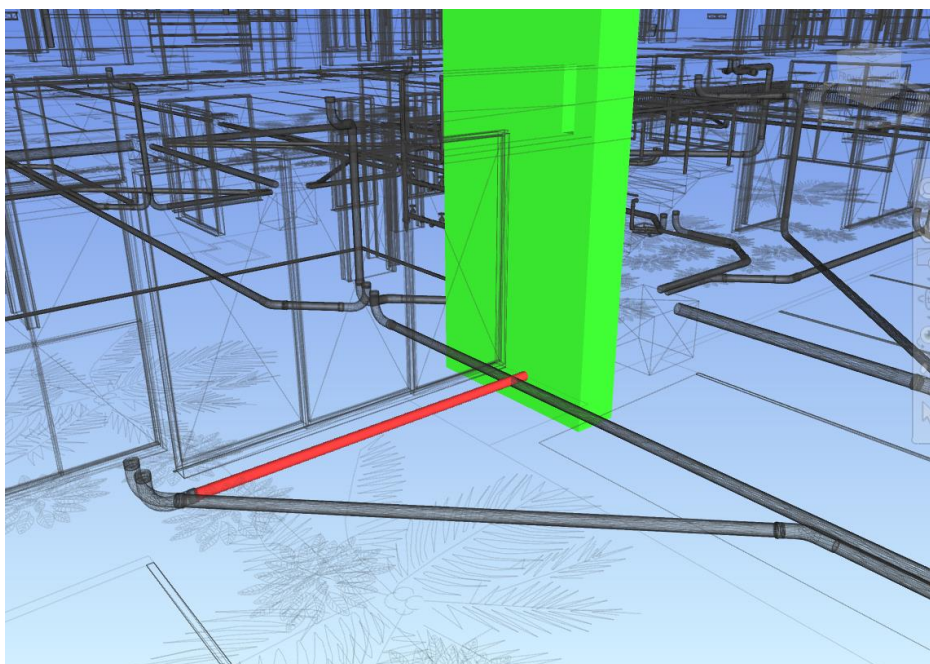
Figura 70 - Conflito tubo e muro e divisa



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O *Clash 3* evidencia um conflito entre o elemento de fachada e as tubulações hidráulica e sanitária. Esse elemento de fachada, por se estender desde o térreo até o terraço, contará com elementos estruturais. Nesse contexto, será necessário que a tubulação desvie ou busque um caminho alternativo para contornar esse obstáculo. A Figura 71 demonstra a incompatibilidade citada.

Figura 71 - Conflito estrutura e tubo.

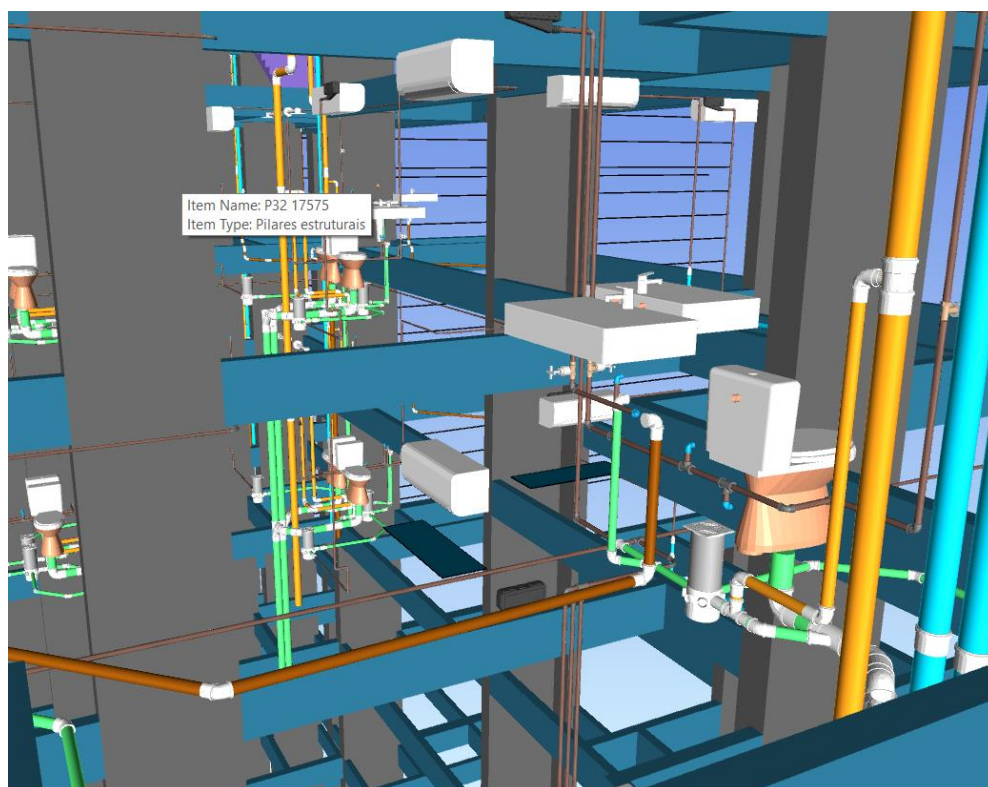


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

4.3.3 Estrutural x Hidrossanitário

Para realizar a análise, decidiu-se por ocultar as lajes devido à presença de várias tubulações em prumadas verticais que se estendem do pavimento terraço para o térreo. Essas tubulações, se visíveis nesta fase do projeto, iriam resultar em conflitos. Entretanto, é importante salientar que esses conflitos serão tratados durante a execução da obra, com passagens nas lajes. A Figura 72 ilustra como ficou o modelo de análise após essa configuração.

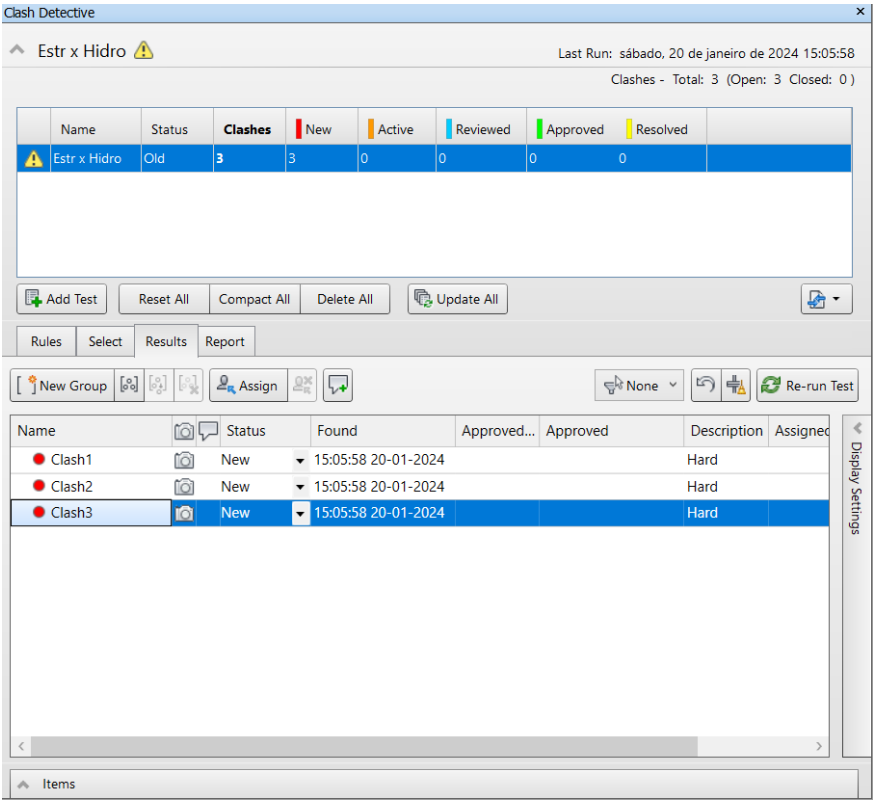
Figura 72 - Análise Estrutura e Hidrossanitário.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Após a implementação das configurações necessárias, o software identificou um total de três conflitos, conforme ilustrado na Figura 73.

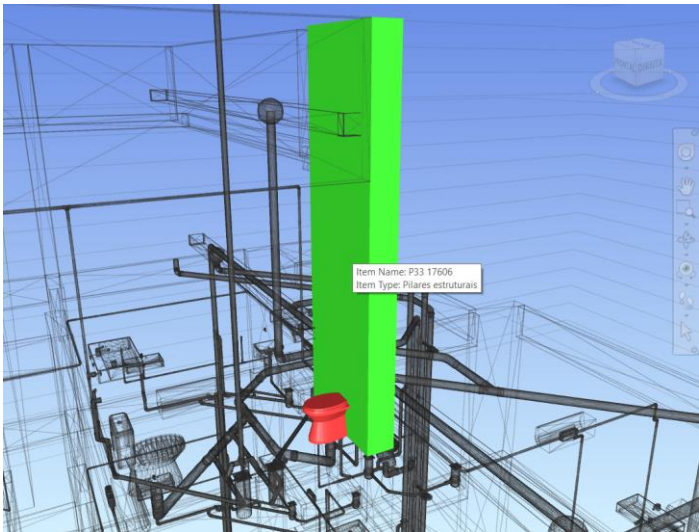
Figura 73 - Relatório *clash detective* estrutural e hidrossanitário.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

O *Clash 1* destaca um conflito no banheiro da área gourmet, no pavimento terraço. Nesse caso específico, há um conflito entre o pilar P33 e um vaso sanitário, o qual está "embutido" no pilar. Para prevenir esse conflito, será necessário realizar modificações no layout do banheiro. A Figura 74 ilustra claramente o conflito mencionado.

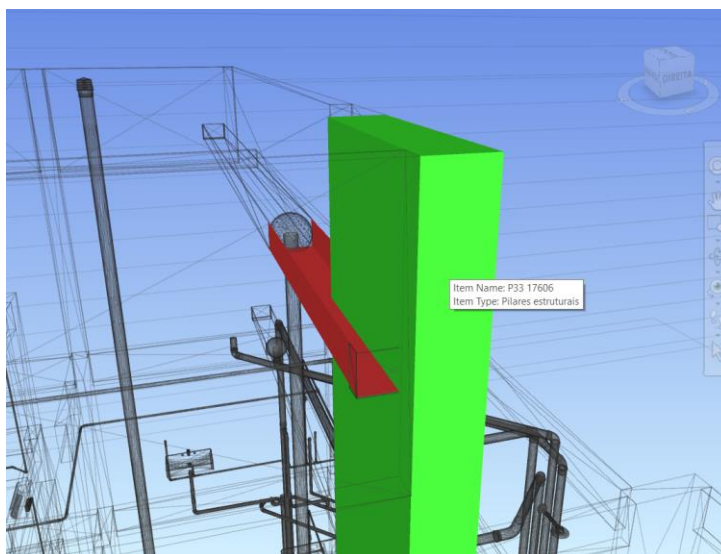
Figura 74 - Conflito P33 e Bacia sanitária.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Os *clashes* 2 e 3 evidenciam conflitos na cobertura da calha com o pilar P33, indicando a necessidade de modificar o formato da telha ou da calha. Isso pode ser alcançado ao diminuir a secção longitudinal da calha ou removendo o trecho em conflito, podendo ser necessário instalar rufos contornando o pilar para a adequação. A Figura 75 ilustra de maneira clara esses conflitos.

Figura 75 - Conflito P33 e calha.

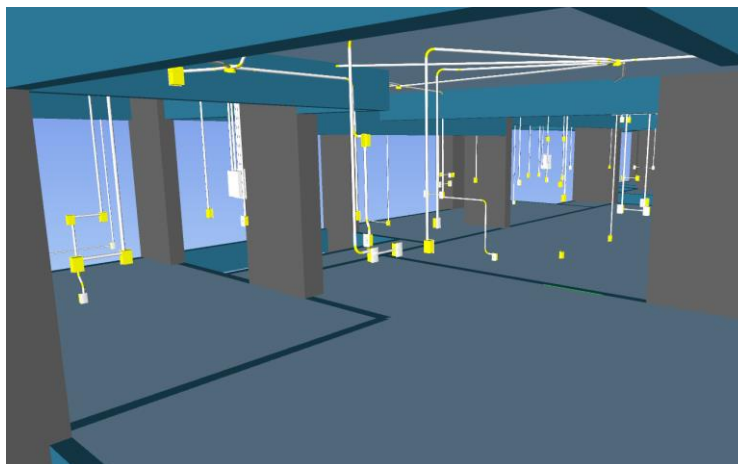


Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

4.3.4 Estrutural x Elétrico

Para essa análise, não foi necessário realizar configurações adicionais, mantendo apenas os modelos estrutural e elétrico. A Figura 76 demonstra como ficou o modelo de análise entre os projetos estrutural e elétrico.

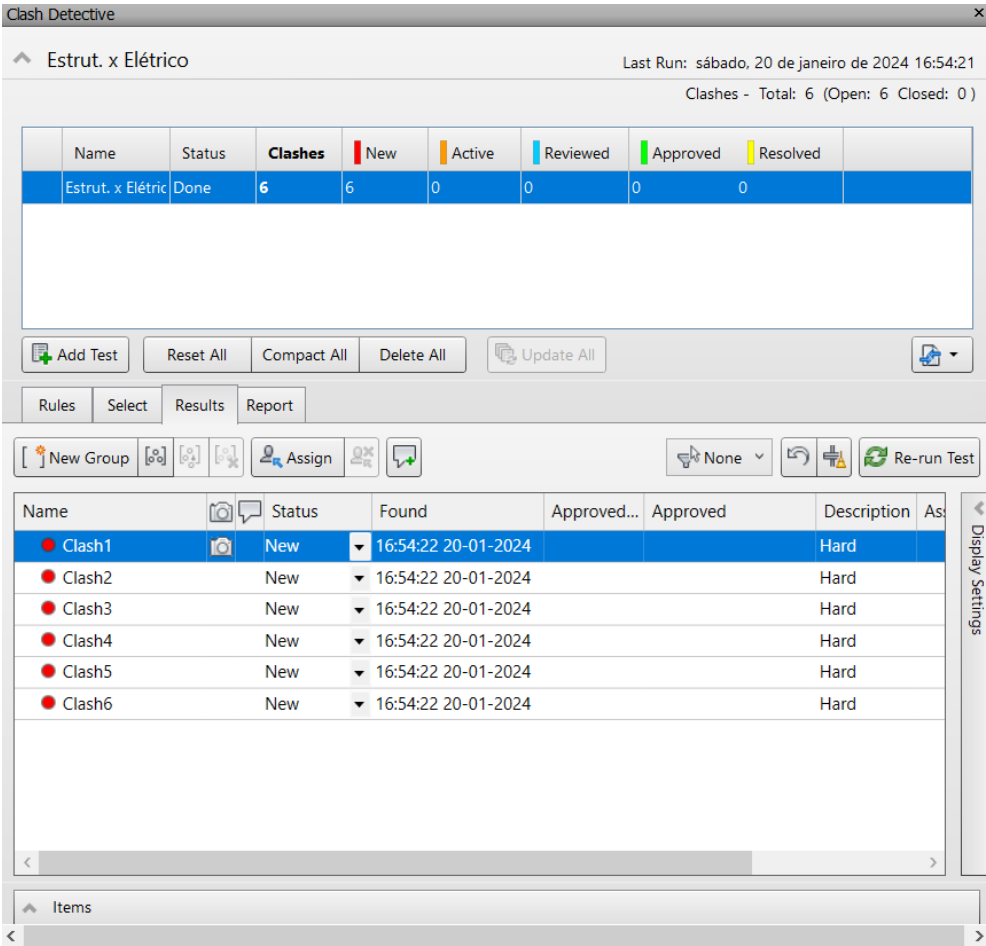
Figura 76 - Análise estrutural e elétrico.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Ao gerar o relatório de conflitos, foram identificados um total de seis conflitos. Conforme indicado na Figura 77.

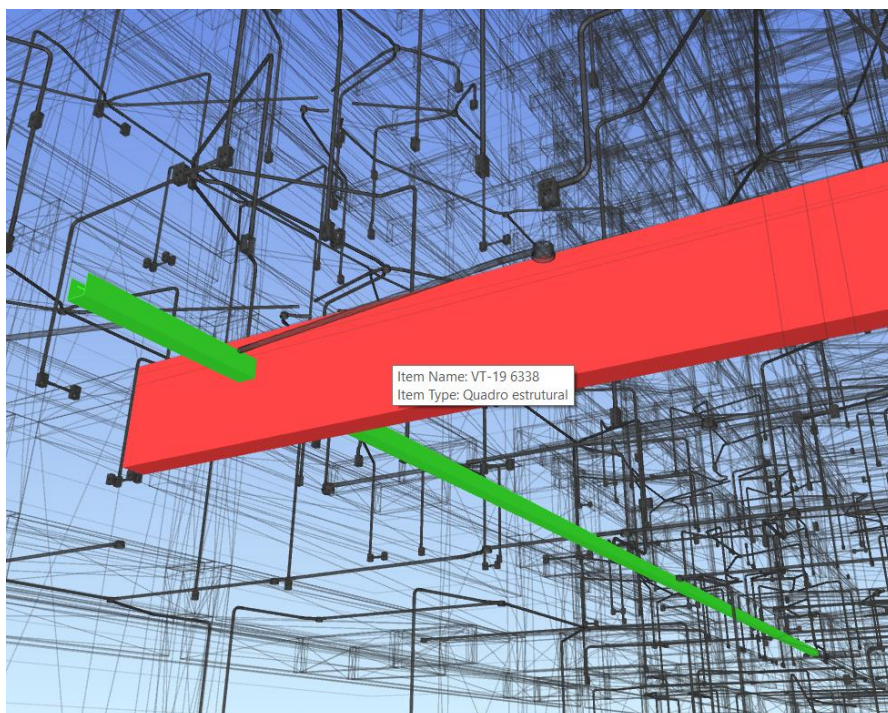
Figura 77 - Relatório *clash detective* estrutural e elétrico.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

Os *Clashes* 1, 2 e 3 destacam conflitos entre a eletrocalha e as vigas VT19 e VT10 no pavimento térreo. Esses conflitos podem ser mitigados durante a execução ao posicionar um eletroduto embutido contornando a viga por cima durante a concretagem da laje. A Figura 78 ilustra claramente a situação mencionada.

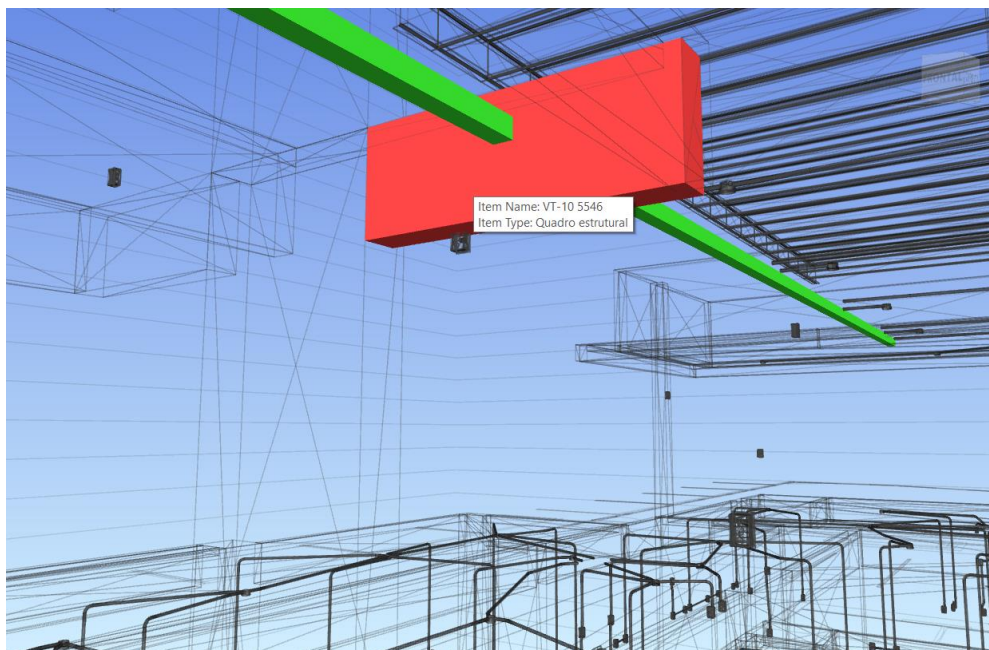
Figura 78 - Conflito VT19 e eletrocalha.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

A mesma situação se repete no terraço, conforme identificado pelos *Clashes* 4 e 5, evidenciando o conflito entre a eletrocalha e a viga VT10 nesse pavimento. A Figura 79 ilustra de forma clara o conflito mencionado.

Figura 79 - Conflito VT10 e eletrocalha.



Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

4.3.5 Elétrico x Hidrossanitário

Não foram identificados conflitos entre os projetos elétrico e hidrossanitário. Os possíveis conflitos que poderiam surgir incluiriam descidas de eletrodutos na mesma posição que tubulações, assim como passagens horizontais que cortam uma descida de tubo. A Figura 80 a seguir demonstra o relatório do *Navisworks*, com uma única observação referente a um conflito com um arquivo DWG que foi usado para referenciar os projetos em uma única coordenada.

Figura 80 - Relatório *clash detective* elétrico e hidrossanitário.

The screenshot shows the 'Clash Detective' window in Navisworks. The title bar is 'Clash Detective'. The main area is titled 'Elétrico x Hidro'. It shows 'Last Run: sábado, 20 de janeiro de 2024' and 'Clashes - Total: 1 (Open: 0 Closed: 1)'. Below this is a summary table:

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Elétrico x Hidro	Done	1	0	0	0	1	0

Below the summary table are buttons: 'Add Test', 'Reset All', 'Compact All', 'Delete All', and 'Update All'. There are tabs for 'Rules', 'Select', 'Results', and 'Report'. The 'Results' tab is active, showing a list of clashes. The first clash is 'Clash1', which is 'Resolved'. It was found on '17:06:18 20-01-2024' by 'DOUGLAS...' and approved on '17:07:10 20-01-2024' by 'DOUGLAS...'. The description is 'Hard'.

Name	Status	Found	Approved...	Approved	Description
Clash1	Resolved	17:06:18 20-01-2024	DOUGLAS...	17:07:10 20-01-2024	Hard

At the bottom, there is an 'Items' section.

Fonte: Fornecido pela Construtora, adaptado pelo autor (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destaca a importância da etapa de compatibilização de projetos, evidenciando a necessidade de realizá-la antes da disponibilização do projeto executivo para a equipe de obra. Ao analisar o contexto deste trabalho, fica evidente que a compatibilização de projetos constitui uma ferramenta crucial para o êxito de uma obra, potencialmente elevando sua lucratividade e reduzindo o tempo total de execução.

Seguido desse panorama, a crescente complexidade dos projetos, impulsionada pela evolução tecnológica, hábitos e demandas mais rigorosas do cliente final, ressalta a relevância da compatibilização. A metodologia BIM, que possibilita a visualização e modelagem tridimensional do projeto, além da realização de análises automáticas, oferece uma abordagem mais eficiente em comparação ao modo convencional com a sobreposição de projetos.

Durante a pesquisa bibliográfica, tornou-se evidente que a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) não é uma novidade em si, mas sim sua recente inserção e aceitação na indústria da construção. No entanto, essa "nova" metodologia enfrenta desafios significativos durante sua implementação, principalmente devido aos altos custos de investimento em softwares e hardwares, além da necessidade de interrupção da produção da empresa para a qualificação da equipe. Muitos especialistas acreditam que, para uma disseminação mais eficaz do BIM, a abordagem deve começar nas universidades, garantindo que os profissionais ingressem no mercado de trabalho já capacitados ou, pelo menos, com uma compreensão formalizada do conceito.

Além disso, a pesquisa bibliográfica proporcionou conhecimentos essenciais para fundamentar as etapas subsequentes do trabalho. Inicialmente, exploramos o âmbito teórico, compreendendo o histórico e as definições fundamentais relacionadas à metodologia BIM e suas diferentes dimensões. Em seguida, aprofundamos em aspectos relacionados à compatibilização, explorando as ferramentas pertinentes a esses processos. Por fim, abordamos termos práticos, como os softwares, que se mostraram instrumentos essenciais para a realização do trabalho. Essa base de conhecimento contribuiu de maneira significativa para a compreensão abrangente e a aplicação eficaz da metodologia BIM em todo o escopo do trabalho.

A compatibilização em tecnologia BIM resultou em um desempenho satisfatório. Durante a análise visual, foram identificadas incompatibilidades que não configuram conflitos

diretos, mas sim ajustes necessários nos projetos, como tubulações aparentes e elementos estruturais posicionados à frente de portas e janelas, o que afetaria o uso das esquadrias.

O auxílio da dinâmica ferramenta de corte em softwares BIM simplificou a análise, permitindo o deslocamento do corte para o local desejado de forma rápida e eficiente. Este recurso tem se mostrado particularmente valioso durante o processo de análise visual, evidenciando a vantagem do BIM em termos de agilidade e precisão nas operações relacionadas à compatibilização de projetos.

Os principais conflitos ocorreram entre os projetos estrutural e arquitetônico. Esses problemas podem ter surgido devido ao fato de o projeto arquitetônico ser o primeiro a ser desenvolvido. Outra causa plausível seria a necessidade de o projeto estrutural priorizar as áreas do pavimento tipo, resultando em diversos conflitos no pavimento térreo.

Quanto aos projetos complementares, desenvolvidos em BIM, não foram identificadas grandes incompatibilidades, o que reforça a ideia de que se o projeto for modelado utilizando a metodologia BIM, ele já é concebido de forma compatibilizada desde o início.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria interessante considerar a inclusão do cronograma e orçamento no modelo 3D. Isso possibilitaria a compatibilização com o sequenciamento das tarefas, abrangendo todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento. Além disso, explorar a importância, os impactos e os resultados do uso de um modelo BIM em suas outras dimensões, como o acompanhamento da obra, eficiência energética, manutenção e operação, segurança e construção enxuta, poderia enriquecer ainda mais a compreensão abrangente e aplicação prática dessa metodologia.

REFERÊNCIAS

- 4i Engenharia. **CAD, CAE E CAM: Qual a diferença entre eles?**. Disponível em: <https://www.4ieng.com.br/single-post/2017/03/16/cad-cae-e-cam-qual-a-diferenca-entre-eles>. Acesso em: 11 fev. 2024.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro. 2004.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução**. Rio de Janeiro. 1999.
- ACCA SOFTWARE. O que é um modelo IFC? que relação tem entre BIM e IFC?. In: **Biblus: Notícias e insights sobre a indústria AEC e BIM**. 30 dez. 2021. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/o-que-e-um-modelo-ifc-que-relacao-tem-entre-bim-e-ifc/>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- ALCANCE ENGENHARIA JR. **Evolução da engenharia**. 8 jun. 2020. Disponível em: <https://alcancejr.com.br/evolucao-da-engenharia-civil/>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- ALMEIDA, E. L. G. et al. Study of delays in constructions: a managerial point of view of private companies in Brasilia, Brazil. **Gestão & Produção**, v. 28, n. 1, p. 1-16, 2019.
- ARNAL, I. P. **BIM Community**. Por que não começamos do começo? 2018. Disponível em: <https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>. Acesso em: 14 set. 2023.
- AYRES, Marcus. Tecnologia 3D promete agilizar projetos de construção e reduzir custos. Gazeta do Povo, 01 de setembro de 2013. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/tecnologia-3d-promete-agilizar-projetos-de-construcao-e-reduzir-custos-cip348s7i2rh1taumzkcesqj2/>. Acesso em: 11 de fev.2024.
- BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR.
- BUNSZEL, AMY. Todos juntos: a interoperabilidade de dados e a revolução na colaboração. **AUTODESK**. 25 mai. 2021. Disponível em: < <https://www.autodesk.com/br/design-make/articles/interoperabilidade-de-dados> >. Acesso em 27 ago. 2023.
- CAETANO, Alisson; SILVA, Dione Luiza da; MELHADO, Silvio Burrattino. **O processo de compatibilização na gestão de projetos** – Estudo de Caso. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 40-46, 17 maio 2020.
- CALLEGARI, Simara. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007. Orientador: Dr. Barth, Fernando. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, [S.l.], 2015.
- CASTELO. A. M. A construção digital parte 2. **BLOG DO IBRE**. 23 out. 2018b. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital-parte-2>. Acesso em: 27 ago. 2023.

CASTELO, A. M. A construção digital. **BLOG DO IBRE**. 19 abr. 2018a. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital>. Acesso em: 27 ago. 2023.

CBIC. **Fundamentos BIM**. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, v. I, 2016.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf. Acesso: 04 set. 2023.

DARÓS, J. **Guia completo: BIM 10D construção industrializada**. 2019. Disponível em: <https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>. Acesso em: 14 set. 2023.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EASTMAN, C. M. et al. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 1ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley, 2008. p. 11-12.

ERNSTROM, Bill et al. The contractors' guide to BIM. **Associated General Contractors of America, Arlington, VA**, 2006.

FARIA, Renato. **Construção integrada**. Revista Técnica. São Paulo: Pini, n. 127, p. 44-49, out. 2007.

FERREIRA, Rita Cristina. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. 2007. Orientador: Dr. Santos, Eduardo Toledo 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FIGUEIREDO, L. L. H. et al. **Compatibilização de projeto de instalações: Um estudo comparativo entre o método tradicional (2D) e a ferramenta BIM**. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 17., 2018, Foz do Iguaçu. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7. ed. Barueri: Atlas, 2022.

GONÇALVES JR, F. Mais Engenharia. **BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia**, 2018. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/#ndsbim>. Acesso em: 14 set. 2023.

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

GREGIO, Amanda. **Patologias na construção civil: o que são e principais causas**. **OBRA PRIMA**. 11 nov. 2023. Disponível em: <https://blog.obraprima.eng.br/patologias-na-construcao-civil-o-que-sao-e-principais-causas/>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GUTH, Alinenson Marcos et al. **Tecnologia BIM e sua aplicação na construção civil para compatibilização de projetos**. Sistema Integrado de Publicações Eletrônicas da Faculdade Araguaia – Sipe, [s. l], v. 7, n. 1, p. 80-87, jan. 2015.

JACOSKI, Claudio Alcides. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações: uma implementação com IFC/XML**. 2003. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

JACOSKI, Cláudio; LAMBERTS, Roberto. **Vetores de virtualização da indústria da construção**: A integração da informação como elemento fundamental ao uso da TI. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Foz do Iguaçu, 2002. ENTAC 2002, 2002. v. 1. P. 601-610.

MARSICO, L. M; MEIDEIROS, R de; DELATORRE, V.; COSTELLA, M. F.; JACOSKI, C. A. **Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianopolis, SC, Brasil, v. 7, n. 17, p. 19-41, 2017.

MELHADO, Sílvio Burrattino et al. **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa. Acesso em: 27 fev. 2024. 2005

MELO, Renan Garcia de. **Building Information Modeling (BIM) como ferramenta na compatibilização de projetos para construção civil**. 2014. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga – Unifor, Formiga – Mg, 2014.

MIKALDO JR, Jorge; SCHEER, Sergio. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea**: qual é a melhor solução?. Revista USP. 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/download/50928/55010> . Acesso em: 28 agosto 2023.

NASCIMENTO, José. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil, 2014. **Revista Especialize On-line IPOG**. Goiânia - 7ª Edição nº 007 Vol.01/2014 Julho/2014.

NASCIMENTO, Rafael Lucas do. **Compatibilização de projetos de edificações**. 2015. 56 f. Dissertação (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

NUNES, G.H.; LEÃO, M. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM**. Revista de Engenharia Civil, v. 155, n. 55, p. 47-61, jul. 2018.

NUNES, L. E. C. **Compatibilização utilizando a plataforma BIM**: Um estudo de caso. 2016. Dissertação (Tecnólogo em Construção de Edifício). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus Florianópolis. Florianópolis, 2016.

OCEAN, James. Top BIM Construction Software Tools in 2022. **Revizto**. Disponível em: <https://revizto.com/en/best-bim-software-tools-2023/>. Acesso em: 30 ago. 2023.

PAIVA, Daniel Capistrano Sarinho. **Uso do BIM para Compatibilização de Projetos**: barreiras e oportunidades em uma empresa construtora. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. de; MORAIS, M. de. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 151–165, 2013. Disponível em: Acesso em: 12 fev. 2024.

SALGADO, Mônica Santos. **Gestão do Processo de Projeto na Construção do Edifício** – revisão 1. Apostila. GEPARQ – Grupo de Pesquisa Gestão em Projetos de Arquitetura, Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

SANTA CATARINA. **Caderno de apresentações de projetos em BIM**. Santa Catarina: Secretaria de Estado do Planejamento “Ana Emilia Margotti”, 2014.

SANTOS, E. T.; BARISON, M. B. BIM e as Universidades. **Construção Mercado**, São Paulo, v. 115, fev. 2011.

SIENGE. Mapeamento de maturidade BIM no Brasil. 2020. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/wp-content/uploads/2021/04/BIM.pdf>. Acesso em: 01 set. 2023.

SILVA, Maria Vitória Marim Ferraz Pinto da. **AS ATIVIDADES DE COORDENAÇÃO E A GESTÃO DO CONHECIMENTO NOS PROJETOS DE EDIFICAÇÕES**. 2004. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

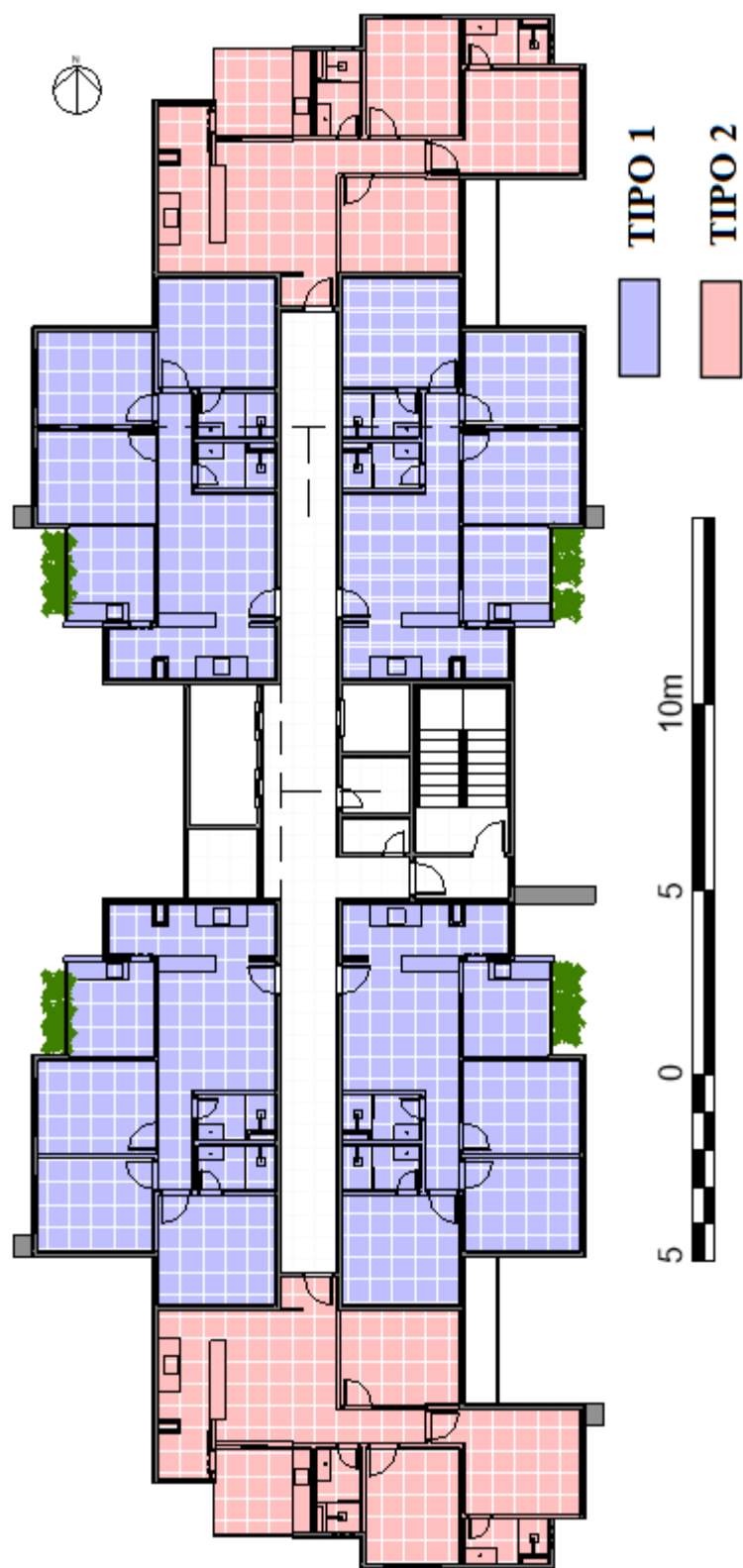
SMITH, P. BIM & the 5D Project Cost Manager. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Sydney, v. 119, p. 475- 484, 2014

STEINER, Luisa Ramos. **ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DA PLATAFORMA BIM NO ESTADO DE SANTA CATARINA**. 2016. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

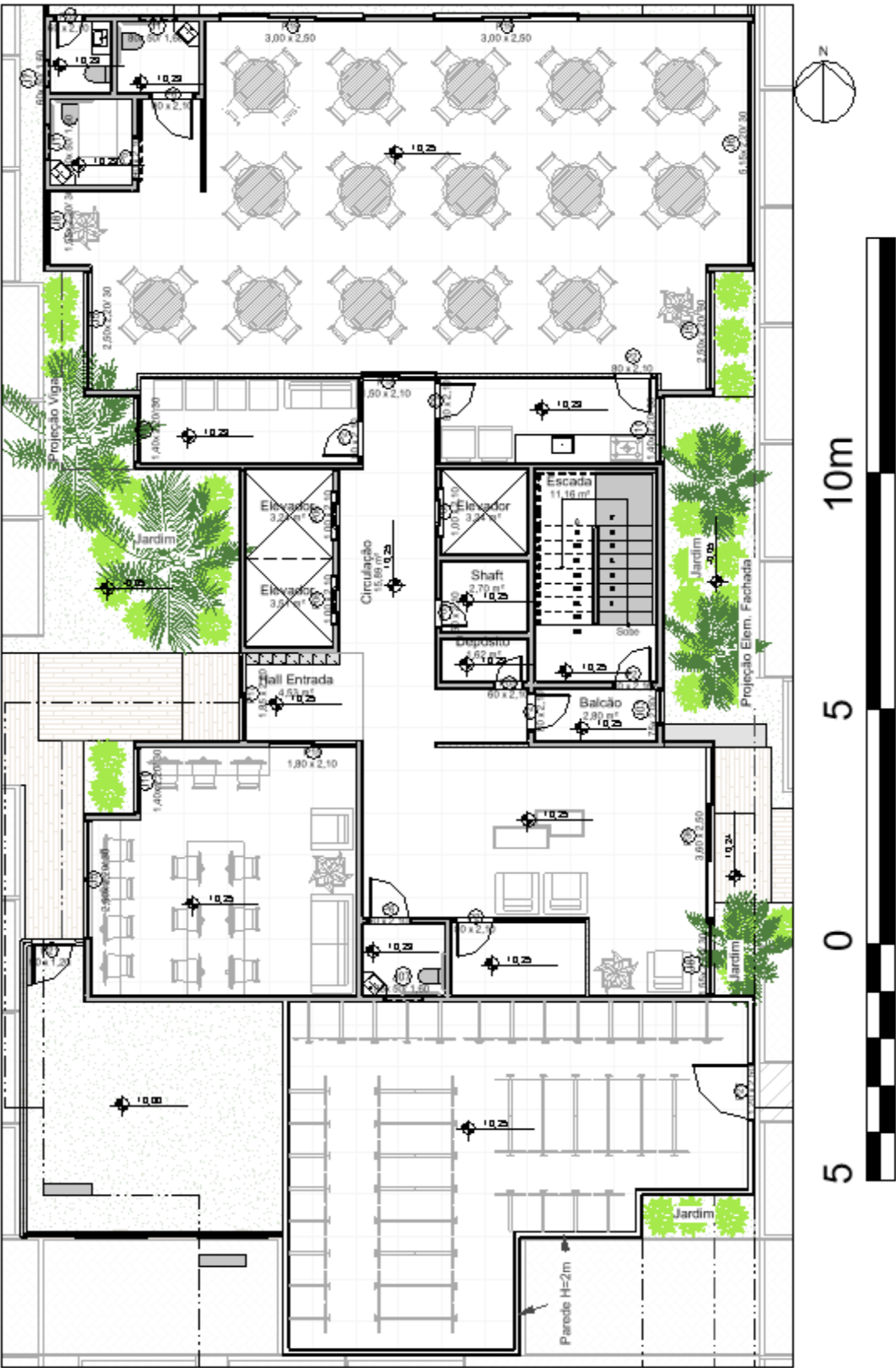
SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in construction**, v. 18, n. 3, p. 67, 2009.

ANEXOS – Projetos.

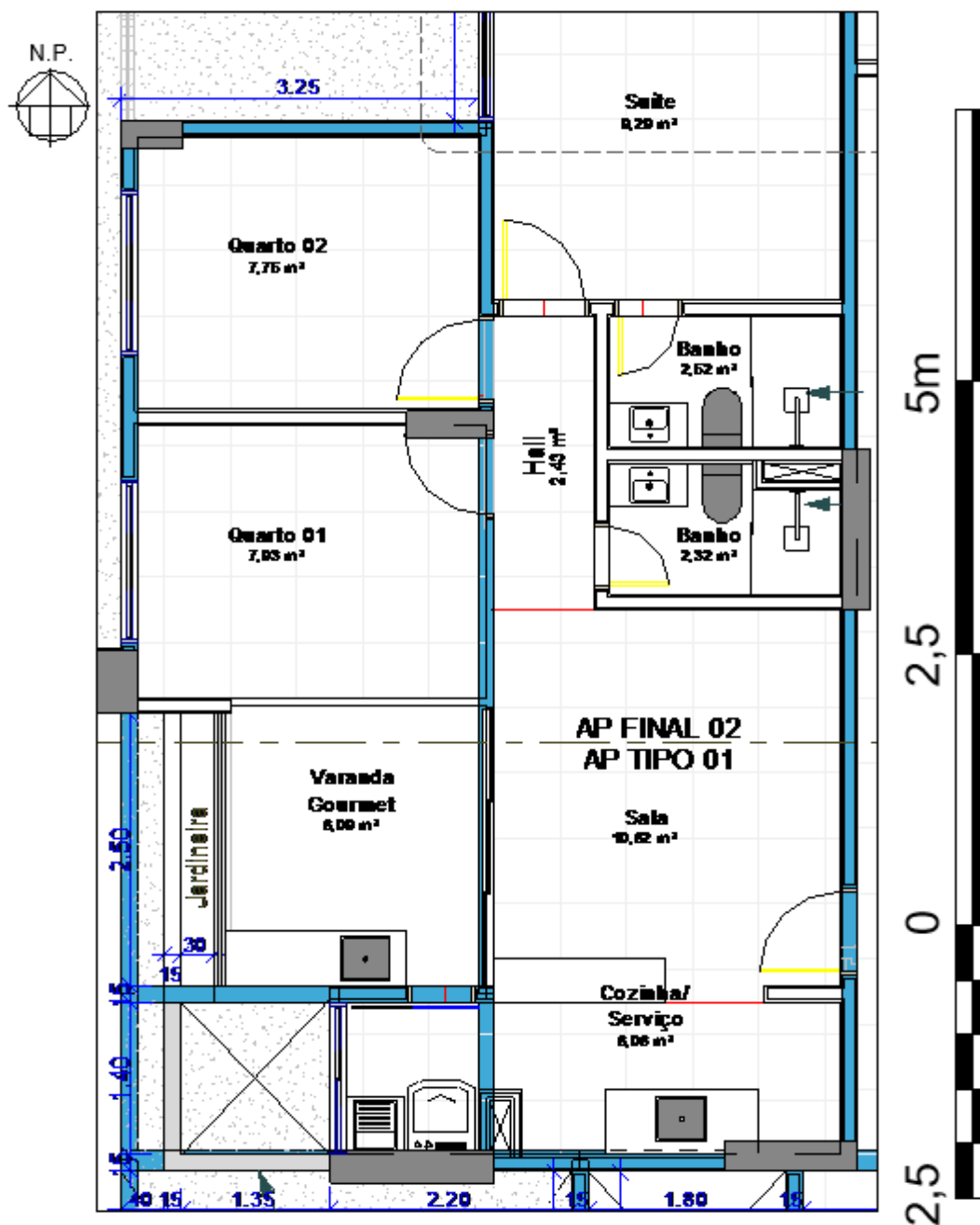
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO, PAVIMENTO TIPO.



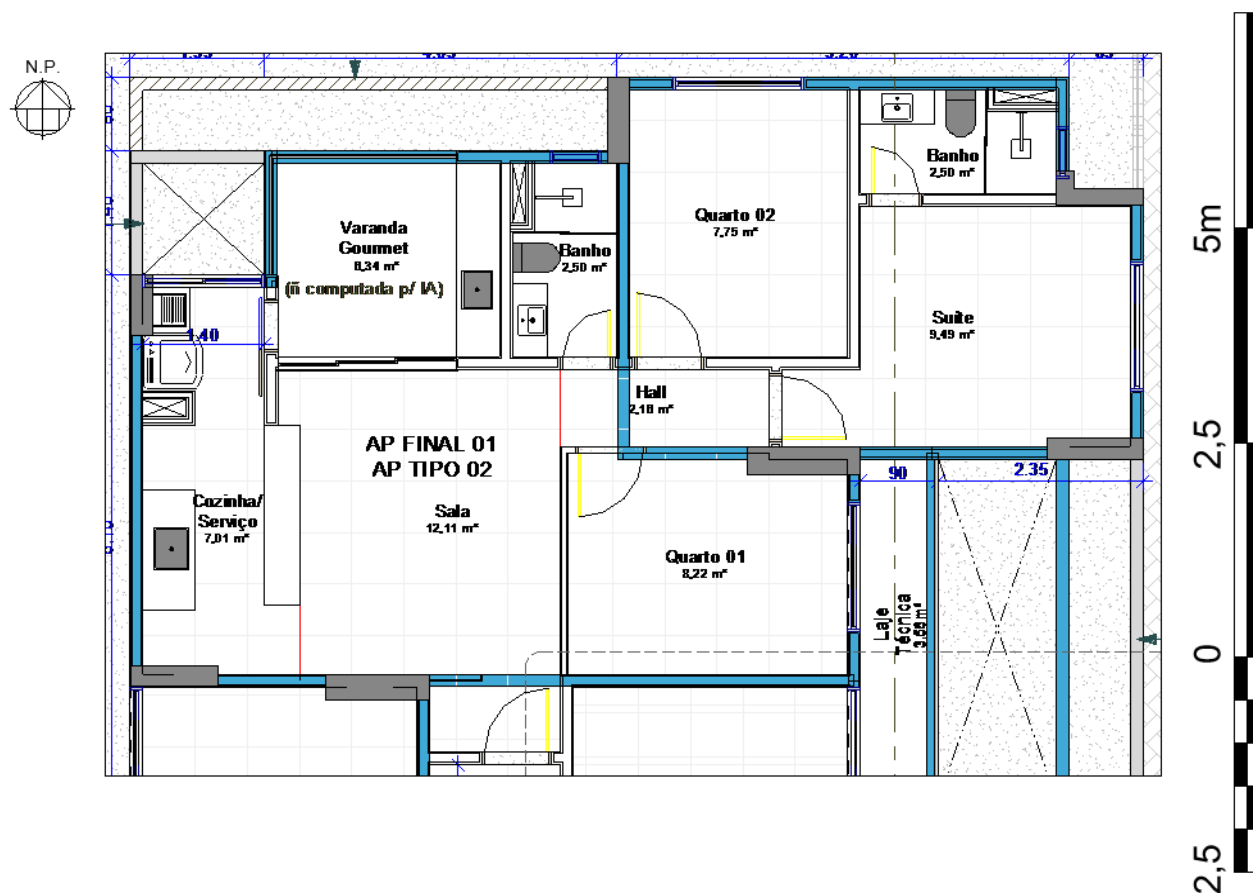
ANEXO A.1 – PROJETO ARQUITETÔNICO, PAVIMENTO TÉRREO.



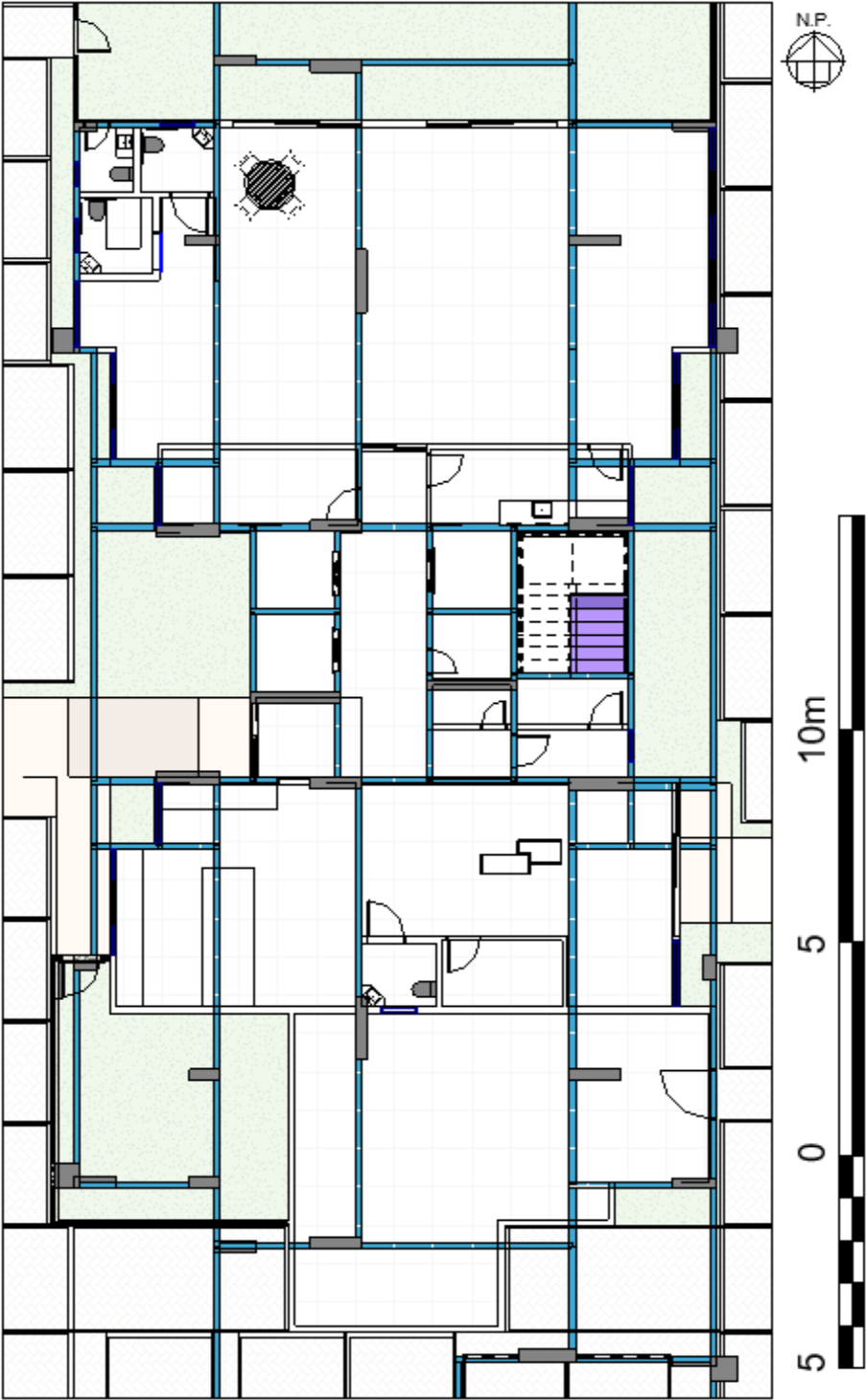
**ANEXO B – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL,
PAVIMENTO TIPO.**



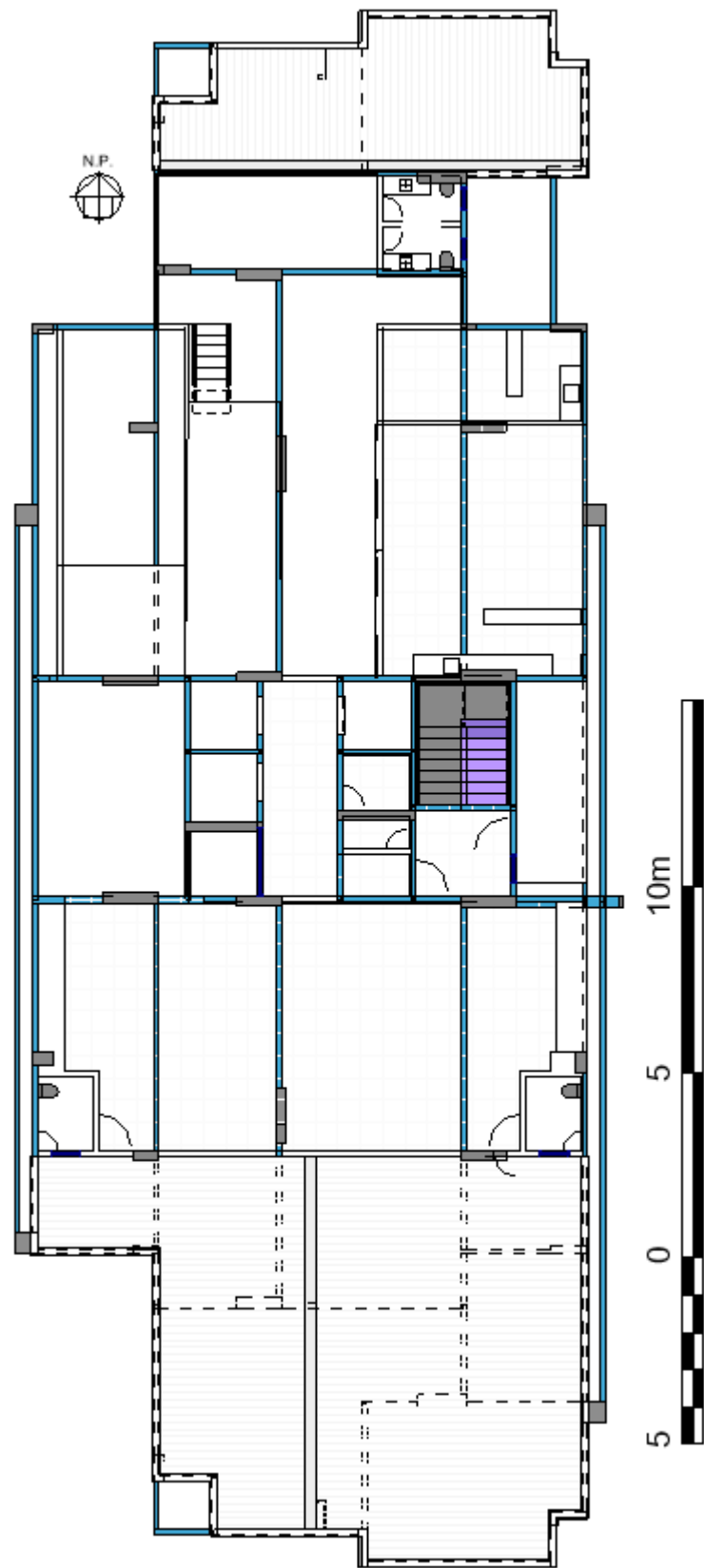
**ANEXO B.1 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL,
APARTAMENTO TIPO 2.**



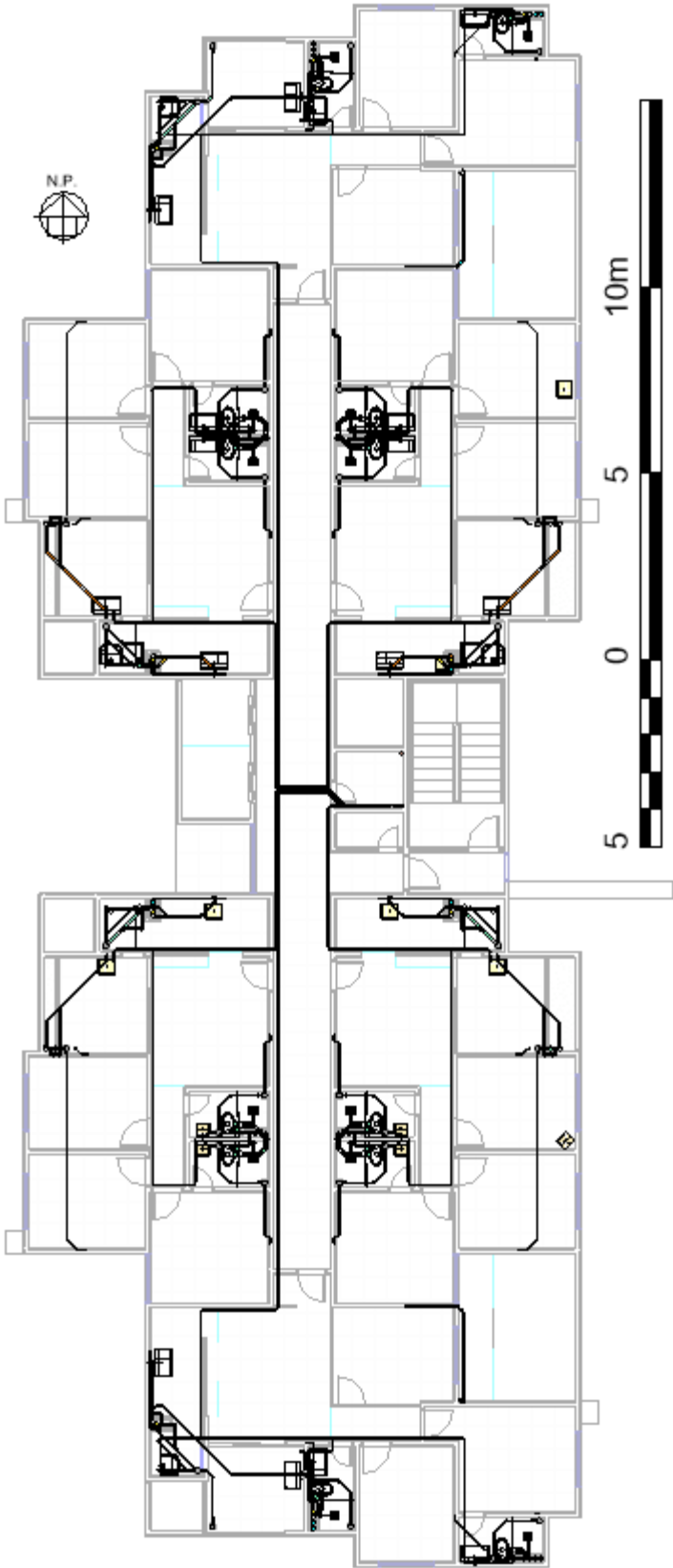
ANEXO B.2 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL,
PAVIMENTO TÉRREO.



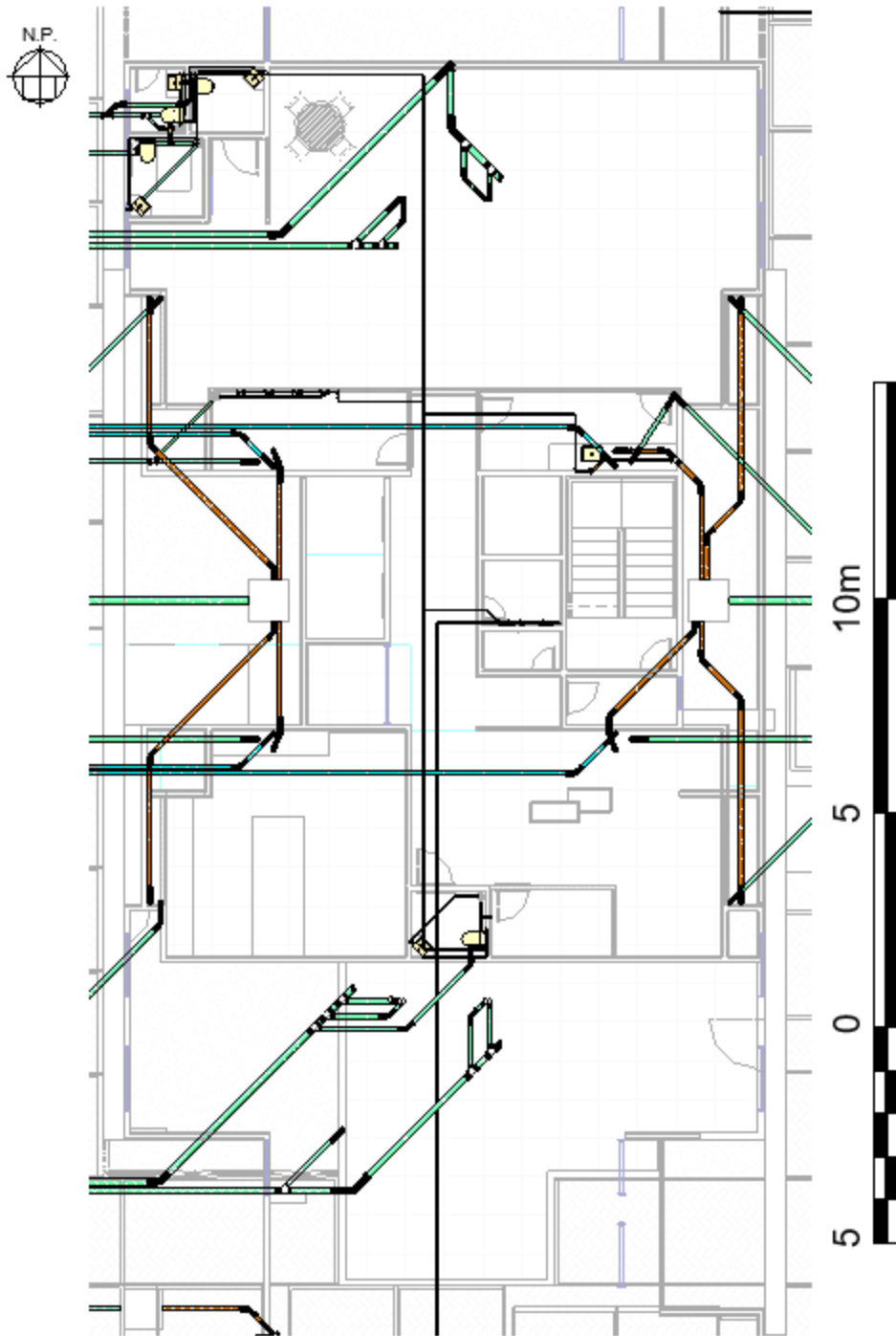
**ANEXO B.3 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL,
PAVIMENTO TERRAÇO.**



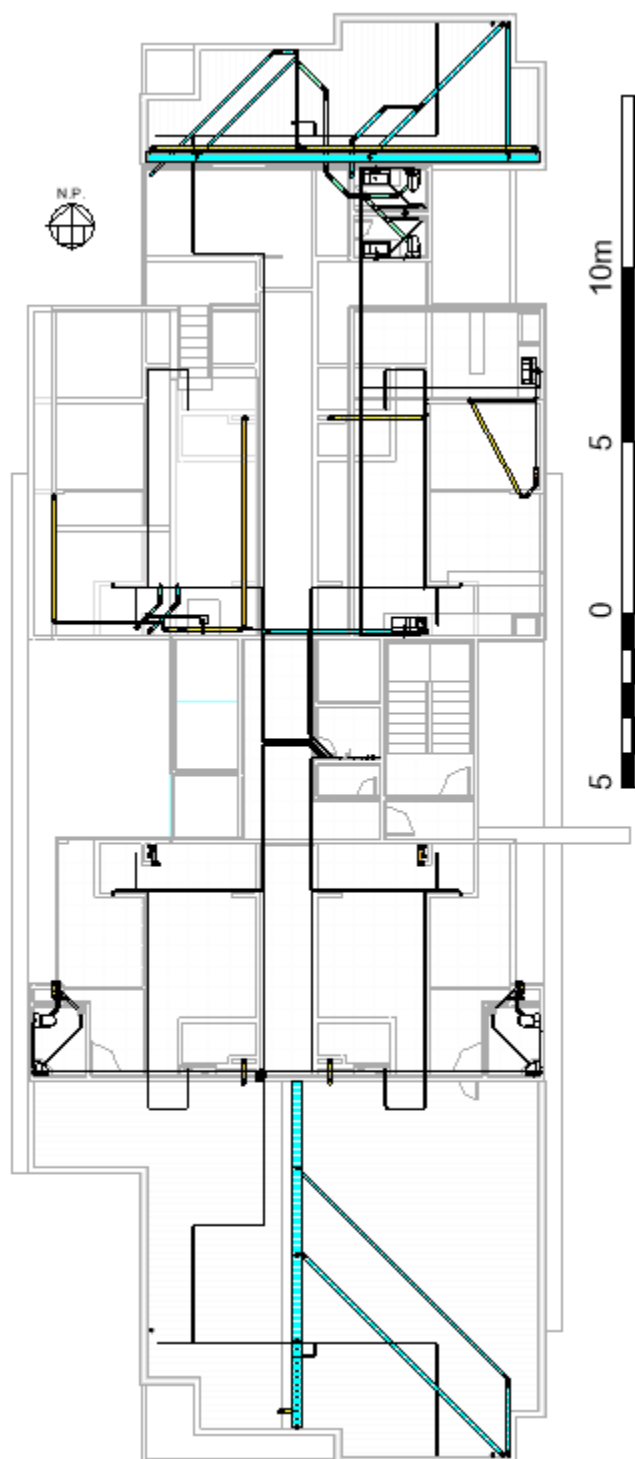
ANEXO C.1 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E HIDROSANITÁRIO,
PAVIMENTO TIPO.



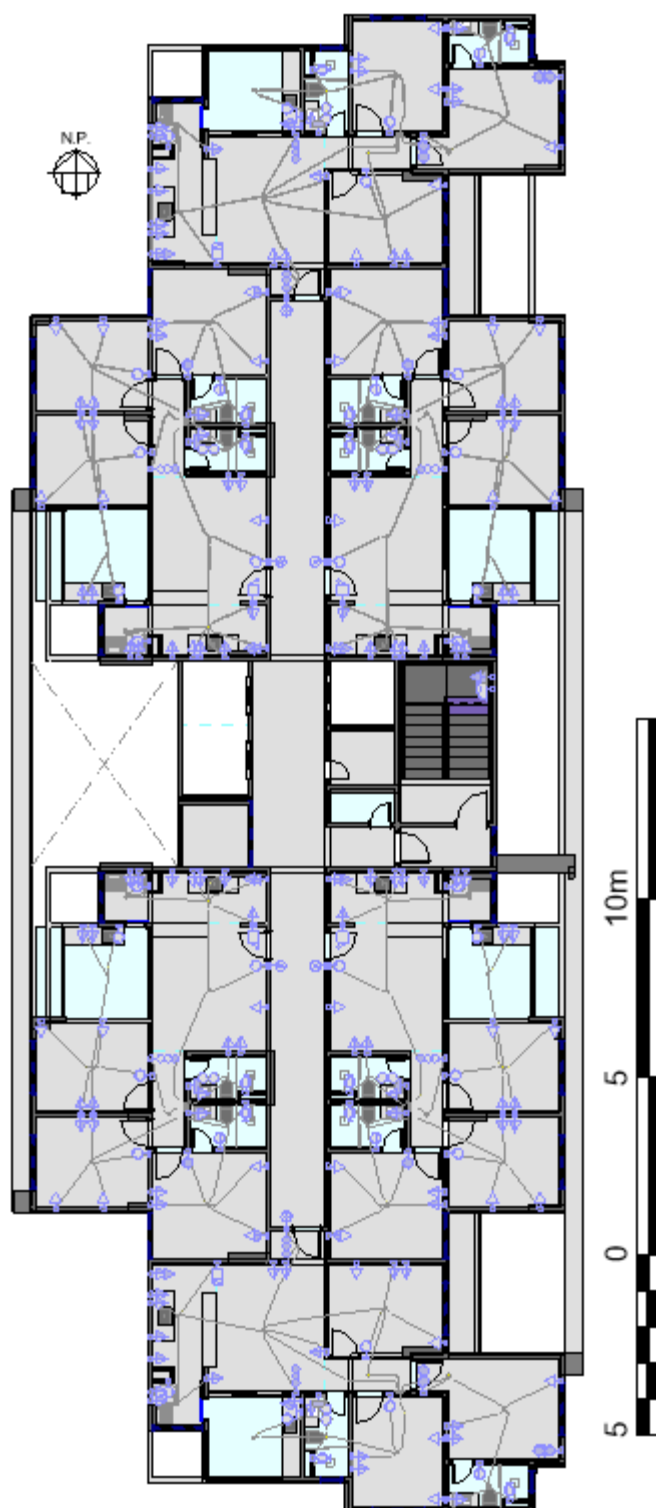
ANEXO C.2 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E HIDROSANITÁRIO,
PAVIMENTO TÉRREO.



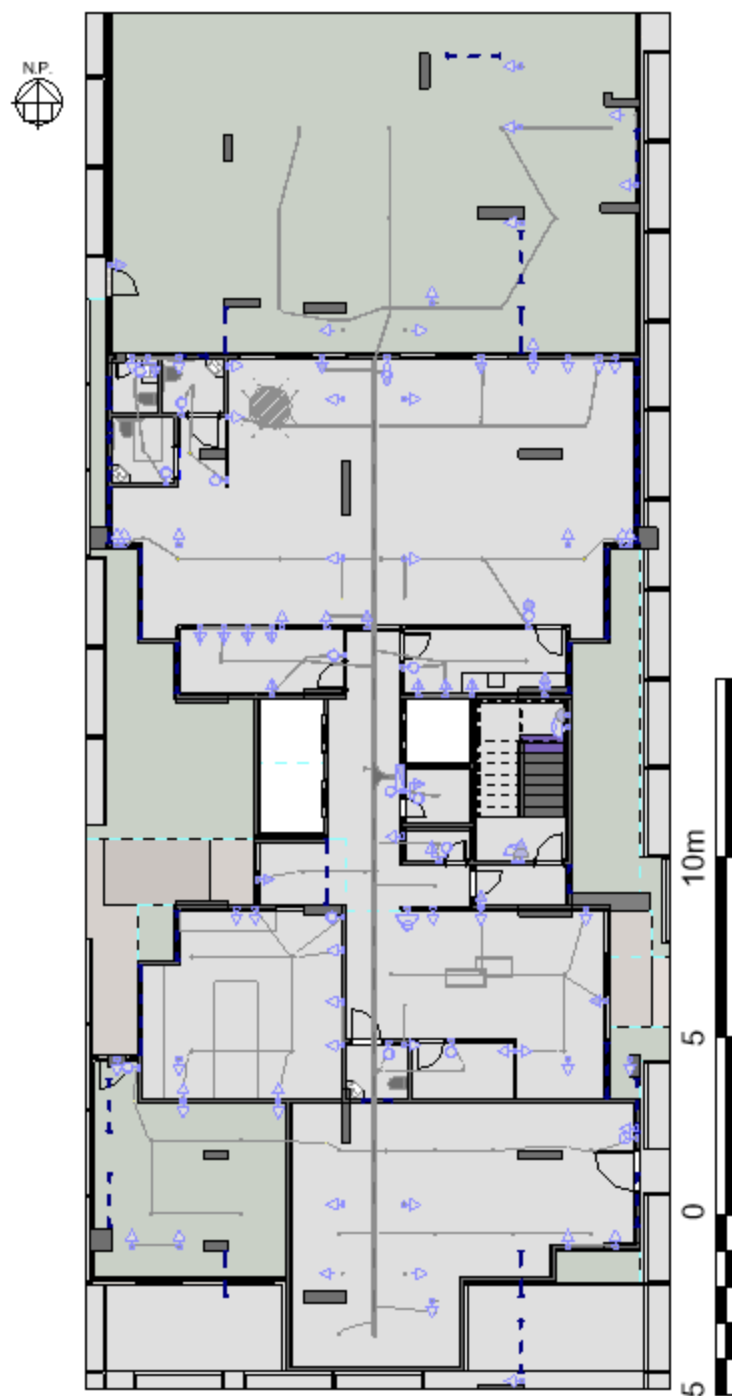
ANEXO C.3 – COMPATIBILIZAÇÃO ARQUITETÔNICO E HIDROSANITÁRIO,
PAVIMENTO TERRAÇO.



**ANEXO D – COMPATIBILIZAÇÃO ELÉTRICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO TIPO –
APÓS A MODELAGEM EM BIM.**



**ANEXO D.1 – COMPATIBILIZAÇÃO ELÉTRICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO
TÉRREO – APÓS A MODELAGEM EM BIM.**



**ANEXO D.1 – COMPATIBILIZAÇÃO ELÉTRICO E ESTRUTURAL, PAVIMENTO
TERRAÇO – APÓS A MODELAGEM EM BIM.**

