

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS SOARES DA SILVA

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Compatibilização de obra residencial de alto padrão arquitetônico

São Leopoldo
2022

LUCAS SOARES DA SILVA

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Compatibilização de obra residencial de alto padrão arquitetônico

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientador: Prof. Jeferson Ost Patzlaff

São Leopoldo

2022

Dedico esse trabalho de conclusão de curso a todos os meus amigos, colegas, professores e, principalmente, à minha família, que sempre esteve do meu lado, nos melhores e piores momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu professor orientador Jeferson Ost Patzlaff, por me auxiliar no desenvolvimento desse trabalho de conclusão de curso. Bem como, ao engenheiro Civil Evandro Luis Oliveira e à sua esposa, Marlete Aparecida Oliveira, por acreditarem no meu potencial e me derem a oportunidade de trabalhar com eles em grande parte da minha graduação. É por base do conhecimento e experiência, adquiridos durante esse período, que fui capaz de desenvolver esse estudo.

Agradeço, também, à minha família e amigos, por estarem ao meu lado nos momentos difíceis dessa caminhada.

RESUMO

Na construção civil, todas as obras são executadas com base no projeto arquitetônico e nos projetos complementares, que juntos têm a finalidade de fornecer as informações suficientes para a sua execução. As rotinas de construção e, conseqüentemente, os projetos, vêm evoluindo e tornando-se mais complexos. Dessa forma, as ferramentas para sua produção também evoluíram, inclusive com o surgimento do conceito BIM (*Building Information Modeling*), agregando diversos benefícios à construção civil. Contudo, a complexidade de projetos, apesar de extremamente interessante, também os torna mais suscetíveis a erros, que causam problemas na etapa da construção e conseqüentemente aumentam os custos do empreendimento. Nesse contexto, para mitigar os erros em projetos, desenvolveu-se a etapa de compatibilização em empreendimento residencial unifamiliar de alto padrão de acabamento, no qual avalia-se se o conjunto de projetos foi desenvolvido em concordância. Assim, partindo da compatibilização realizada em um empreendimento de alto padrão arquitetônico, reforça-se a importância da execução adequada desse processo, tendo em vista que sua falta pode levar a muitos transtornos nas etapas de construção, devido à complexibilidade de cada projeto. Ainda, destaca-se os principais conflitos entre projetos, arquitetônicos, estruturais, elétricos e hidrossanitários. As informações obtidas com as análises realizadas apontam o efeito positivo da compatibilização de projetos durante a obra, que oportunizam facilidades para as etapas da construção como, por exemplo, visualizar todos os projetos ao mesmo tempo, encontrar interferências entre projetos e analisar as etapas de construção gerando resultados mais assertivos.

Palavras-chave: BIM; Projetos; Compatibilização; Navisworks; incompatibilidades

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do desenvolvimento da obra	18
Figura 2 - Revit.....	28
Figura 3 - Navisworks.....	29
Figura 4 – Passagem de tubulações	34
Figura 5– Passagem de tubulações	34
Figura 6 – Impermeabilização de espelho d’água	35
Figura 7– Impermeabilização de espelho d’água	36
Figura 8– Sistema de ar-condicionado.....	36
Figura 9– Primeira proposta de escada	37
Figura 10– Segunda proposta de escada	38
Figura 11– Segunda proposta de escada	39
Figura 12– Segunda proposta de escada	39
Figura 13– Molde da escada.....	40
Figura 14– Rampa de pedestres	41
Figura 15– Rampa de pedestres	41
Figura 16– Rampa de acesso	42
Figura 17– Rampa de acesso	42
Figura 18– brise-soleil em madeira fixado.....	43
Figura 19– brise-soleil em madeira fixado.....	44
Figura 20– Viga metálica para fixação de esquadrias.....	45
Figura 21– Viga metálica para esquadria	46
Figura 22– Projetos no Navisworks.....	47
Figura 23– Projetos no Navisworks.....	47
Figura 24– Projetos no Navisworks.....	48
Figura 25– Clash Detective	48
Figura 26– Interferência entre Elétrico e Estrutural	49
Figura 27– Interferência entre Elétrico e Estrutural	50
Figura 28– Interferência entre Elétrico e Estrutural	50
Figura 29– Interferência entre Elétrico e Estrutural	51
Figura 30– Interferência entre Executivo e elétrico	52
Figura 31– Interferência entre Executivo e elétrico	53
Figura 32– Interferência entre Executivo e elétrico	53

Figura 33– Interferência entre Executivo e elétrico	54
Figura 34– Interferência entre Executivo e Estrutural	55
Figura 35– Interferência entre Executivo e Estrutural	56
Figura 36– Interferência entre Executivo e Estrutural	56
Figura 37– Interferência entre Executivo e Estrutural	57
Figura 38– Interferência entre Executivo e Estrutural	57
Figura 39– Interferência entre Executivo e Estrutural	58
Figura 40– Interferência entre Executivo e Estrutural	58
Figura 41– Interferência entre Executivo e Estrutural	59
Figura 42– Interferência entre Executivo e Estrutural	60
Figura 43– Interferência entre Executivo e Estrutural	60
Figura 44– Interferência entre Executivo e Estrutural	61
Figura 45– Interferência entre Executivo e Hidrossanitário	62
Figura 46– Interferência entre Executivo e Hidrossanitário	62
Figura 47– Interferência entre Executivo e Hidrossanitário	63
Figura 48– Interferência entre Executivo e Hidrossanitário	63
Figura 49 – Interferência entre estrutural e Hidrossanitário	64
Figura 50– Interferência entre estrutural e Hidrossanitário	64
Figura 51- Clash 29.....	70
Figura 52 - Clash 30.....	70
Figura 53 - Clash 31	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Causa das Manifestações Patológicas	21
Gráfico 2 - Influência do custo final de um empreendimento ao longo do tempo	22
Gráfico 3 - Gráfico influência x custo durante etapas do projeto	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Softwares BIM	26
Quadro 2 – Levantamento de incompatibilidades	66
Quadro 3 – Soluções possíveis das incompatibilidades.....	67

LISTA DE SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
4D	Quatro dimensões
5D	Cinco dimensões
6D	Seis dimensões
7D	Sete dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDS	Building Description System
BIM	Building Information Modeling
B-REP	Boundary Representation
CAD	computer-aided design
CSG	Constructive Solid Geometry
IBDA	Instituto Brasileiro de desenvolvimento da Arquitetura
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
PTC	Parametric Technology Corporation
VRF	Variable Refrigerant Flow

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	TEMA	13
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.3	PROBLEMA	13
1.4	OBJETIVOS	13
1.4.1	Objetivo geral	14
1.4.2	Objetivos específicos	14
1.5	JUSTIFICATIVA.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	PROJETOS.....	16
2.2	ETAPAS DE UM PROJETO	17
2.3	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	18
2.4	FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO	20
2.5	HISTÓRICO DO BIM.....	23
2.6	INTERRELAÇÃO DE PROJETOS EM BIM.....	26
2.7	REVIT.....	27
2.8	NAVISWORKS.....	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	PROJETO BASE PARA DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	30
3.2	ANÁLISE DAS INTERFERÊNCIAS CONFORME A EXECUÇÃO	31
3.3	ETAPAS DA COMPATIBILIZAÇÃO.....	31
3.4	ANÁLISE SOBRE A COMPATIBILIZAÇÃO.....	32
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSÃO	33
4.1	EXEMPLOS DE FALHAS DE PROJETO ENCONTRADOS EM OBRA DURANTE A EXECUÇÃO	33
4.2	PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS.....	46
4.2.1	Interferências entre Elétrico e Estrutural	49
4.2.2	Interferências entre Elétrico e Hidrossanitário.....	52
4.2.3	Interferências entre Executivo e Elétrico	52
4.2.4	Interferências entre Executivo e Estrutural	55
4.2.5	Interferências entre Executivo e Hidrossanitário	61
4.2.6	Interferências entre Hidrossanitário e Estrutural	64

4.3 ANÁLISE DAS ROTINAS DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROJETOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS	65
5 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS.....	75
ANEXO A – DETALHES DO PROJETO	78
ANEXO B – VISTA 3D DO PROJETO	82
ANEXO C – VISTA 3D DO PROJETO	82
ANEXO D – VISTA 3D DO PROJETO	83
ANEXO E – VISTA 3D DO PROJETO.....	83
ANEXO H – PROJETO ELÉTRICO TÉRREO	86
ANEXO I – PROJETO ELÉTRICO SUPERIOR.....	87
ANEXO J – PROJETO ESTRUTURAL PAVIMENTO TÉRREO	88
ANEXO K – PROJETO ESTRUTURAL PAVIMENTO SUPERIOR.....	89
ANEXO L – PROJETO HIDRÁULICO PAVIMENTO TÉRREO.....	90
ANEXO M – PROJETO HIDRÁULICO PAVIMENTO SUPERIOR	91
ANEXO N – PROJETO ESGOTO PAVIMENTO TÉRREO.....	92
ANEXO O – PROJETO ESGOTO PAVIMENTO SUPERIOR.....	93

1 INTRODUÇÃO

Para a execução de uma obra, seja ela de grande ou pequeno porte, é necessária a elaboração de projetos específicos. Na construção de obras residenciais unifamiliares não é diferente. Projetos arquitetônicos com cortes e detalhamentos, além dos projetos complementares (estrutural, elétrico, hidráulico, entre outros), são imprescindíveis para a execução do empreendimento.

Roman; Mutti; Araújo (1999), citam que com o passar dos anos, a forma de elaborar esses projetos foi mudando e evoluindo. Tendo em vista que, a construção civil foi uma das primeiras áreas de atuação no planeta, ao longo dos anos ocorreram inúmeras mudanças, buscando inovar com técnicas construtivas, materiais, métodos de elaboração de projetos e demais avanços tecnológicos.

Assim, com o desenvolvimento da construção civil, os projetos da atualidade contemplam um maior número de detalhes e especificações dos empreendimentos. Esses projetos, normalmente, são elaborados por profissionais diferentes, assim é comum o aparecimento de falhas, os chamados: “erros de compatibilização de projetos”. Esses erros começaram a ser mais recorrentes, por volta do ano 2000, onde as empresas do ramo de construção, precisaram diminuir o número de funcionários e assim, terceirizar os projetos. Segundo Nascimento (2015), apesar de existir recursos tecnológicos para executar uma compatibilização ampla e assertiva, em muitas obras esta etapa não é realizada de forma eficiente. Com isso, tais problemas precisam ser resolvidos durante a etapa de construção, gerando transtornos na execução da obra.

Conforme Junior (2018), outro aspecto relevante é de que, ainda hoje, muitas empresas trabalham com projetos em sistema de CAD e em formato 2D, que demonstram desvantagens como o fato de as diferentes plantas do projeto serem realizadas em separado dentro do sistema e assim, qualquer alteração no projeto faz com que seja necessário atualizar todas as outras pranchas, o que pode gerar erros nos projetos. Já Gomes (2020) aborda que utilizando programas em sistema CAD, a compatibilização é feita de forma manual, através do qual os projetos são sobrepostos, de forma impressa ou digital e a verificação dos erros é feita à olho nu. Já em programas do sistema BIM, a compatibilização é feita de forma automatizada, por meio de softwares específicos.

De acordo com Mansur (2007), um estudo elaborado sobre os projetos, além do desenvolvimento de todos os projetos complementares e a compatibilização

utilizando um programa destinado exclusivamente para esse fim, é capaz de trazer muitos benefícios para o empreendimento, a importância do fazer o gerenciamento de projetos dizendo que “os projetos quando implementados com sucesso são soluções que maximizam as oportunidades ou minimizam os impactos das falhas”.

Nesse contexto, com base nas premissas apresentadas, o presente trabalho tem por propósito realizar a compatibilização de um projeto de obra residencial unifamiliar de alto padrão de acabamento e, a partir desse processo de compatibilização, promover estudo, avaliando as incompatibilidades entre os respectivos projetos.

1.1 TEMA

O tema desse trabalho de conclusão é de ressaltar a importância e necessidade da compatibilização de projetos em residências de alto padrão, a fim de reduzir conflitos entre os projetos, tornando assim a obra mais rápida e mais eficiente.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O foco do trabalho é análise de como é realizada a compatibilização de projetos e sua execução em uma residência de alto padrão de acabamento, com posterior análise de erros e levantamento dos problemas ocorridos durante a obra que poderiam ter sido sanados ainda na fase de projeto, bem como levantamento dos malefícios existentes pela falta de compatibilização adequada.

1.3 PROBLEMA

O problema é porque construtoras e escritórios de arquitetura não utilizam a tecnologia disponível para compatibilizar os projetos e assim favorecer a construção de imóveis residenciais de alto padrão.

1.4 OBJETIVOS

Os objetivos desse trabalho apresentados a seguir, delimitados em objetivo geral e objetivos específicos.

1.4.1 Objetivo geral

Desenvolver rotina de compatibilização de projetos em uma obra residencial em andamento e, a partir dela, observar os benefícios da utilização do recurso mais adequado.

1.4.2 Objetivos específicos

O objetivo geral é desdobrado em três partes, em ordem de execução, pesquisa, desenvolvimento de compatibilização e análise dos resultados, a seguir especificados:

- a) Identificar os principais conflitos entre projetos constatados por ocasião das obras de execução;
- b) Promover a compatibilização de um projeto residencial unifamiliar;
- c) Avaliar as consequências da compatibilização e da sua não realização.

1.5 JUSTIFICATIVA

A compatibilização de projetos é uma verificação dos componentes do projeto, onde, através dela pode-se observar e averiguar se componentes ocupam espaços incompatíveis ou em inconformidade com os demais. Segundo Reis; Medeiros; Carrijo (2019), o processo dá uma garantia que o projeto tem as informações compartilhadas e que elas sejam seguras durante toda a etapa construtiva.

Sendo assim, Monteiro (2017) cita que o principal objetivo é de eliminar todas as divergências existentes no projeto antes do início da execução da obra, tornando a etapa construtiva mais fácil e diminuindo o desperdício de materiais. Já Coral (2013) evidencia que além de evitar problemas como atrasos da obra, aparecimento de manifestações patológicas decorrentes de má execução e desperdício de mão de obra que ocorrem, em sua maioria, devido as divergências dos projetos no período de execução. Tais problemas mostram a importância da compatibilização de projetos, na qual proporciona o ajuste entre os vários projetos da construção.

Além disso, justifica-se a elaboração dessa pesquisa, com base em uma visão pessoal do pesquisador sobre problemas, constantemente, constatados em obras.

Onde identifica-se frequentemente, que existem muitas falhas de projeto que geram retrabalho e que poderiam ser corrigidas facilmente com uma compatibilização dos projetos em BIM.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O processo de compatibilização evoluiu com o passar dos anos, ao mesmo passo que toda a construção civil foi se modificando com os avanços tecnológicos e com base nesse fato é importante pensar nos processos até a construção efetiva de um empreendimento residencial, tendo em vista o amparo da tecnologia existente para desenvolver projetos e realizar a compatibilização destes com as ferramentas pertencentes ao sistema BIM, evitando problemas na execução da obra.

2.1 PROJETOS

Segundo Coral (2013) a elaboração dos projetos de um empreendimento pode ocorrer de inúmeras maneiras, as mais comuns são: a) os projetos serem elaborados por profissionais distintos que podem ter ou não interação entre si; b) os projetos serem elaborados por um grupo de profissionais que pertencem a um escritório ou construtora. Neste último caso, os profissionais trabalham em conjunto com o objetivo de gerar todos os projetos fundamentais para a execução da construção.

Porém, quando os projetos são elaborados por especialistas e não existe comunicação entre eles, a falta desta pode gerar interferências e divergências que infelizmente só serão notadas posteriormente durante a etapa de obra. Quando existe a interação entre projetistas, sendo eles profissionais autônomos ou pertencentes de um mesmo escritório ou construtora, é possível sanar os conflitos de projetos e assim gerar as plantas de forma mais eficiente e com um ótimo nível de detalhamento. Assim, a compatibilização entre projetos é o processo utilizado por esses profissionais para identificar e corrigir as divergências entre os projetos arquitetônicos, estruturais, elétricos, hidrossanitários e demais projetos complementares necessários (PARSEKIAN; FURLAN JR, 2003 apud CORAL, 2013).

Quando os profissionais trabalham em conjunto também é possível criar padrões a serem repetidos de forma a minimizar a possibilidade de erros. Segundo Nascimento (2015), as obras seguem um padrão arquitetônico que satisfaça os anseios das maiorias dos clientes e com uma padronização é possível utilizar as mesmas soluções para algumas definições de projeto, ele cita a utilização de shafts, prumadas, modulações e o sistema estrutural da construção. Ressalta-se que, mesmo com a existência de um padrão arquitetônico, todas as obras terão suas

particularidades que demandarão características construtivas específicas e se fará necessário desenvolver projetos e subprojetos próprios para cada construção, que deverão ser compatibilizados a fim de sanar incoerências entre eles.

Também conforme Nascimento (2015), os profissionais responsáveis por compatibilizar os projetos devem ser engenheiros civis ou arquitetos capacitados para realizar essa compatibilização. O arquiteto responsável pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico é normalmente o responsável pela função de compatibilizar, afinal ele é o responsável por elaborar as ideias iniciais advindas do contratante, dando vida a elas através do projeto e, assim os projetos complementares devem estar alinhados com essa proposta inicial, formando uma unidade.

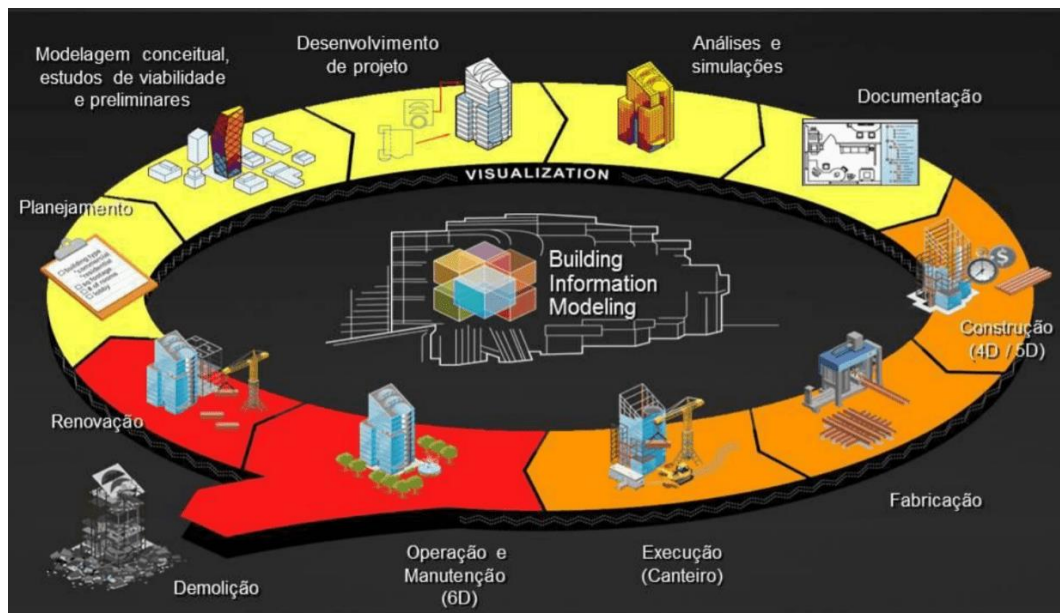
O profissional responsável pela compatibilização, ao se deparar com uma falha ou incompatibilidade nos projetos deve analisar como solucioná-la, pois não existe uma solução geral para todos os casos, cada problema será específico para aquela construção e para esses problemas existem muitas alternativas, algumas adequadas, outras não, isso dependerá do tipo falha, sua relevância dentro da construção e, também, pelas diferentes necessidades de cada cliente e obra. (LAWSON, 2005, apud MELO, 2014)

Afinal, segundo Mikaldo Júnior (2006) o sentido da compatibilização nada mais é do que buscar a integridade e gerenciamento da obra, garantindo assim uma maior qualidade para construção. Com isso, Vanni (1999) diz que a compatibilização tem como papel eliminar conflitos entre projetos que afetam a obra e assim acaba valorizando a construção, os materiais e a mão de obra.

2.2 ETAPAS DE UM PROJETO

As etapas do desenvolvimento da obra, exemplificados na imagem abaixo, demonstram impacto significativo no desenvolvimento de um empreendimento. Todavia, se alguma dela for mal executada, trará problemas para a construção como um todo. Na figura 1 a seguir é possível observar quais as etapas de desenvolvimento da obra.

Figura 1 - Etapas do desenvolvimento da obra



FONTE: Genuino; Ferreira (2019)

A Figura 1, de forma sistemática, reforça a premissa da importância de cada etapa do desenvolvimento de uma construção demonstrando também um ciclo fundamental e o conjunto das ações. Assim, inicia-se pelo planejamento da obra, após são realizados os estudos de viabilidade e modelagem de um conceito do projeto, seguindo para a efetivação do desenvolvimento do projeto inicial. A partir de então, se dá segmento as análises sobre o projeto, e documentação, finalizando assim as etapas iniciais, e partindo para o desenvolvimento dos projetos em 4D e 5D onde são realizados os levantamentos de matérias, orçamentos e cronogramas de obra. Finalmente é iniciada a construção da e após finalizada, ainda resta a fase de operação e manutenção. Findando a vida útil do prédio, ele é demolido.

2.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A compatibilização de projetos, segundo Monteiro; Júnior; Cavalcanti; Pereira (2017) pode ser vista como uma interação entre os diversos projetos desenvolvidos para a execução de uma obra, que busca identificar e eliminar as incompatibilidades e interferências entre projetos que possam ocorrer na etapa de execução da construção com o objetivo de diminuir principalmente o retrabalho e desperdícios de tempo e material da obra.

A detecção dos conflitos por muito tempo foi feita de forma manual (o que ainda ocorre na atualidade), onde o profissional responsável pela compatibilização coloca os projetos arquitetônicos e complementares em uma mesa de luz e sobrepõem as pranchas de modo que através de um projeto em 3D, seja possível identificar as interferências existentes entre os variados projetos pertencentes ao empreendimento. A compatibilização realizada de forma manual além de ser muito lenta, é extremamente suscetível a erros grosseiros de compatibilização e o processo depende muito da atualização de todos os desenhos utilizados. Já a compatibilização feita utilizando a tecnologia BIM apresenta muitos benefícios ao processo, pois através dela é possível identificar os conflitos de forma automática e, além disso, observar onde é necessário maiores detalhes de projeto. Utilizando a tecnologia BIM o processo de detecção de incompatibilidades e interferências podem ser feitas com grande quantidade de projetos, sejam eles de disciplinas diversas e com nível de detalhamento diverso. (EASTMAN et al., 2008 apud MELLO, 2013)

De acordo com Melhado (2005), é durante a etapa de compatibilização que os diferentes projetos são sobrepostos com o intuito de verificar se existe interferência entre eles, evidenciando os problemas que precisam ser solucionados antes do início da obra, podemos ver a compatibilização como uma “malha fina” para procurar os problemas de projetos.

Callegari (2007) afirma que utilizando a compatibilização no processo de elaboração de projetos é possível fazer uma retroalimentação das etapas, conforme o projeto vai sendo desenvolvido pode-se ir corrigindo e criando soluções e melhorando a eficiência como um todo, pois diminui as incertezas construtivas.

Por fim Melhado (2005) diz que a falta de compatibilização atrasa algumas decisões da obra e tal adiamento potencializa em muito o surgimento de erros e incompatibilidades que, por sua vez, acabam gerando um grande volume de retrabalho para os projetistas. Sem contar que quando essas decisões precisam ser tomadas nas obras em andamento, causam um desperdício muito grande em matérias, mão de obra e diminuem a qualidade final da obra. Melhado (2005) ainda afirma que é preciso contratar todos os projetistas desde o começo do empreendimento e avisa da importância de consultá-los durante a concepção do projeto com o intuito de evitar problemas futuros na obra.

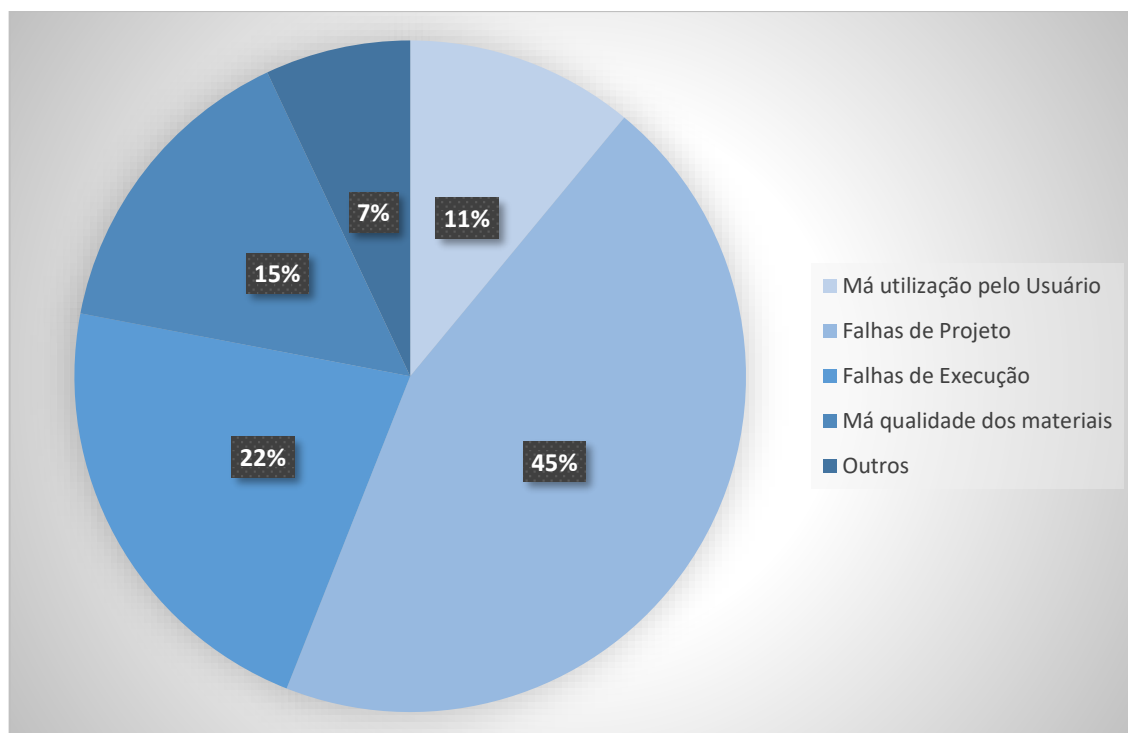
2.4 FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO

Grande parte dos problemas gerados pela falta de compatibilização de projetos ocorrem porque faltam informações sobre as implicações causadas pelas soluções encontradas para especialidades do projeto, um exemplo seria furar uma viga para passagem de tubulações hidráulicas sem verificar a possibilidade junto ao projeto estrutural. Sendo assim as empresas e projetistas devem desenvolver métodos ou mecanismos para um fluxo adequado de informações e responsabilidades para assim ser possível assegurar o desenvolvimento dos processos com qualidade. (SILVA E SOUZA, 2003 apud CORAL, 2013).

Os métodos para auxiliar o processo de compatibilização são primordiais, pois de acordo com Vanni (1999), a compatibilização de projetos, além de uma análise crítica, são itens de extrema importância para o desenvolvimento de todas as etapas de concepção de um projeto, assim garantido que o projeto esteja de acordo com os princípios de construtibilidade e racionalização construtiva, esses itens são imprescindíveis para que exista uma integração entre as atividades envolvidas e que a elaboração do projeto obedeça a uma mesma linguagem. Conseqüentemente a falta desses mecanismos para integração de informações entre os projetistas e a compatibilização de projeto causam grandes problemas ao empreendimento durante a etapa de construção.

Os problemas por sua vez afetam diretamente os custos do empreendimento. Outro grande problema da falta de compatibilização pode causar é diminuir o tempo de vida útil da construção, afinal a perda de eficiência durante o processo de execução pode acarretar o surgimento de manifestações patológicas (NASCIMENTO, 2015). O gráfico a seguir destaca as principais manifestações patológicas nas edificações, no qual é possível observar como as falhas em projeto são relevantes para os problemas dentro da construção civil.

Gráfico 1 - Causa das Manifestações Patológicas



FONTE: Adaptado IBDA (2021)

Os dados expostos no gráfico demonstram que as falhas de projeto representam 45% das manifestações patológicas nas edificações, sendo assim a maior causa de manifestações patológicas. Em segundo lugar, vem as falhas da execução, que por sua vez, podem ser geradas por problemas provenientes de falhas na etapa da compatibilização (NASCIMENTO, 2015).

Projetos elaborados sem a devida atenção e com pouca valorização do seu desenvolvimento contém muitos erros e lacunas, quando levados a obra causam grandes perdas de qualidade e eficiência da execução da construção, a falta desse cuidado com os projetos causa muitas manifestações patológicas na construção, como observado no gráfico. (ALVES, J. 2015).

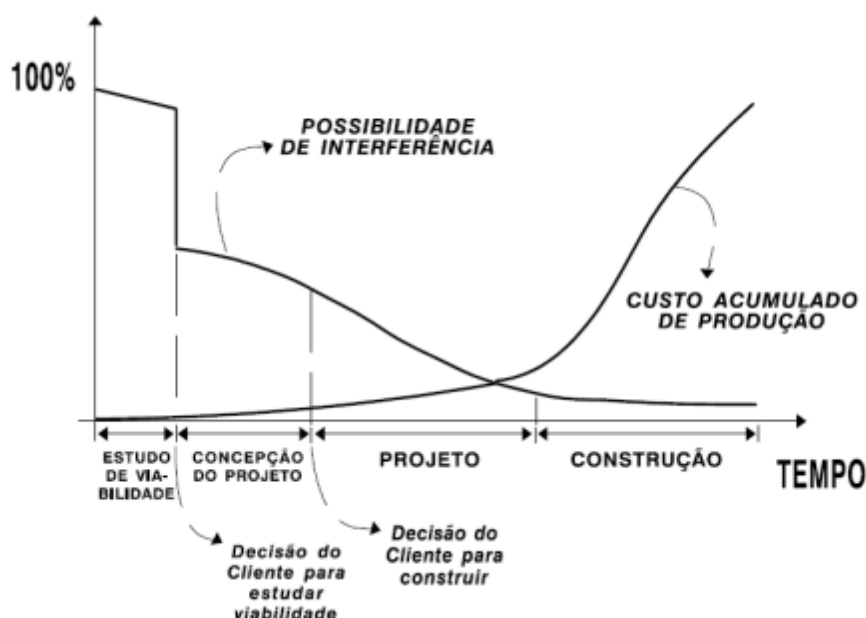
Segundo nessa linha Adesse e Melhado (2003) afirmam que as empresas já constataram como é fundamental que os projetos sejam adequados entre si, a coordenação dos projetos elaborados para a construção é algo imprescindível para a qualidade do empreendimento, pois a partir disso é possível ter uma racionalização e maior eficiência da obra, garantido assim um resultado coerente com o padrão de qualidade projetado para a construção. Por exemplo, uma obra de padrão qualquer apresentar problemas de eficiência devido a falhas vindas da etapa de projeto.

Ainda segundo Rego (2001), a elaboração de um projeto é feita em um processo social, afinal a grande maioria dos empreendimentos tem diversos profissionais elaborando projetos específicos, podem ser eles arquitetos, engenheiros, construtores, representantes de clientes ou de um grupo de clientes e outros profissionais que necessitam ter uma boa comunicação entre si para desenvolver as soluções necessárias para obra.

Segundo Souza e Abiko (1997), todas as soluções adotadas durante a execução de um projeto influenciam diretamente no processo construtivo da obra como um todo, além de corroborar com a qualidade da construção. Durante a concepção, o projeto deve levar em consideração as necessidades do cliente em relação ao desempenho, custos e as condições de exposição que o imóvel será submetido, assim o resultado qualitativo da construção está diretamente ligado a qualidade das soluções desenvolvidas na etapa de projeto.

Fabrício (2002) destaca também a importância do processo de elaboração do projeto na concepção do empreendimento, sendo crucial em relação aos custos da execução e da qualidade da obra, a seguir com o gráfico pode-se ver a influência que o projeto tem no custo final do empreendimento.

Gráfico 2 - Influência do custo final de um empreendimento ao longo do tempo



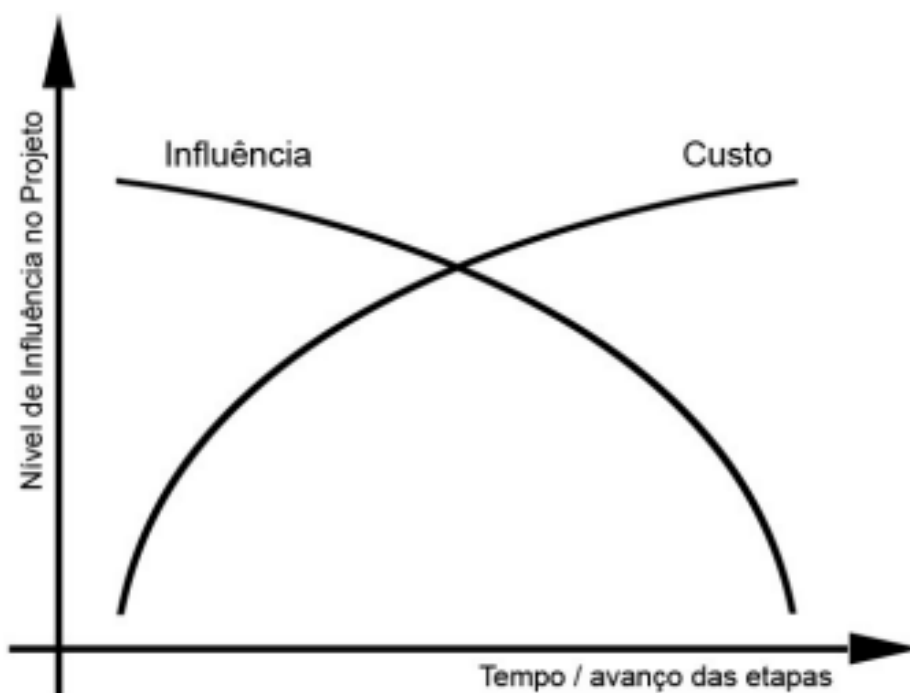
FONTE: Fabrício (2002)

Observa-se que com o passar do tempo, bem como conforme as etapas da construção são desenvolvidas, que a possibilidade de interferência vai diminuindo

enquanto os gastos aumentam de forma exponencial nota-se principalmente durante a etapa de construção o quanto os custos se tornam cada vez maiores e a possibilidade de interferência torna-se muito pequena, já no início do empreendimento tem-se mais liberdade para desenvolver soluções (FABRÍCIO, 2002)

A seguir, verifica-se, através do gráfico o nível de influência no projeto durante a avanço de etapas da obra.

Gráfico 3 - Gráfico influência x custo durante etapas do projeto



FONTE: Fabrício (2002)

Aqui, pode-se observar que ao passar do tempo e conseqüentemente da realização de etapas as mudanças em projeto se tornam cada vez menos influentes no desenvolvimento da obra e a construção vai ficando cada vez mais cara.

2.5 HISTÓRICO DO BIM

O BIM (Building Information Modelling) não é um software, e sim um conjunto de softwares pertencente à mesma família e que se comunicam entre si. Essa tecnologia já era estudada antes da década de 90 por Charles Eastman, e proposta como um modelo tridimensional onde é possível observar com exatidão as informações necessárias para executar todas as fases do empreendimento. (GOMES, 2020)

Na pesquisa desenvolvida, Eastman utilizou a concepção de design paramétrico, onde era possível realizar desenhos 2D integrado a um banco de dados que abria a possibilidade de ver as quantidades de materiais, insumos, bem como a metragem do empreendimento e a partir da visualização dessas informações realizar análises quantitativas do projeto. Esse estudo remete a primeira visualização do BIM e ocorreu 25 anos antes da criação do Revit pela Autodesk. (CODEBIM, 2014, apud MELO, 2014).

Contudo, nessa época a grande novidade eram os softwares pertencentes ao sistema CAD, pois por meio dele era possível otimizar o processo de elaboração e execução dos projetos. Ou seja, utilizando esse conjunto de programas o projetista otimizava seu trabalho e obtinha, uma maior confiabilidade em medidas milimétricas. No mercado atual, os softwares pertencentes ao sistema CAD vêm perdendo espaço, se tornaram muito mais uma ferramenta de apoio aos softwares da família BIM. (GOMES, 2020)

O “nascimento” efetivo do BIM se deu entre 1970 e 1980 onde o desenvolvimento dessa tecnologia se expandiu por todo o mundo, surgindo a partir disso o termo BDS nos Estados Unidos da América e o E “Product Information Models”, na Europa. A partir da união desses dois modelos surgiu o BIM (Building Information Modeling) conhecido hoje em dia. O primeiro a documentar esse conceito foi Robert Aish em 1986 e a primeira aplicação do conceito foi utilizada em 1987, ao ser associado ao conceito de Edifício Virtual do ARCHICAD Graphisoft da Nemetschek. (CODEBIM, 2014, apud MELO, 2014).

Segundo Junior (2018), o surgimento da tecnologia BIM veio para substituir a tecnologia CAD, visando principalmente suprir os problemas encontrados. como por exemplo a atualização dos projetos que, quando necessária, deve ser feita de forma individual em cada uma das pranchas, assim qualquer mudança de projetos feita na etapa de compatibilização gera um trabalho minucioso e árduo de alteração em todas as pranchas. Além dessa grande quantidade de retrabalho, o modelo CAD permite uma visualização apenas em 2D (diferente do BIM que utiliza amplamente a tecnologia em 3D) dificultando muito a elaboração de orçamentos, os levantamentos quantitativos levam muito mais tempo e está muito mais sucessível a erros, dependendo muito da capacidade do orçamentista.

Nos anos 80 surgiu um grande avanço tecnológico na construção civil, a partir da modelagem de edifícios 3D, utilizando softwares do sistema CAD, apesar desse

grande avanço tecnológico, os profissionais tiveram alguns problemas, dentre eles a performance dos computadores da época que não eram capazes de processar uma grande quantidade de informações, indispensáveis para esse tipo de projeto, sem contar os custos para obter tais softwares ser bastante elevado. Devido a estas situações houve uma hesitação por parte dos projetistas em desenvolver seus projetos em 3D e, dessa forma, preferiam continuar utilizando softwares com sistemas 2D. (EASTMAN et al., 2011 apud MELO,2014)

Nos anos 90, empresas como a Parametric Technologies Corporation (PTC) foram além do conceito da CSG e B-rep e assim foi possível desenvolver uma modelagem onde o usuário do programa pode definir os parâmetros de inserção, possibilitando inserir uma família de modelos em vez de apenas desenhar um único modelo. Esses modelos de famílias podem se relacionar e as alterações necessárias feitas sem gerar retrabalhos dentro do desenho, assim as modificações em um desenho são replicadas aos outros de forma automática e assim facilitam muito o processo de compatibilização. (EASTMAN et al., 2011 apud MELO,2014)

Sienge (2020) constata que atualmente, as evoluções na plataforma BIM tornam os softwares cada vez melhores para os profissionais que os utilizam, chegando à modelos de projeto em 7D, sendo definidos da seguinte maneira: a) dimensão 3D: modelagem paramétrica; b)4D: é a dimensão de planejamento da obra; c)5D: utilizada para a etapa de orçamentação; d)6D: utilizada para sustentabilidade do empreendimento; e) 7D: utilizada na parte de gestão e manutenção da obra.

Miró (2021) constata que já pode-se perceber que a aplicação do BIM vem crescendo cada vez mais dentro da construção civil. Em alguns países essa tecnologia já é considerada obrigatória, no Brasil sua obrigatoriedade estava prevista para o ano de 2021, voltada a obras públicas, porém em virtude da pandemia mundial, a implementação tem passado algumas dificuldades. Já Gomes (2020) aborda que ampla utilização dessa tecnologia pode impactar a economia, principalmente na compra de materiais, maior transparência nos processos de licitações públicas devido a facilidade no levantamento de informações dentro do projeto, além de muitos outros benefícios.

2.6 INTERRELAÇÃO DE PROJETOS EM BIM

A interrelação entre projetos de um empreendimento internacional é um pouco mais complexa, pois considerando que o empreendimento seja feito por empresas do mundo todo a comunicação e compatibilização de informações enfrenta problemas como diferentes idiomas, métodos construtivos, simbologias escalas métricas. Assim uma alternativa muito interessante é a criação de normas de serviço com padrões pré-estabelecidos, além disso a elaboração de um dicionário universal auxilia muito no processo de compatibilização. (MARIA, 2008)

Conforme Maria (2008) o compartilhamento dos dados depende de três especificações essenciais.

- A forma em que os dados serão compartilhados, definido “COMO”;
- Quais tipos de dados serão compartilhados, definido “O QUE”;
- Quais informações serão compartilhadas, definindo “QUAL”, além de definir o momento que serão compartilhadas, definindo “QUANDO”.

A seguir, apresenta-se um quadro com alguns dos programas pertencentes ao sistema BIM disponíveis no mercado atualmente, existem vários programas para cada uma das disciplinas, sendo mais ou menos sofisticados e específicos para determinados tipos de serviço

Quadro 1 - Softwares BIM

Disciplinas de Projetos	Ferramentas BIM
Arquitetura	Revit Architecture
	ArchiCAD
	Vectorworks
	Edificius
	BIMobject
	Bentley Architecture
	Allplan
	TurboFloorPlan
	DDS-CAD Architect
Estrutura	Tekla Structures

	Revit Structures
	Robot
	SAP2000
	CAD/TQS
	Cypecad
	Eberick
	Bentley Structural
Elétrica	Revit MEP
	Bentley – Building Electrical Systems
	QIElétrico
	DDS-CAD Electrical
Hidráulico	Revit MEP
	Bentley – Mechanical Systems
	QIHidrossanitário
	DDD- HVAC
Gerenciamento de projetos	Navisworks
	Synchro
	Solibri
Gerenciamento de orçamento de obras	Vico Software
	Volare
	Primavera
	MSProject
	Tron-orc
	Orca Plus

Fonte: Adaptado de (BARISON; SANTOS, 2011)

A lista de softwares é bem extensa, mostrando que houve investimentos e estudos nessa área e que há ferramentas adequadas para cada tipo de projetista e de serviço que precisa realizar.

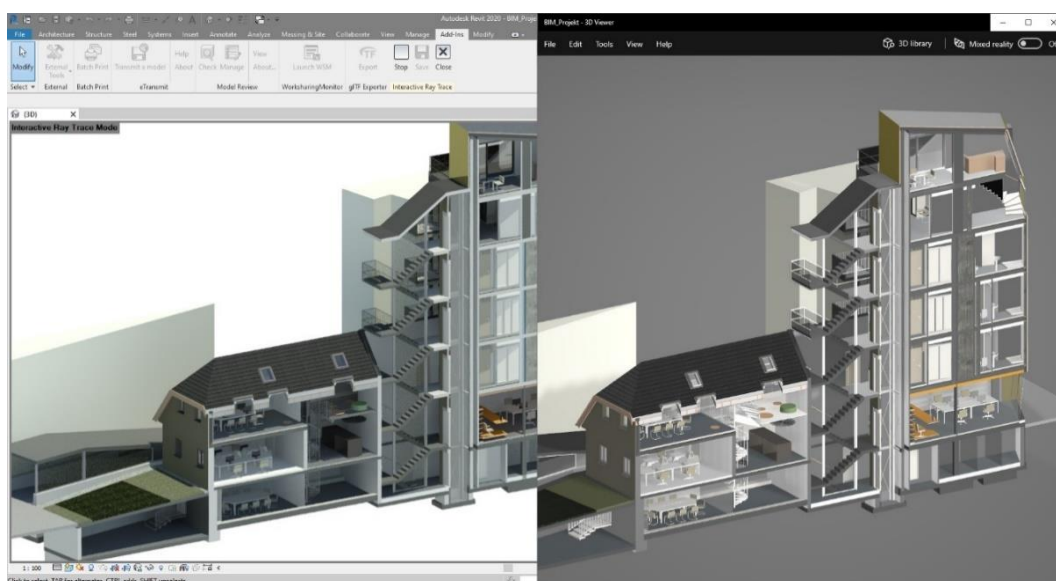
2.7 REVIT

O Revit é um software baseado no conceito BIM (Building Information Modeling), utilizado para aumentar a eficiência e a precisão ao longo do ciclo de vida

do projeto, desde o projeto conceitual, a visualização e a análise até a fabricação e a construção. Com o Revit é possível modelar em 3D com precisão, atualizar automaticamente plantas de piso, elevações e corte às medidas que o modelo se desenvolve e é possível criar rotinas com automação para realizar tarefas repetitivas. (AUTODESK, 2021)

A seguir pode-se ver como é a interface do software.

Figura 2 - Revit



Fonte: (Autodesk, 2021)

Na imagem acima, ilustra-se a interface do software, que difere do sistema CAD, onde vemos como criar linhas e formas geométricas. Neste, há opções para criação de estruturas como paredes por exemplo. O Revit tem como objetivo ser uma ferramenta para auxiliar engenheiros, arquitetos e demais profissionais da construção civil com o desenvolvimento dos projetos, permitindo a automatização de toda a obra. (Silva, 2019)

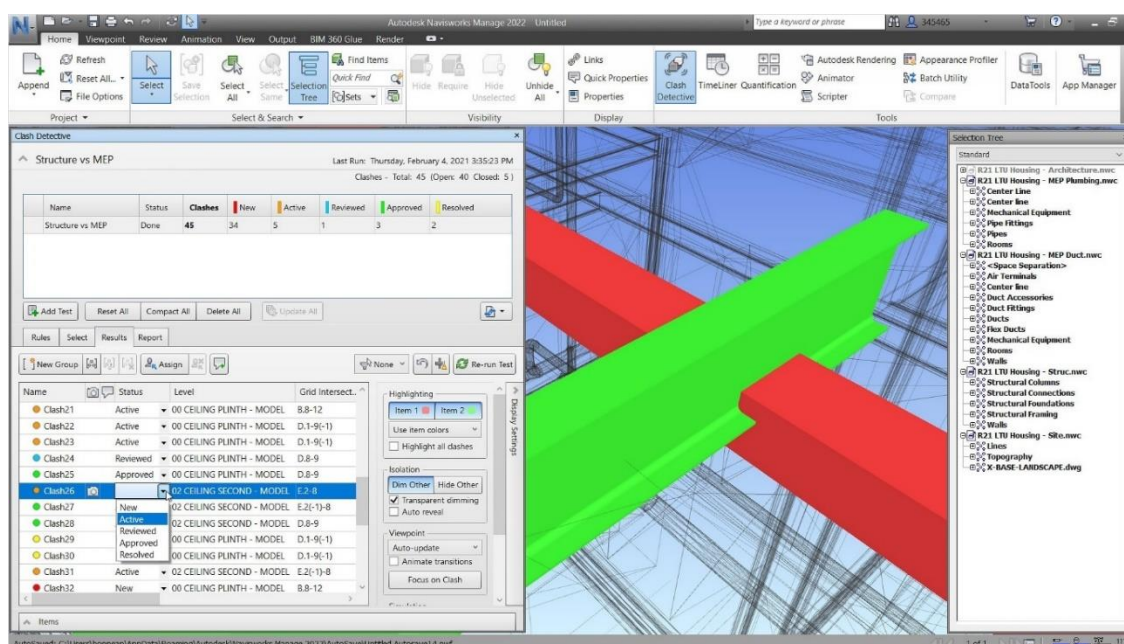
2.8 NAVISWORKS

O Navisworks é um software de análise de projetos para melhorar a coordenação de modelagem de informações da construção (Building Information Modeling). Através dele é possível combinar dados de projetos e construção em um único modelo, identificar e resolver conflitos e problemas de interferência antes da construção, agregar dados de várias especialidades para controlar melhor os

resultados, controle de cronogramas e custos usando as simulações 4D e 5D, levantar as quantidades de materiais em projetos 2D e 3D, além de muitos outros recursos presentes. (AUTODESK, 2021)

A seguir podemos ver como é a interface do software.

Figura 3 - Navisworks



Fonte: (Autodesk, 2021)

A imagem representa a interface do software e diferente do Revit com a interface para criação, aqui temos a interface voltada a visualização e análise dos projetos.

Segundo Gomes (2020) no Navisworks e em softwares similares é possível fazer a análise de interferências de forma mais ampla, com verificações mais complexas e precisas, além disso existem recursos para geração de relatórios com todas as conferências feitas na etapa de compatibilização. Após a compatibilização e prováveis incompatibilidades, o projetista responsável pelo projeto pode corrigir os erros e se repete o processo de compatibilização até que todas as inconsistências sejam sanadas.

3 METODOLOGIA

Este trabalho fundamenta-se no estudo de caso, que é uma pesquisa que deve ser feita de forma muito profunda e exaustiva de um objetivo, pode ser feito de mais objetivos, porém em pequena quantidade para que seja possível obter um conhecimento amplo e detalhado sobre o assunto pesquisado (GIL, 2002); (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).

O objeto de estudo de caso foi uma obra residencial de alto padrão de acabamento, em processo de edificação, localizada na cidade de Eldorado do Sul no Estado do Rio Grande do Sul. O projeto arquitetônico foi constituído por um dos principais escritórios de arquitetura da região e a empresa em que o pesquisador trabalha está executando o empreendimento.

Os projetos passaram por um processo de contabilização na empresa de arquitetura, porém no decorrer da obra, alguns pontos em desacordo foram encontrados, gerando retrabalhos e mudanças no projeto. Assim promoveu-se uma nova compatibilização utilizando o programa Navisworks para sinalizar inconformidades, bem como propor a análise de interversões que precisaram ser resolvidas na obra em andamento, confrontando-as em como seriam resolvidas se observadas durante a etapa de projetos.

3.1 PROJETO BASE PARA DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O projeto trata-se de uma residência unifamiliar de alto padrão, foi desenvolvido pelo escritório de arquitetura de Porto Alegre, responsável por grandes obras em todo estado e até fora do país e a obra executada pela empresa a qual o pesquisador trabalha, localizada em Novo Hamburgo e especializada na execução de obras residenciais de alto padrão arquitetônico em condomínios.

Os detalhes do projeto podem ser encontrados nos anexos, o anexo A é o memorial descritivo desenvolvido com o objetivo de ser repassado para o banco responsável pelo financiamento da obra. Nos anexos B, C, D e E se encontram imagens renderizadas da parte externa da obra, os anexos F e G contemplam as plantas baixas arquitetônicas do pavimento térreo e pavimento superior da residência, já os anexos H e I demonstram as plantas baixas elétricas do pavimento térreo e superior e seguindo assim os anexos J e K demonstram plantas de forma do projeto

estrutural e por fim os anexos L, M, N e O mostram os projetos hidráulicos e de esgoto. Com base nesses projetos nos anexos, o estudo de compatibilização será realizado.

O pesquisador, acompanhou a execução da obra desde seu início, bem como auxiliou a resolução de conflitos gerados, pela falta de compatibilização dos projetos, também desenvolveu um relatório técnico sobre o empreendimento com todos os detalhes construtivos e específicos do projeto, originados por terceiros. Tais informações constam nos anexos A dessa monografia, como comentado anteriormente.

3.2 ANÁLISE DAS INTERFERÊNCIAS CONFORME A EXECUÇÃO

Os programas para compatibilização de projetos se mostram muito úteis, porém não são perfeitos, alguns problemas de projeto, principalmente voltados à execução não são visíveis durante o processo de compatibilização. Nessa etapa foi abordado alguns dos principais problemas encontrados durante a execução da obra e as medidas tomadas para resolver tais problemas.

Optou-se por dar ênfase, neste estudo de caso, às situações em que houve a necessidade de recorrer a arquiteta responsável, por se tratar de problemas complexos e que afetaram a proposta arquitetônica da obra. Problemas menores que foram resolvidos pelo engenheiro responsável, no canteiro de obra, não foram avaliados nesse momento. Levando em consideração que o empreendimento ainda está em fase de execução, na etapa final onde são colocados os acabamentos e esquadrias, ainda poderão surgir mais situações que dependeram de um olhar analítico, e isso se dará até a entrega final da residência.

3.3 ETAPAS DA COMPATIBILIZAÇÃO

A Compatibilização foi desenvolvida em cima de um projeto arquitetônico de uma obra de alto padrão, com a maior parte de seus projetos elaborados em softwares compatíveis com a plataforma BIM. Desse modo os projetos compatibilizados serão: arquitetônico, elétrico, hidrossanitário e estrutural. Além disso, foram elaborados projetos para impermeabilização, sistema de ar-condicionado VRF, automação de esquadrias e sistema de aquecimento, porém eles não se encontram em formato compatível a tecnologia do sistema BIM, e não foram inseridos neste estudo de caso.

Contudo não deixaram de ser levados em conta pela questão de integralidade do empreendimento, ou seja, falhas existentes nesses projetos podem ter gerado possíveis falhas encontradas no desenvolvimento desses, impactando a construção.

Nessa etapa de compatibilização foi apresentada interferências entre:

- Elétrico x Estrutural
- Elétrico x Hidrossanitário
- Executivo x Elétrico
- Executivo x Estrutural
- Executivo x Hidrossanitário
- Hidrossanitário x Estrutural

Alguns critérios serão considerados para filtrar as incompatibilidades encontradas pelo software, a primeira foi a relevância que essas interferências tiveram na execução do empreendimento, também serão apresentados problemas menores que acabam atrasando de alguma forma a execução dos serviços, o segundo critério foi as interferências que são fáceis de corrigir na obra, mas que afetam no levantamento de materiais e cronograma dos serviços e o terceiro critério de avaliação foi a incidência de problemas parecidos, evitando apresentar uma série de problemas de mesma natureza e que tenham formas idênticas de serem resolvidas.

3.4 ANÁLISE SOBRE A COMPATIBILIZAÇÃO

Por fim foi elaborado um levantamento das incompatibilidades apresentadas pelo programa e comparada com as incompatibilidades apresentadas durante a construção da residência, utilizando ambas as análises foi possível observar as soluções encontradas em cada uma delas.

A residência se encontra em fase final de construção, faltando alguns revestimentos e colocações de esquadrias, assim pode existir problemas futuros que não foram abordados nessa pesquisa.

Nesse aspecto levantara-se a análise de porque algumas incompatibilidades não foram visíveis durante o uso do software e outras sim. Além disso, utilizando as incompatibilidades encontrada pelo Navisworks, foi elaborada uma comparação entre a forma que as falhas de projeto foram solucionadas em obra com as formas que os projetistas poderiam solucionar, ainda na etapa do desenvolvimento do projeto.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando uma análise eficaz das incompatibilidades encontradas, tanto as que foram sinalizadas com a utilização do software Navisworks quanto as que foram se apresentando durante a execução e não sinalizadas pelo software, a discussão foi delineada em três partes, bem como serão abordadas as soluções adotadas e os impactos causados na obra com um todo.

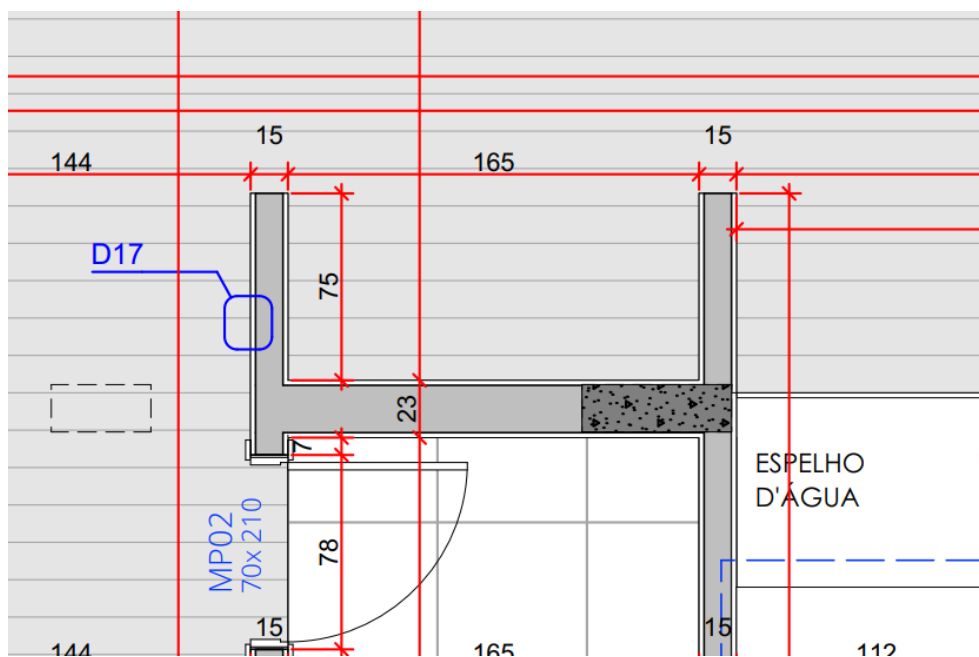
Na primeira parte o foco é para os principais problemas pelo qual a obra passou, seja por falta de informações em determinado projeto ou por impossibilidade de execução conforme o projeto arquitetônico. Em paralelo a esses problemas, foram demonstradas as soluções encontradas junto ao escritório de arquitetura. Para a segunda parte o objetivo é apresentar as incompatibilidades que o software encontrou e explicar o impacto de tais interferências na construção da residência.

Por fim, na terceira etapa foram analisadas todas as interferências anteriormente encontradas e realizada, a discussão sobre os resultados possíveis em executar uma compatibilização de projetos de forma eficiente.

4.1 EXEMPLOS DE FALHAS DE PROJETO ENCONTRADOS EM OBRA DURANTE A EXECUÇÃO

Ao longo da construção, assim como qualquer outra, aparecem problemas oriundos da fase de projeto e que precisam ser resolvidos durante a execução da obra, nesse projeto em questão à necessidade de criar soluções principalmente referente a questões construtivas, tais problemas não são visíveis em softwares de compatibilização. A primeira falha a ser apresentada é devido à falta de espaço físico para passagens de tubulações, como é possível verificar na Figura 4.

Figura 4 – Passagem de tubulações



Fonte: Autor

Na Figura 4, constata-se uma parede de 15 cm localizada na cozinha, onde ficará a geladeira futuramente, porém pelo projeto hidrossanitário existem muitas tubulações nessa região, conforme detalhe na figura 5.

Figura 5– Passagem de tubulações

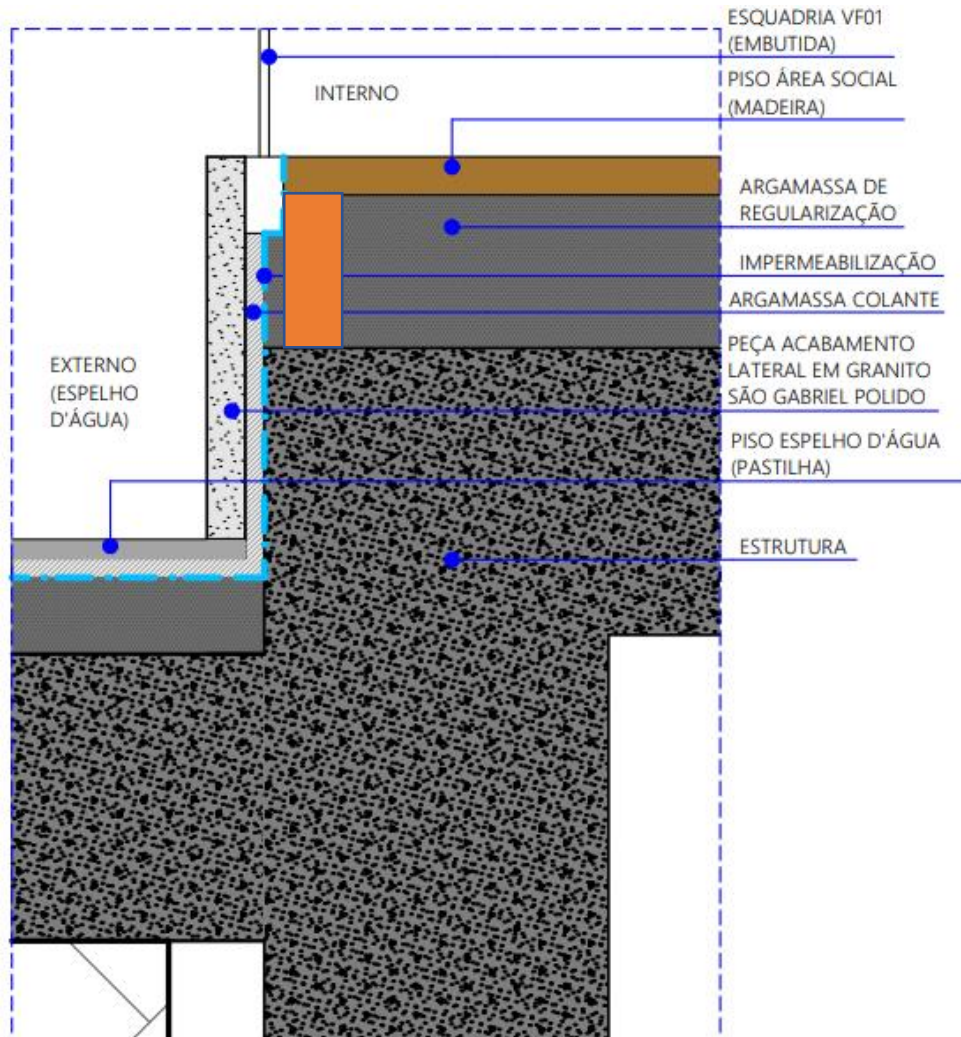


Fonte: Construtora

Na Figura 5, não é possível executar a parede de tijolos conforme o projeto, felizmente existia espaço suficiente para aumentar a espessura da parede e manter o vão para a geladeira conforme projeto.

Outro problema encontrado foi na execução do espelho d'água junto à parte interna da casa, na Figura 6 é possível ver melhor o que acontece.

Figura 6 – Impermeabilização de espelho d'água



Fonte: Autor

A impermeabilização em azul tracejado sobe pela lateral até o piso interno da casa, porém seria bem complicado escorar esse contrapiso e depois impermeabilizá-lo de forma eficiente, assim foi acrescentado um pequeno muro utilizando argamassa para ser impermeabilizada e servir como limite do contrapiso. Na figura 7 a seguir fica visível a contenção criada.

Figura 7– Impermeabilização de espelho d'água



Fonte: Construtora

A solução, apesar de simples, facilitou muito a impermeabilização no espelho d'água e a execução do contrapiso. Um problema mais complexo em relação à obra foram as máquinas do sistema de ar-condicionado, pois devido a esse projeto ter sido elaborado depois da obra iniciada e apenas no formato 2D, a compatibilização precisou ser feita por ocasião da execução, gerando muito retrabalho, mudanças constantes nas posições das máquinas, esses retrabalhos também afetaram a execução do gesso, a figura 8 demonstra a rede de ar instalada.

Figura 8– Sistema de ar-condicionado

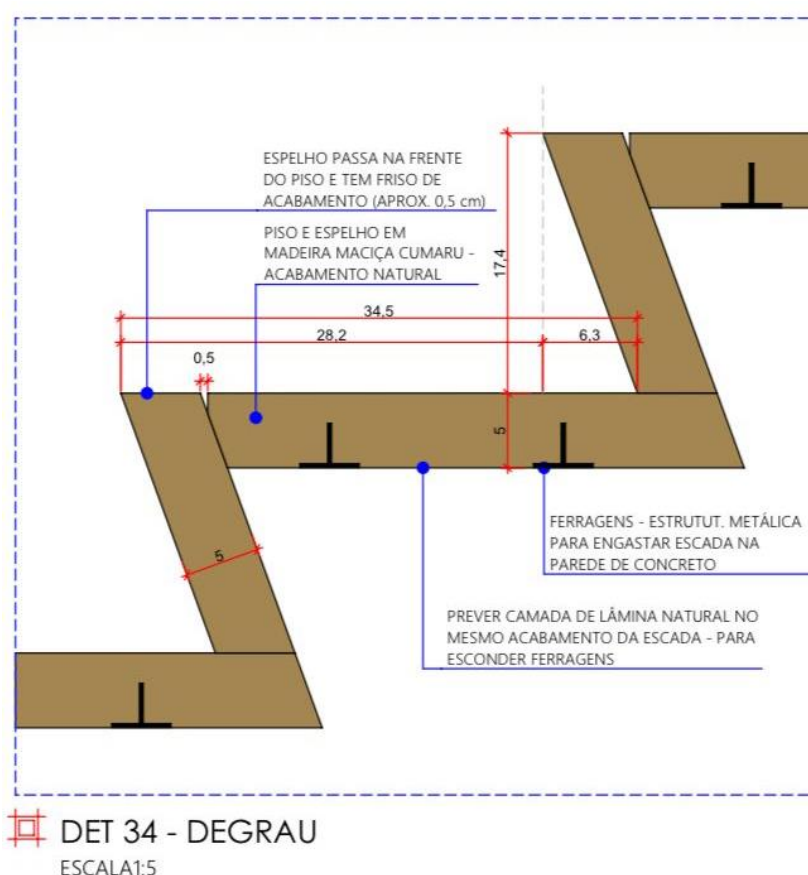


Fonte: Construtora

Na Figura 8 pode-se ver uma das máquinas que teve que ser mudada de posição por causa do mobiliário que terá naquela posição, esse tipo de erro muito recorrente na obra, incluindo o fato de que a passagens dos dutos de ar pelas vigas foi bem complicada devido à baixa altura do pé direito no pavimento.

Existem problemas que não afetam a estética do empreendimento, porém dificultam a execução e assim aumentam os custos do serviço, a escada da obra é um exemplo perfeito. Primeiramente o projeto consistia em inserir perfis metálicos em uma viga parede de concreto aparente e a escada de madeira seria feita apoiada sobre esses perfis, conforme a Figura 9 abaixo.

Figura 9– Primeira proposta de escada



Fonte: Autor

Infelizmente a empresa de estruturas metálicas contratada para executar a colocação dos perfis disse que não poderia realizar o trabalho dessa maneira, pois os perfis não seriam suficientes para resistir ao esforço, assim foi necessário colocar uma chapa metálica inteira para estruturar a escada, conforme Figura 10.

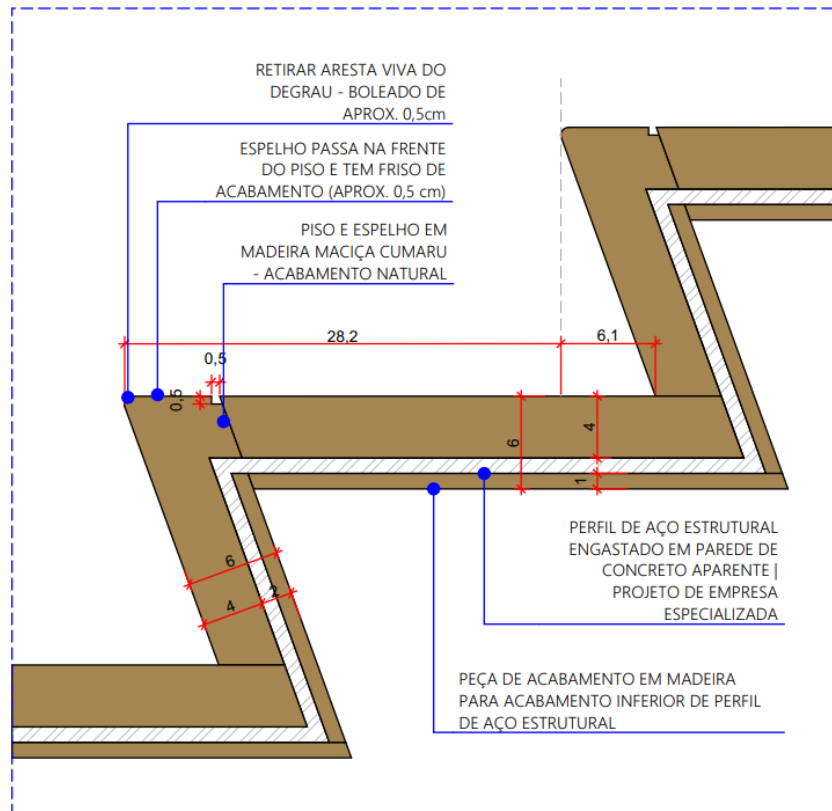
Figura 10– Segunda proposta de escada



Fonte: Construtora

A Figura 10 mostra como ficou a estrutura metálica e algumas amostras de madeira. Devido à mudança no método construtivo da escada, o revestimento de madeira também foi alterado. Esse novo projeto aumentou consideravelmente a dificuldade de execução e conseqüentemente o preço da escada. A Figura 11 e Figura 12 a seguir mostram como foi criada a nova proposta da escada.

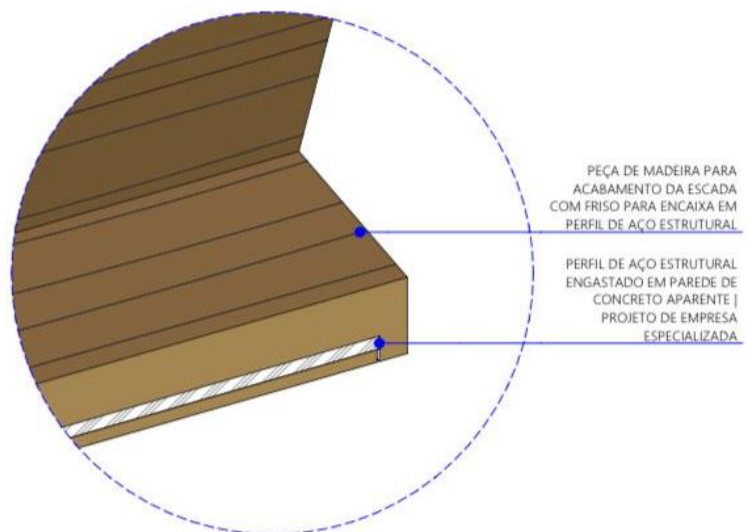
Figura 11– Segunda proposta de escada



Fonte: Autor

A escada parece muito com o modelo anterior, porém com uma característica que pode ser vista na próxima figura.

Figura 12– Segunda proposta de escada



Fonte: Autor

Ainda em relação a escada, a proposta arquitetônica era utilizar uma madeira de maior espessura na parte superior para fazer o detalhe lateral e assim parecer que a escada se tratava de uma madeira única, tal proposta foi avaliada por várias empresas especializadas na região, foram executados inúmeros moldes e, por fim, não foi encontrada uma solução para essa execução. Por tratar-se da madeira Ipê Cumaru, que é uma madeira com resistência muito elevada, os marceneiros não tinham máquinas capazes de executar conforme o projeto, por fim foi encontrado uma alternativa utilizando uma lâmina de madeira para acabamento, a Figura 13 apresenta o molde final.

Figura 13– Molde da escada

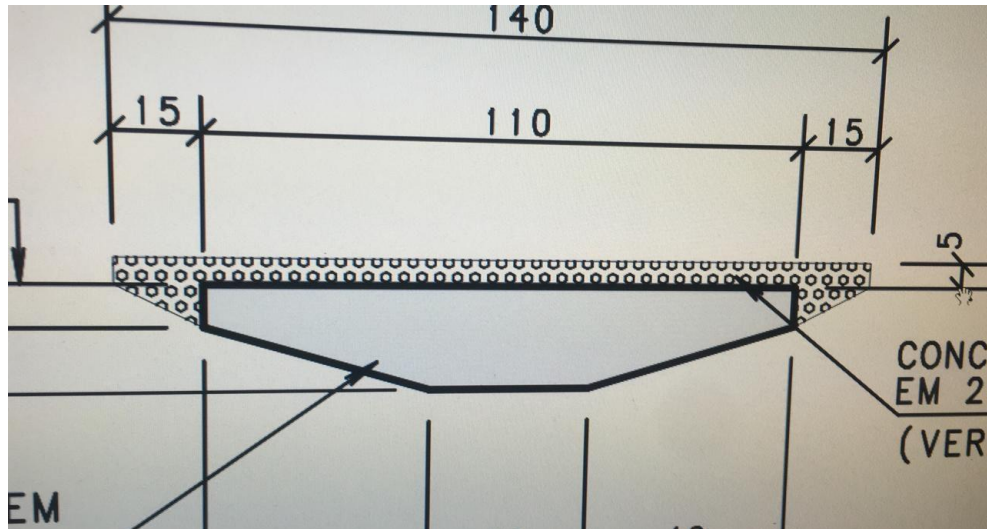


Fonte: Marceneiro

Esse molde foi aprovado pelo cliente e escritório de arquitetura, ainda está na fase de execução, dessa forma não existem imagens no local.

A rampa de acesso de pedestres também apresentou dificuldades por ocasião da sua execução, pois ela seria feita em duas etapas, sendo uma a estrutura e outra o revestimento em concreto aparente, conforme Figura 14.

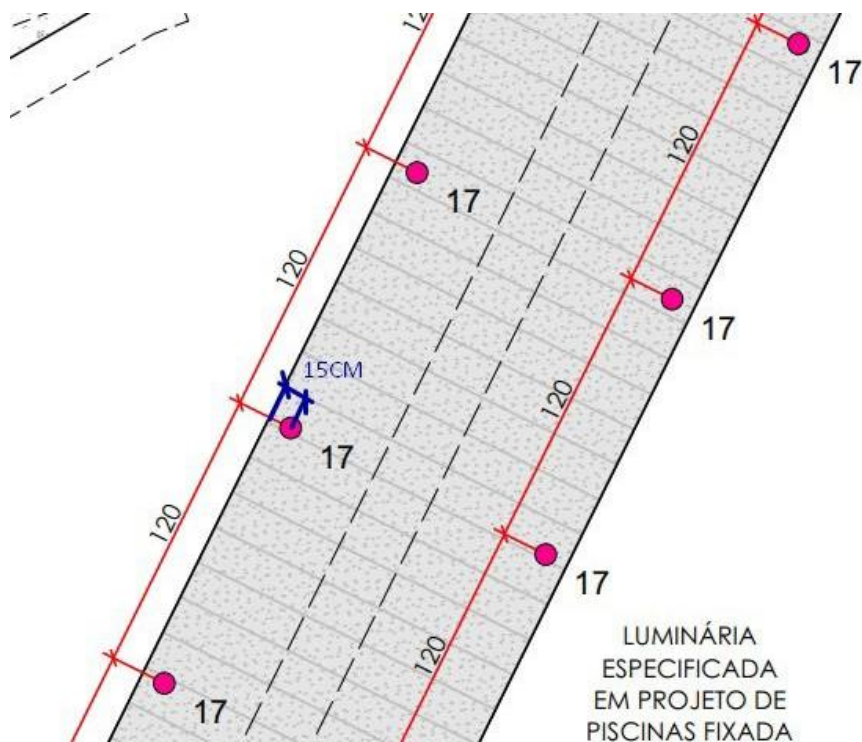
Figura 14– Rampa de pedestres



Fonte: Autor

A rampa de concreto aparente também tinha luminárias instaladas em ambas as laterais, conforme Figura 15.

Figura 15– Rampa de pedestres



Fonte: Autor

Porém, se observar as duas figuras anteriores, pode se ver que existe um problema entre elas, as luminárias se encontram no mesmo ponto em que a primeira concretagem será realizada, conforme Figura 16.

Figura 16– Rampa de acesso



Fonte: Construtora

Devido a essa impossibilidade construtiva, posição das luminárias da rampa foi alterada e o resultado após a concretagem pode ser vista na Figura 17.

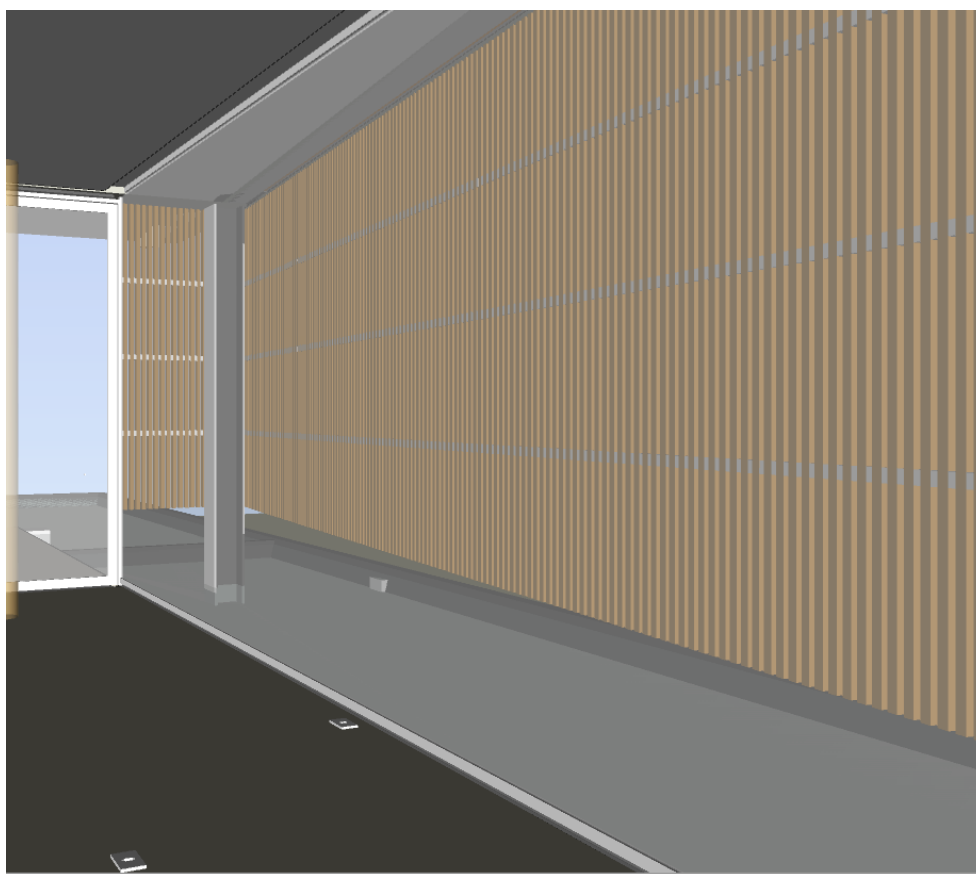
Figura 17– Rampa de acesso



Fonte: Construtora

A rampa foi concretada com as esperas para as luminárias, que serão colocadas na próxima etapa, a Figura 17 também apresenta outro ponto muito importante, ao fundo é possível ver uma viga metálica que vai da parede até o pilar metálico, essa viga não existia no projeto inicial, ela foi criada pois o revestimento em brise-soleil não poderia ficar preso apenas na parte de cima da estrutura, assim foi necessário a colocação de uma viga que afetou muito o visual interno da residência. A Figura 18 mostra como está em projeto.

Figura 18– brise-soleil em madeira fixado



Fonte: Autor

O projeto especifica que a fixação deveria ocorrer apenas na parte de cima, porém não seria suficiente devido ao esforço de vento no local, na Figura 19 é possível ver como a viga polui a imagem.

Figura 19– brise-soleil em madeira fixado



Fonte: Construtora

A viga na imagem 19 será revestida com alumínio com acabamento amadeirado, assim como o restante do brise-soleil e é esperado que o acabamento torne a estrutura menos visível, essa viga teve impacto visual bem elevado, porém não foi a única necessária, pois em alguns pontos, foi necessário colocar vigas metálicas internas para fixar as esquadrias, conforme Figura 20.

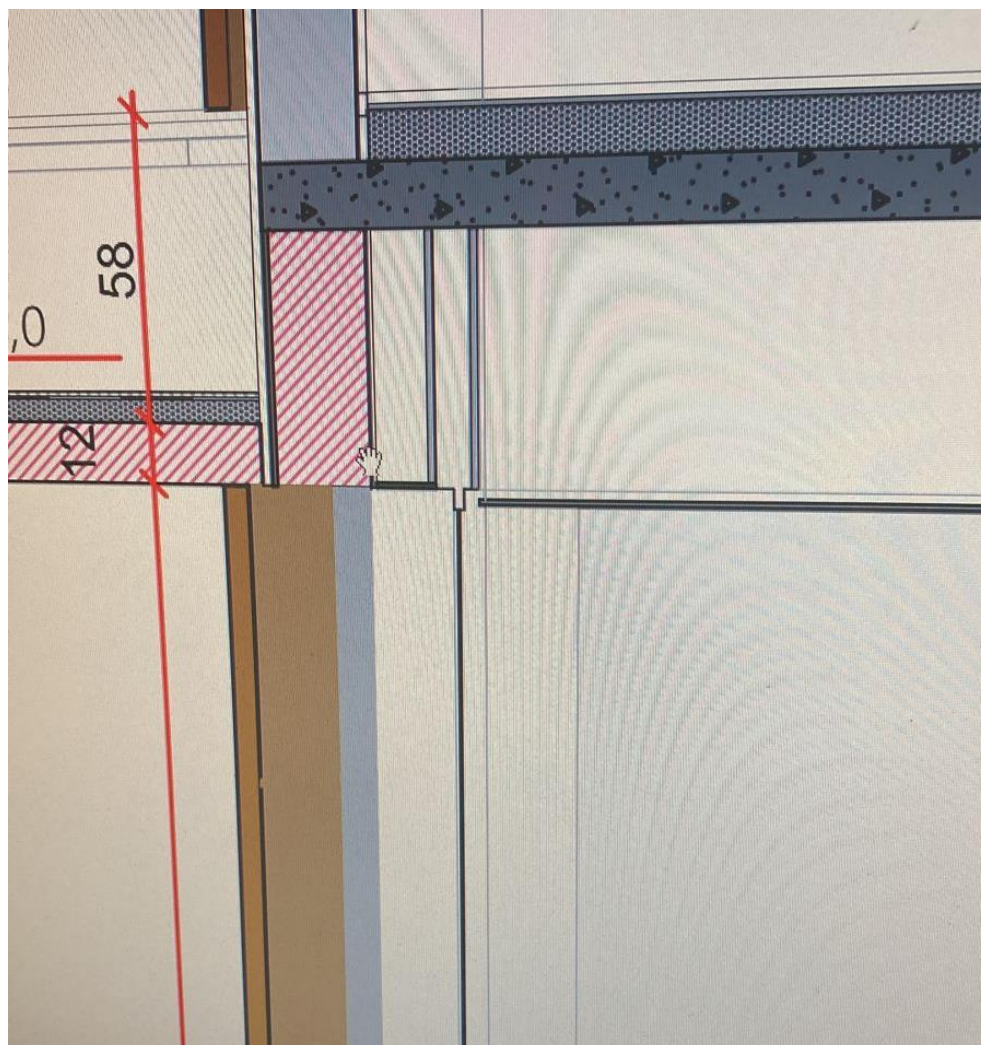
Figura 20– Viga metálica para fixação de esquadrias



Fonte: Construtora

Foi colocado uma viga metálica entre o detalhe de gesso da cortina e a viga de concreto externa, nesse caso foi necessário colocar essa viga pela posição da esquadria, essa estrutura gerou um gasto na obra que poderia ter sido resolvido no projeto estrutural, inclusive algumas destas vigas metálicas estavam sendo consideradas no projeto arquitetônico, como na Figura 21 a seguir.

Figura 21– Viga metálica para esquadria



Fonte: Autor

A partir da Figura 21, é possível ver uma viga ao lado da viga de concreto aparentes fazendo a fixação da esquadria de vidro e o gesso fazendo o acabamento, nesse caso também poderia ter sido usado estrutura de concreto para fazer essa fixação das esquadrias.

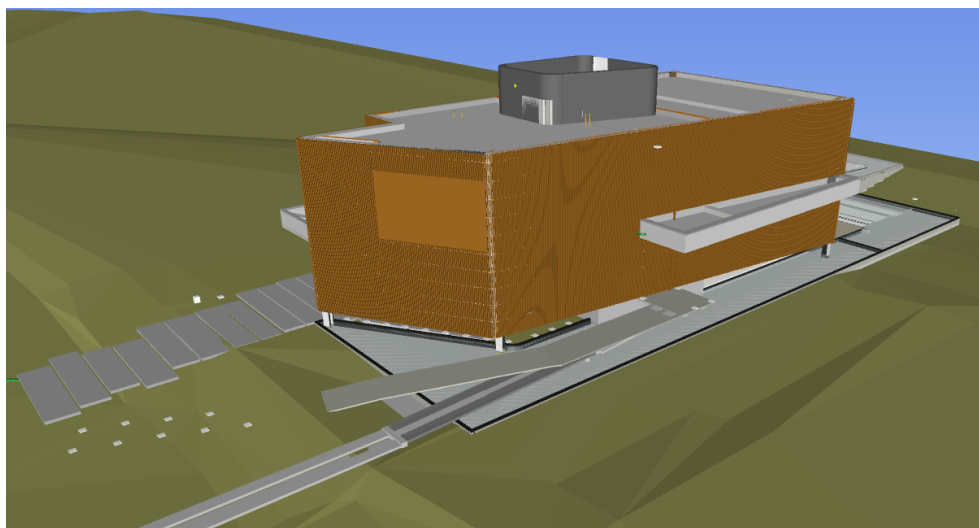
Ocorreram outras incompatibilidades e problemas de execução durante a construção da obra, as apresentadas aqui precisaram ser resolvidas junto com a arquiteta, tendo maior impacto no empreendimento e ou serviram para ilustrar erros corriqueiros que ocorreram na execução da obra.

4.2 PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS

Utilizando o programa Navisworks, foi possível analisar todos os projetos (arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário), a seguir apresenta-se algumas

vistas do conjunto de projetos, pode-se identificar alguns problemas de compatibilização que estão a seguir explicados. As Figuras 22, 23 e 24 mostram os projetos no software.

Figura 22– Projetos no Navisworks



Fonte: Autor

Figura 23– Projetos no Navisworks



Fonte: Autor

Figura 24– Projetos no Navisworks



Fonte: Autor

Após abrir os arquivos com o programa, utilizando a ferramenta Clash Detective, foi possível identificar as incompatibilidades entre projetos. Em primeiro momento, foram realizados seis testes entre as quatro disciplinas diferentes de projeto chegando no seguinte número de interferências:

- Elétrico x Estrutural – 13 incompatibilidades;
- Elétrico x Hidrossanitário – 0 incompatibilidades;
- Executivo x Elétrico – 83 incompatibilidades;
- Executivo x Estrutural – 2195 incompatibilidades;
- Executivo x Hidrossanitário – 376 incompatibilidades;
- Hidrossanitário x Estrutural – 151 incompatibilidades.

Através da Figura 25 é possível observar como o programa apresenta as interferências e esse artigo falará mais sobre essas interferências posteriormente.

Figura 25– Clash Detective

Clash Detective

exec-eletric Last Run: terça-feira, 22 de fevereiro de 2022 18:06:58
Clashes - Total: 83 (Open: 83 Closed: 0)

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
eletr-estrut	Done	13	13	0	0	0	0
eletro-hidro	Done	0	0	0	0	0	0
exec-eletric	Done	83	83	0	0	0	0
exec-estrut	Done	2195	2195	0	0	0	0
Exec-hidro	Done	376	376	0	0	0	0

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

Buttons: Rules, Select, Results, Report

Buttons: New Group, Assign, Re-run Test

Name	Status	Found	Approved...	Approved	Description	Assigned To	Distance
Clash63	New	18:06:58 22-02-2022			Hard		-0,016 m

Fonte: Autor

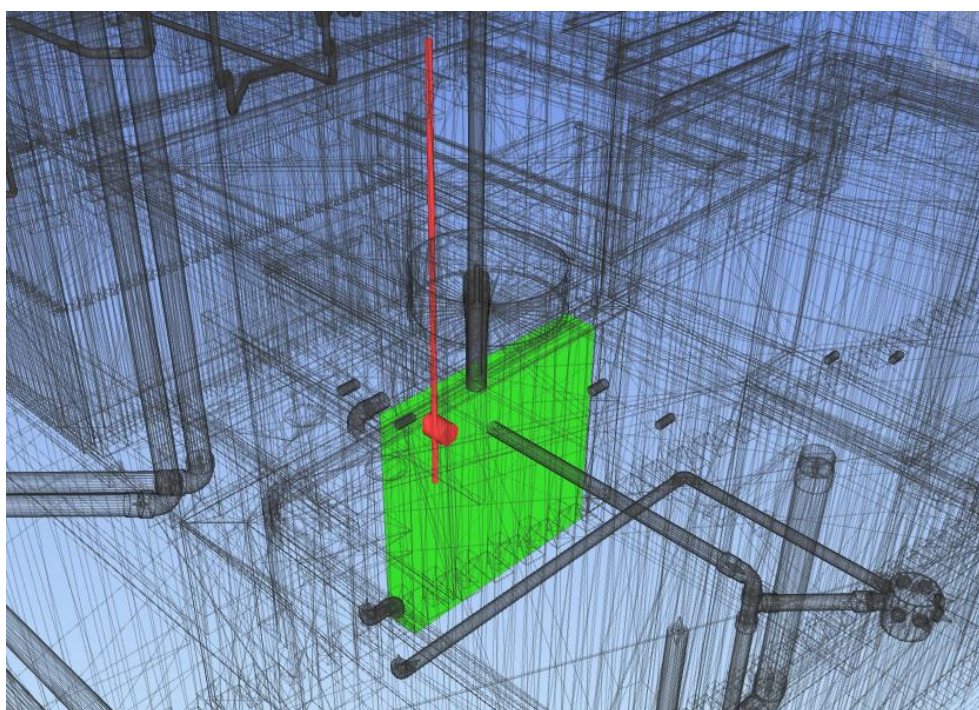
O projeto no qual foi feita a análise e compatibilização trata-se de um dos primeiros projetos que as empresas desenvolveram em plataforma BIM, assim apresentou muitas falhas de compatibilização, o que inviabilizou a análise detalhada de cada uma delas, além disso houve a informação de que a versão do projeto estrutural estava muito desatualizada em comparação a obra e isso se dá, devido à dificuldade inicial das empresas em utilizar programas pertencentes a família BIM. Considerando o número de incompatibilidades entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural, essa diferença entre versões é bem perceptível, pois como vimos anteriormente, há 2195 inconformidades entre as duas disciplinas.

Devido ao grande número de interferências entre projetos, não é possível analisar todas elas. Assim, analisou-se as falhas levando em conta, principalmente, as que tiveram interferências no andamento da obra.

4.2.1 Interferências entre Elétrico e Estrutural

As primeiras interferências analisadas são entre o projeto Elétrico e Estrutural, utilizando o software foi encontrado um total de 13 incompatibilidades, número pequeno em relação ao demais projetos. A primeira interferência está na Figura 26.

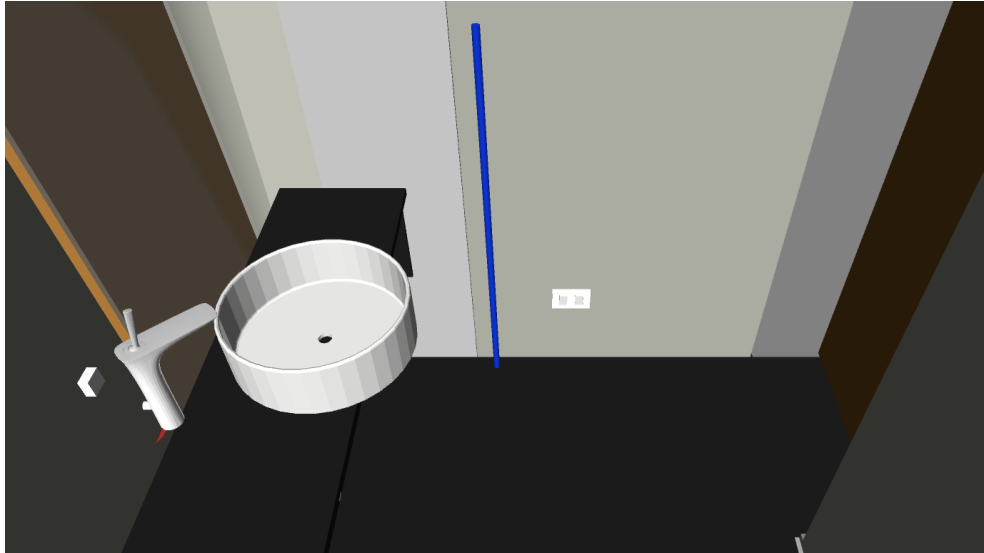
Figura 26– Interferência entre Elétrico e Estrutural



Fonte: Autor

Na figura, é possível ver um problema no qual o componente elétrico está dentro da estrutura de concreto, a Figura 27 mostra como está no projeto em um ângulo diferente.

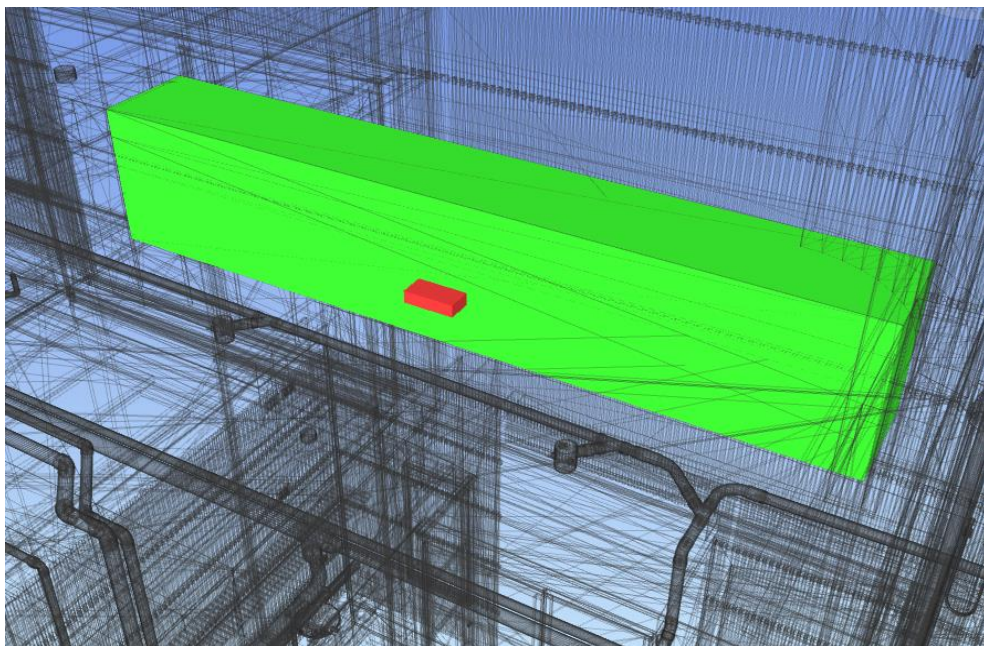
Figura 27– Interferência entre Elétrico e Estrutural



Fonte: Autor

Na Figura 27, em azul aparece o eletroduto que está marcando como problema na estrutura, as demais inconformidades entre projeto elétrico e estrutural também foram componentes elétricos localizados dentro da estrutura, conforme Figura 28.

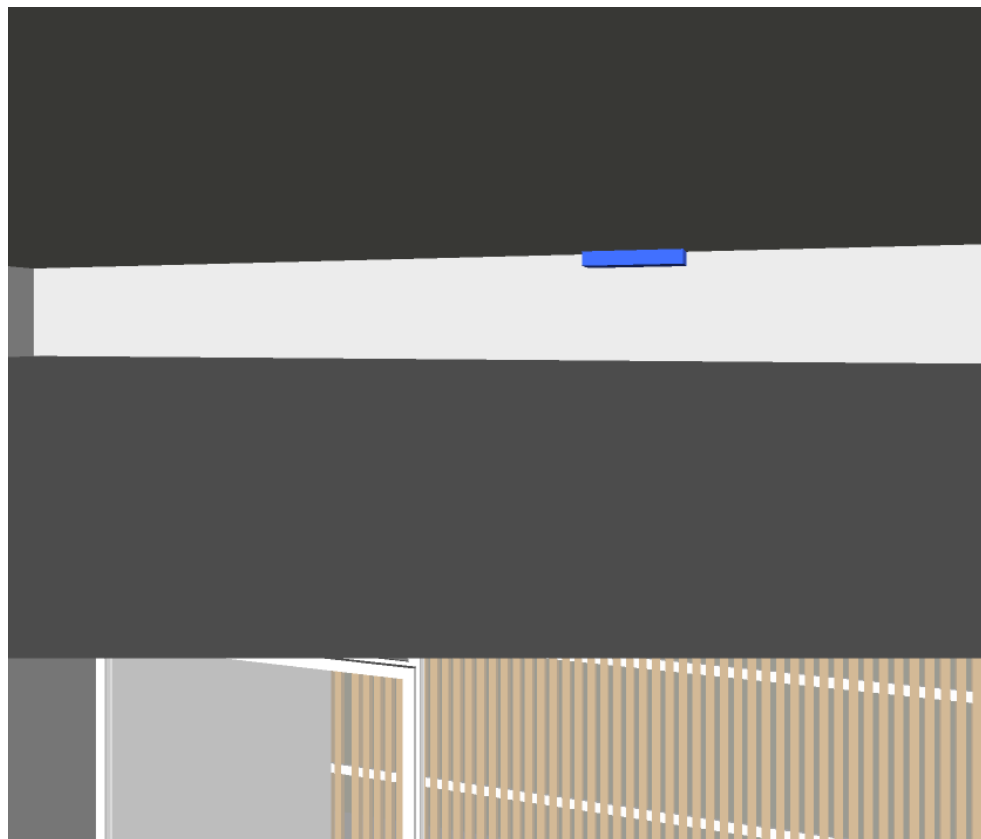
Figura 28– Interferência entre Elétrico e Estrutural



Fonte: Autor

A incompatibilidade na figura anterior está localizada no reservatório de água, conforme Figura 29.

Figura 29– Interferência entre Elétrico e Estrutural



Fonte: Autor

Na Figura 29, o componente está no meio da laje, um pouco acima do forro. Ao analisar todas as incompatibilidades listadas, é perceptível que nenhuma delas teve impacto realmente na execução da obra, são todos problemas de desenho ocasionados por inexperiência na utilização de programas pertencentes a família BIM e que foram solucionados na etapa de construção, sem gerar grandes preocupações.

Um problema real existente na execução da residência foi em relação a automação, os projetos de automação foram desenvolvidos depois da estrutura pronta, essas instalações foram feitas conforme era possível, dentro do que já estava executado. Se tal projeto tivesse sido desenvolvido junto com os demais, poderia ser compatibilizado e desenvolvido soluções melhores para sua execução.

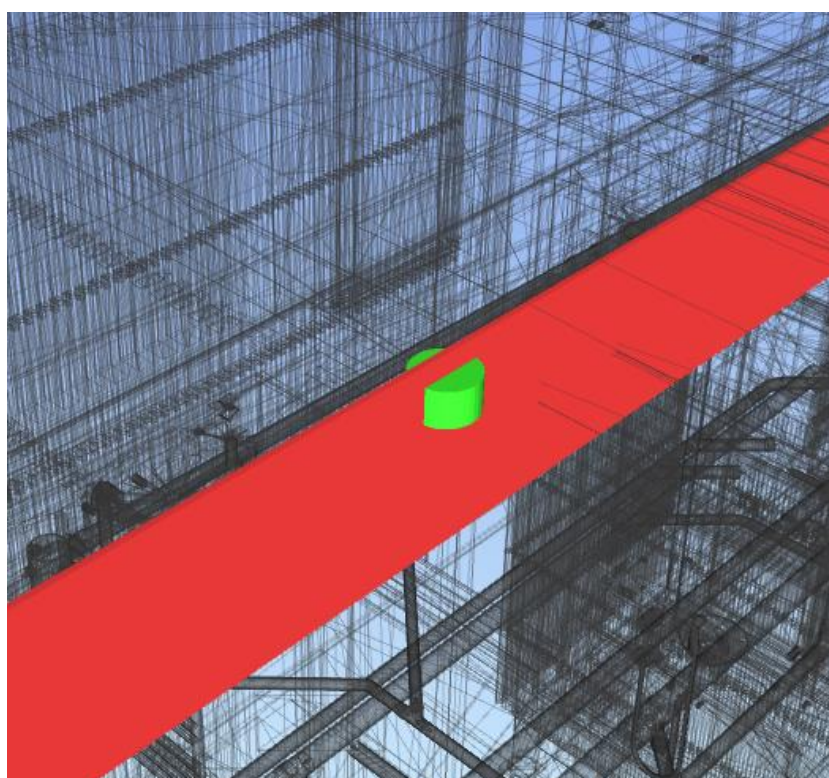
4.2.2 Interferências entre Elétrico e Hidrossanitário

Os Projetos elétricos e hidrossanitários não apresentaram nenhuma interferência entre eles, esse fato é realmente muito interessante, pois mostra que os projetistas tiveram cuidado ao traçar as redes elétricas e hidráulica de forma com que ambas não colidissem.

4.2.3 Interferências entre Executivo e Elétrico

Em seguida, as interferências a serem analisadas são do projeto Elétrico e executivo (arquitetônico), utilizando o software foi encontrado um total de 83 incompatibilidades. Dentre os problemas encontrados, pode-se observar o representado na Figura 30:

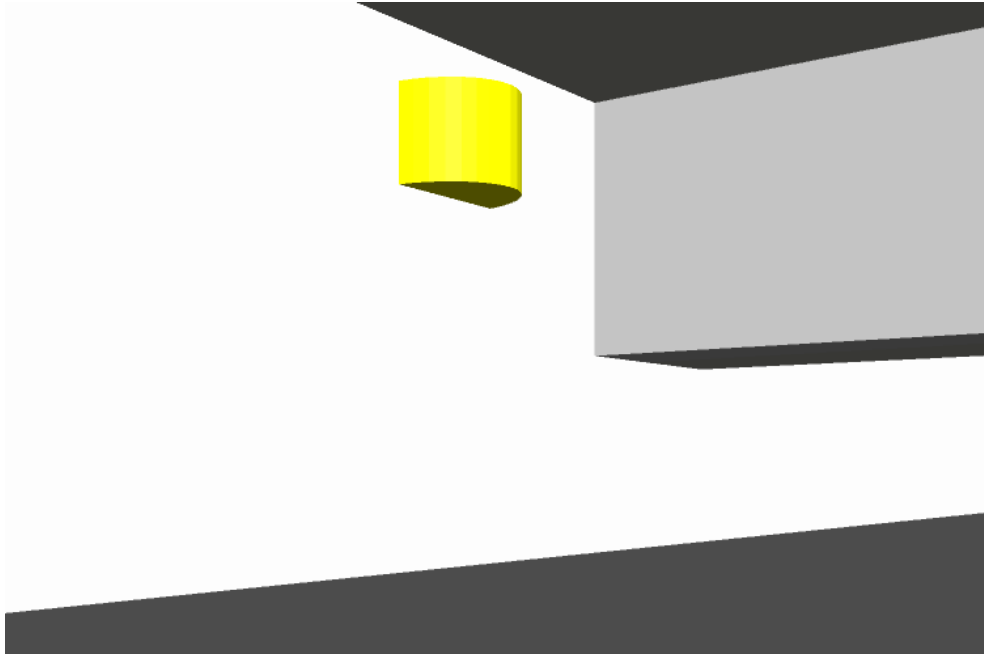
Figura 30– Interferência entre Executivo e elétrico



Fonte: Autor

Na sobreposição de projetos, uma caixinha ficou passando por dentro da parede, na Figura 31 é possível ver melhor como está em projeto.

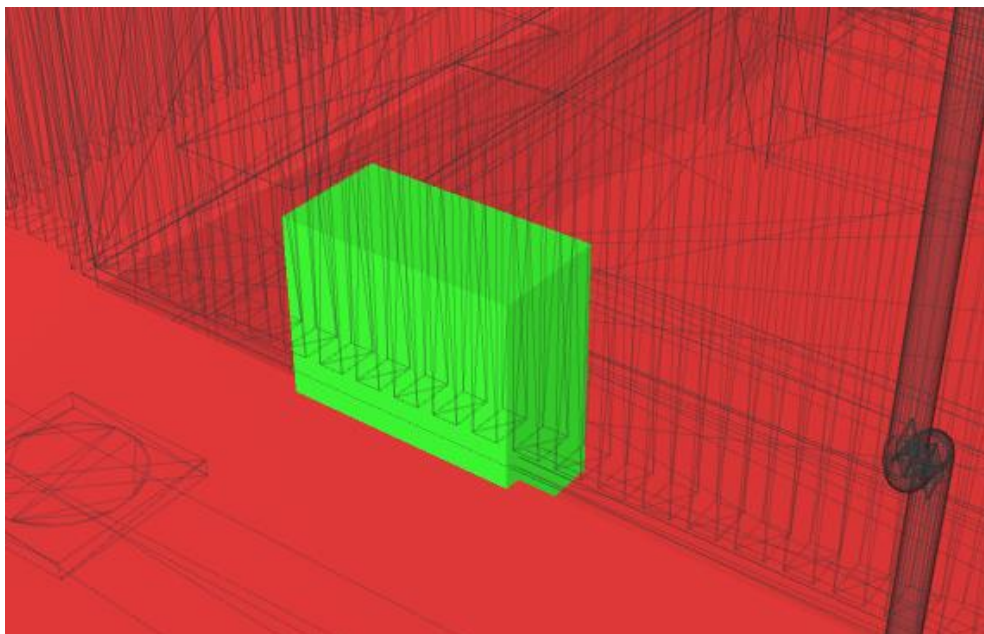
Figura 31– Interferência entre Executivo e elétrico



Fonte: Autor

Assim com outras incompatibilidades, essa não causa grandes problemas na obra e é facilmente resolvida no próprio canteiro. Já o problema na Figura 32 diz respeito à posição dos pontos de iluminação, principalmente os localizados no piso, no projeto elétrico esses pontos foram atribuídos sem muito cuidado, pois a especificação mais detalhada viria no projeto luminotécnico.

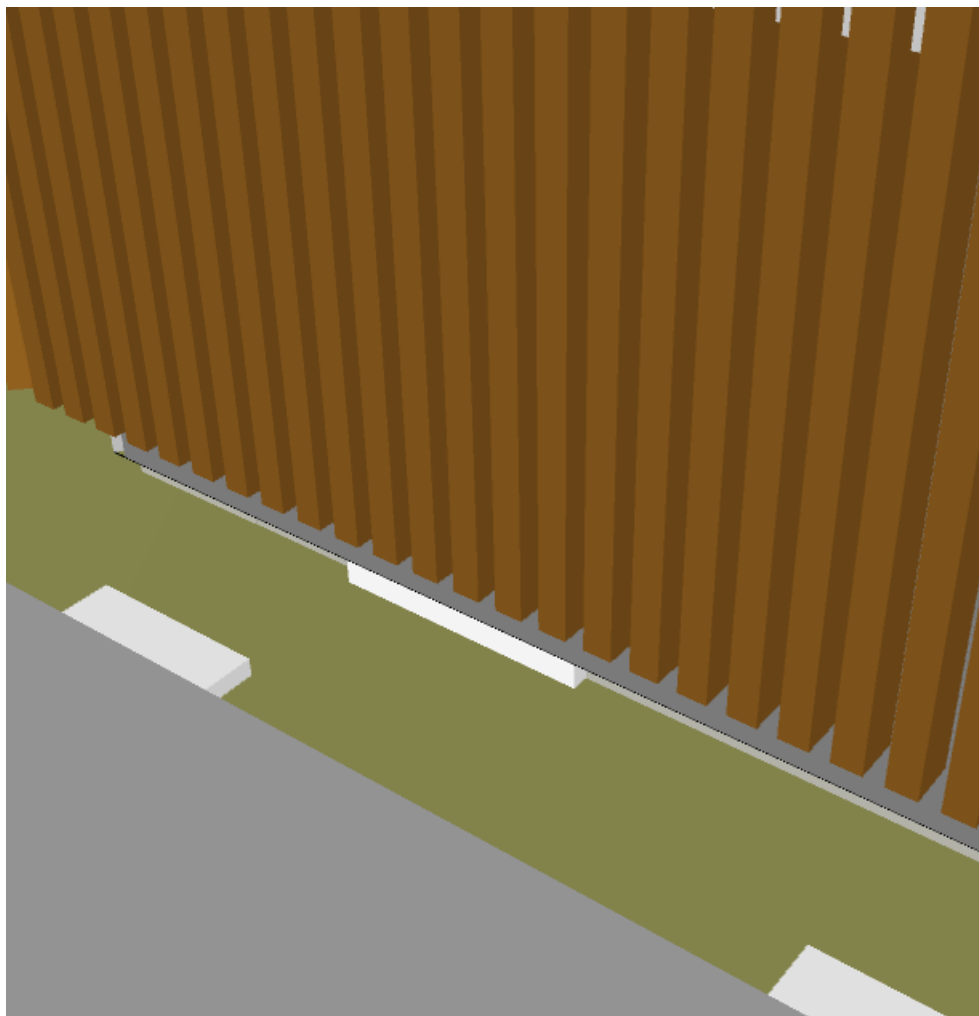
Figura 32– Interferência entre Executivo e elétrico



Fonte: Autor

Identificou-se esse elemento localizado dentro do brise-soleil sem qualquer motivo técnico, pode-se constatar na Figura 33, a seguir.

Figura 33– Interferência entre Executivo e elétrico



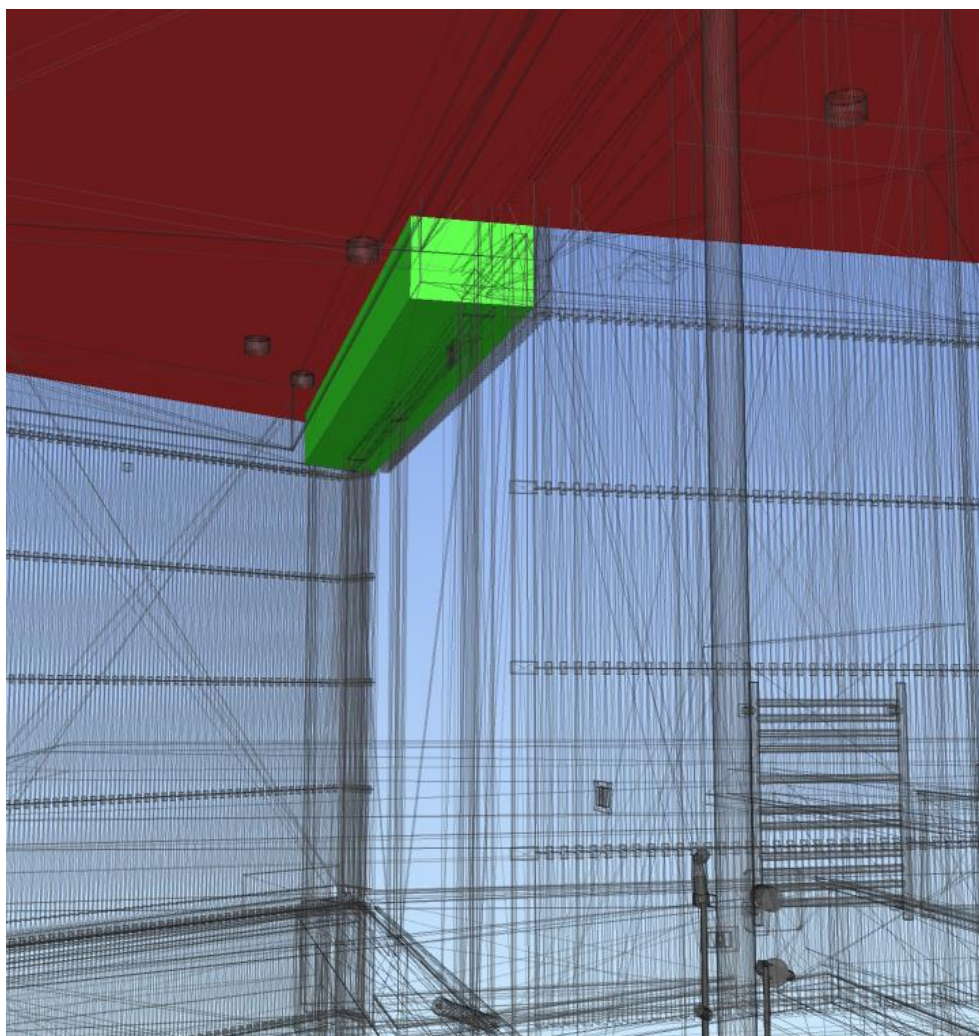
Fonte: Autor

Também existem pontos elétricos “perdidos”, realmente isso se mostrou problemático na obra, pois o projeto luminotécnico foi definido após a execução da estrutura de concreto e assim dificultando a execução, assim como outros projetos que também foram desenvolvidos após a estrutura, como aquecimento e sistema de ar-condicionado (já mencionado anteriormente), ambos desenvolvidos em softwares 2D que dificultam a compatibilização, a execução desses serviços foi bem complicada devido a estrutura já existente e causou muito retrabalho.

4.2.4 Interferências entre Executivo e Estrutural

Os projetos estruturais e arquitetônicos tiveram um total de 2195 interferências, como comentado anteriormente, isso aconteceu pelos projetos estruturais se encontrarem muito desatualizados em relação as versões disponibilizadas. Um erro que causou problemas principalmente com os negativos do forro foram as vigas, conforme Figura 34.

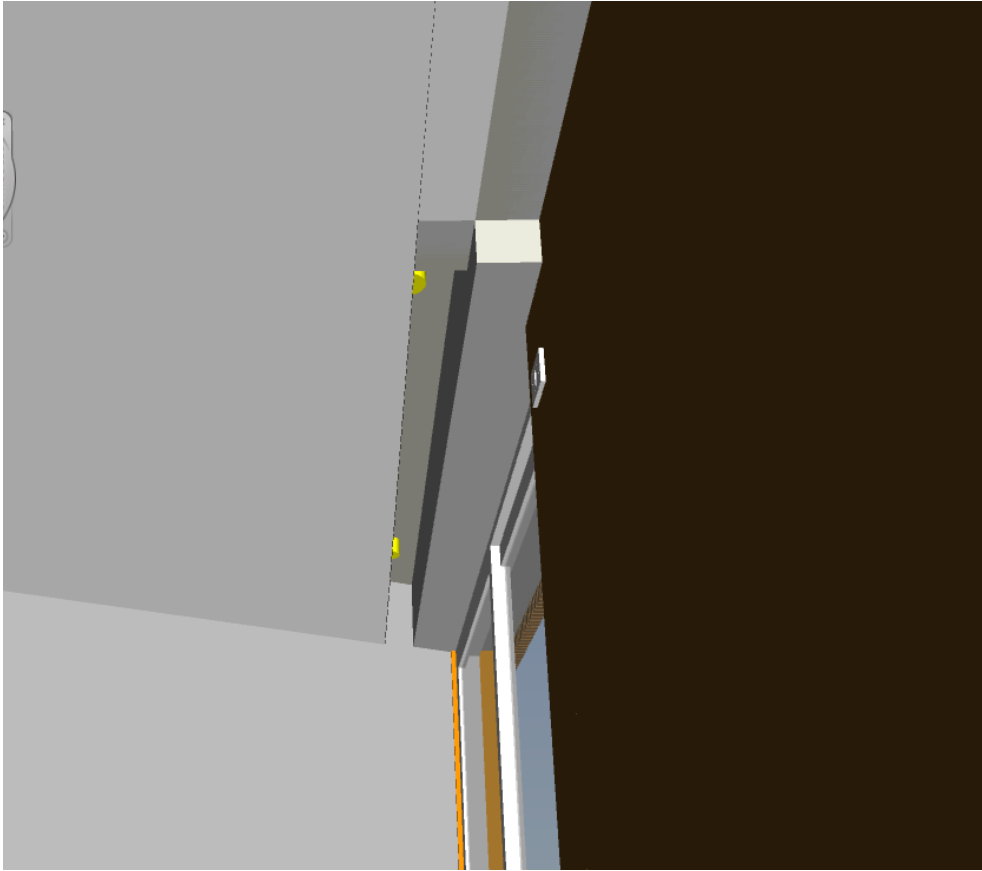
Figura 34– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

Na Figura 34 fica um pouco difícil de interpretar, mas existe um negativo no gesso que deveria estar em toda a extensão da parede, porém as vigas estão em desacordo, na figura 35 a seguir fica mais claro esse detalhe.

Figura 35– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

Aqui observamos melhor como elas estão em desacordo com o gesso, por fim a Figura 36 tirada da obra ilustra com mais exatidão a incompatibilidade.

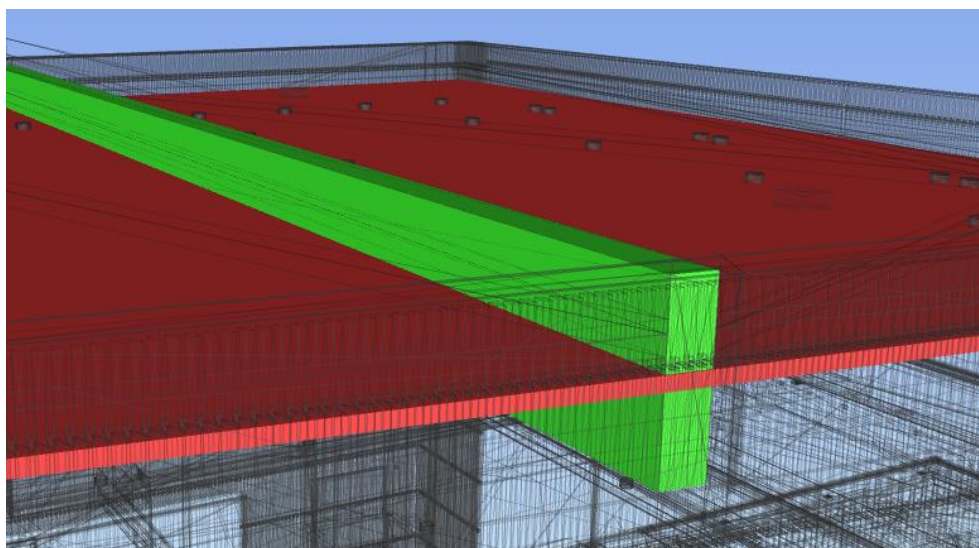
Figura 36– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Construtora

As vigas de cobertura se tornaram problemáticas principalmente pelo baixo pé direito, dificultando a execução do gesso, a figura 37 mostra outra forma que o projetista encontrou de manter o pé direito do pavimento superior conforme o projeto arquitetônico.

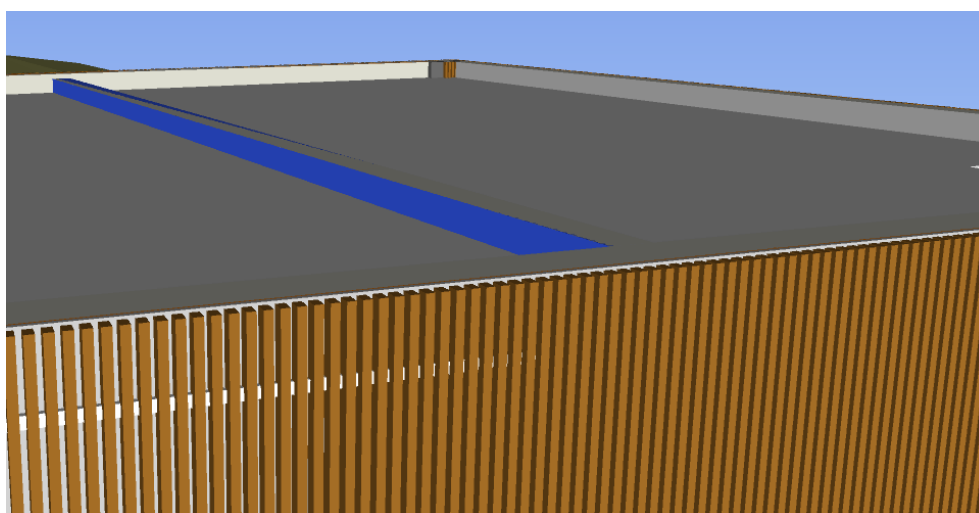
Figura 37– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

As vigas de cobertura foram divididas, sendo uma parte acima da laje e outra abaixo, tal solução foi muito positiva para o projeto arquitetônico e negativa para as instalações da obra, não era possível fazer furos nas vigas, pois a parte possível de furar era onde existe a maior concentração de ferros na estrutura de concreto armado, a Figura 38, mostra a viga no telhado.

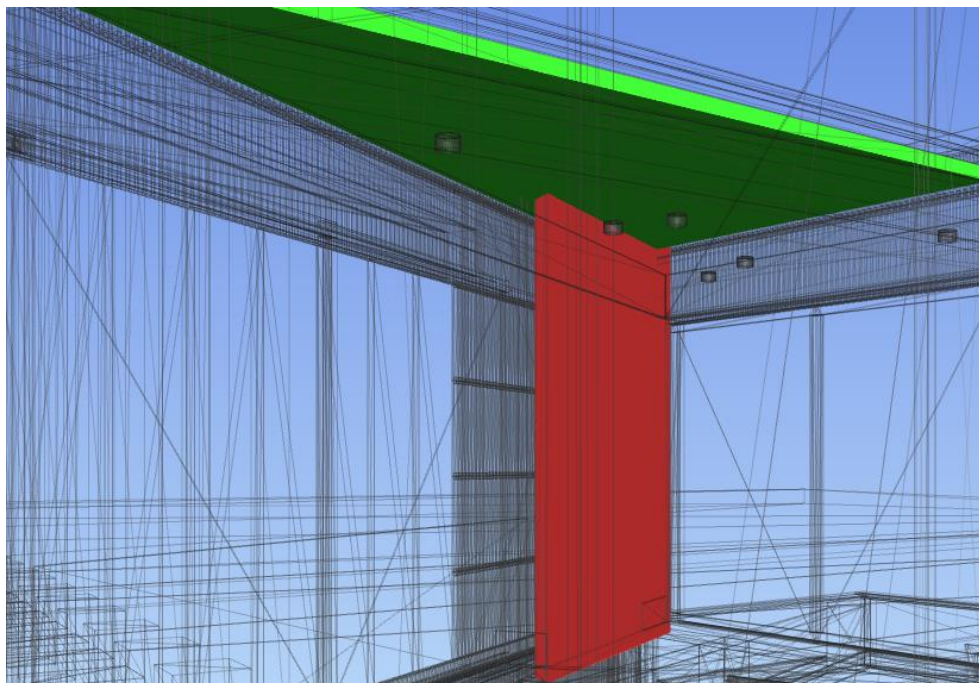
Figura 38– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

Aqui podemos ver arte da viga invertida na cobertura. O problema na Figura 39 está muito mais ligado com instalação da esquadria do que um problema estrutural.

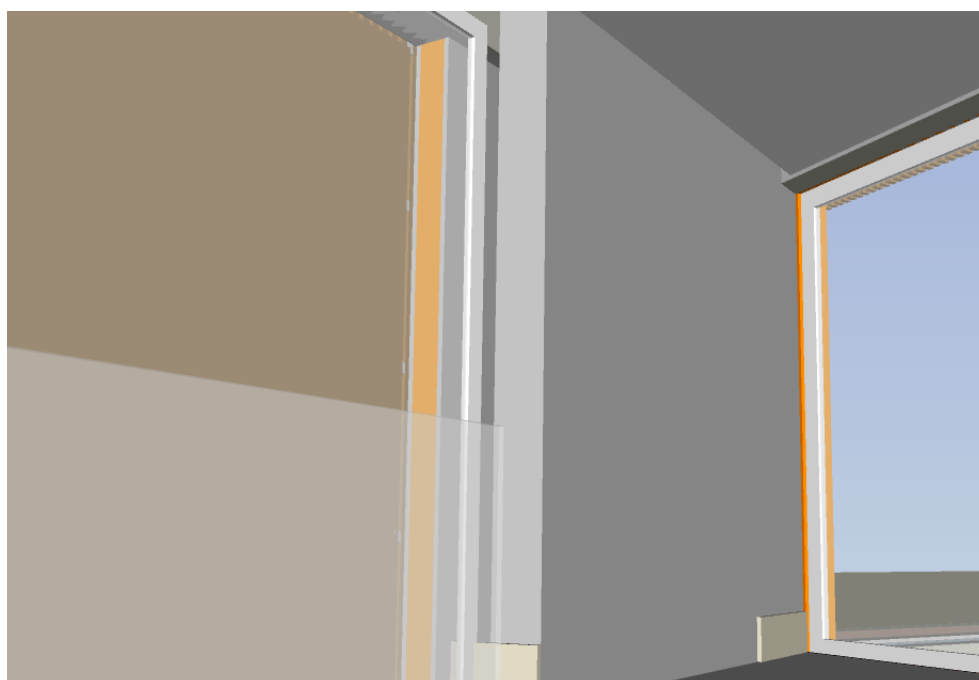
Figura 39– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

Já na figura 40, apresenta-se a esquadria posicionada entre as paredes.

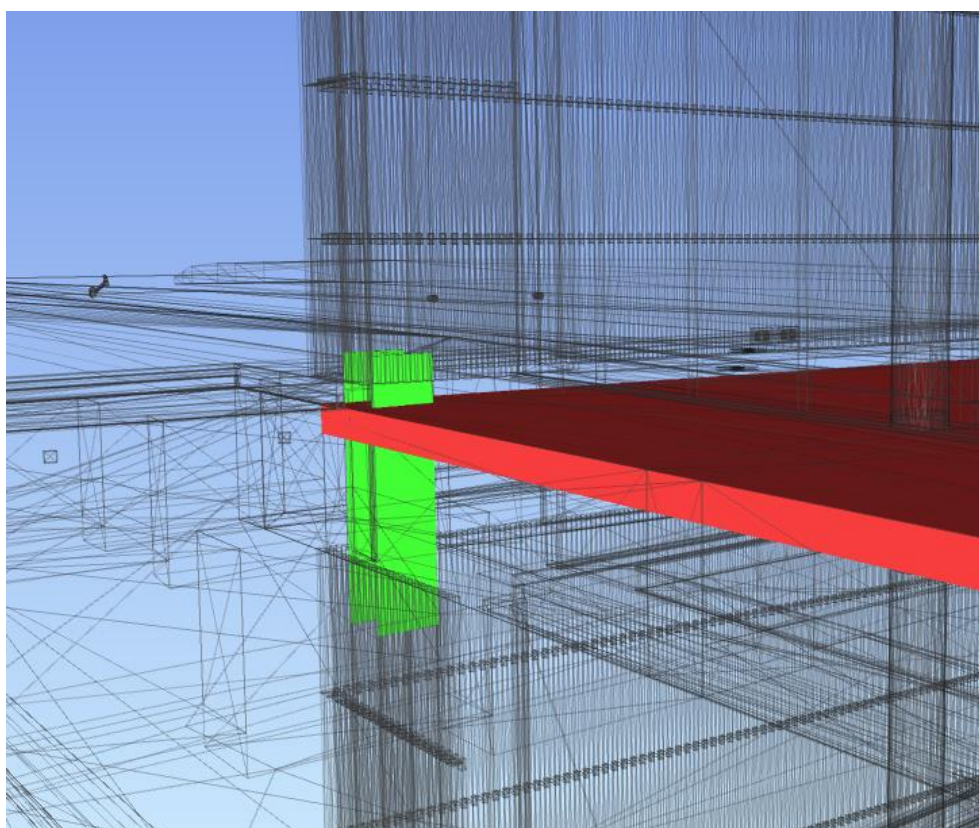
Figura 40– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

A colocação da esquadria com a parede de blocos de vedação se torna muito complicada, pois precisa entrar com a parte de correr entre as duas paredes, nesse caso foi necessário deixar a parede interna em gesso acartonado, tal etapa ainda não foi executada em obra. A falha em compatibilização apresentada nas figuras 39 e 40 deu-se, principalmente, pela altura da parede, acima do nível da viga, a Figura 41 apresenta o mesmo problema.

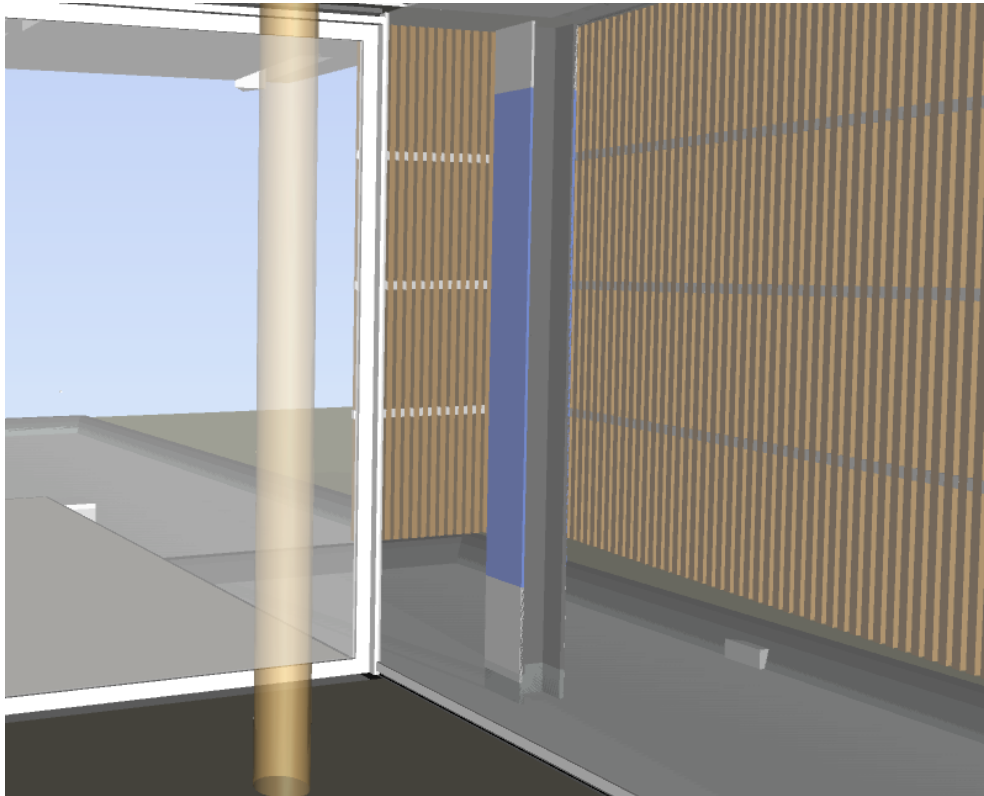
Figura 41– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

A estrutura metálica está acima do nível da laje, esse problema pode ocasionar erros na compra de material, como por exemplo a compra do pilar metálico com tamanho superior ao necessário, nesse caso a empresa teria que ir até a obra, cortar o perfil no local para poder executar a forma. O pilar metálico com tamanho maior do que o previsto pode ser resolvido facilmente, apesar de ter o custo da empresa fazer o corte no local, mas o problema seria muito maior se o pilar fosse mais baixo do que o necessário, nesse caso a solução seria tirar o pilar e colocar outro no local com tamanho correto. A Figura 42, mostra o pilar em no projeto arquitetônico, ele está em azul o observador está localizado na sala de estar da casa, ao lado dele tem o duto da lareira que não foi detalhado.

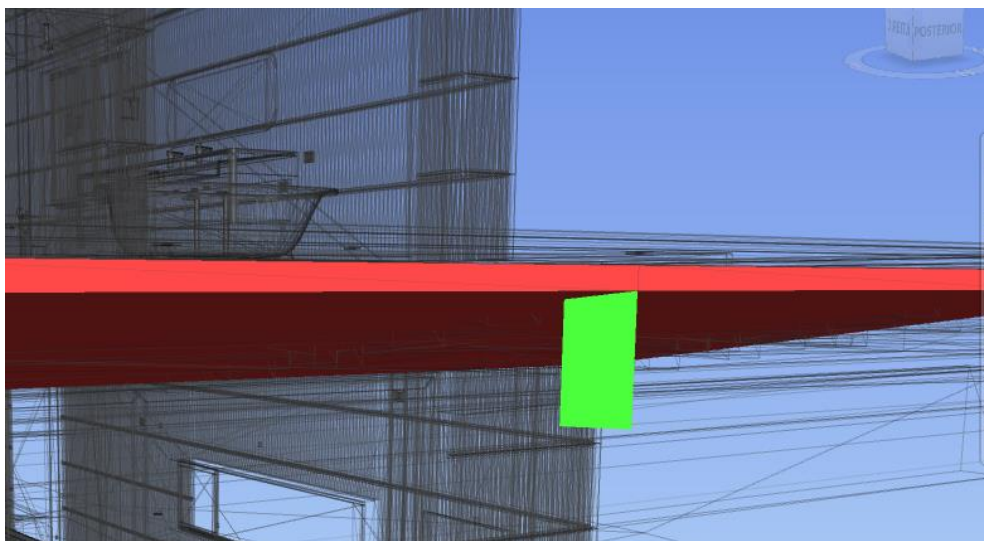
Figura 42– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

Como descrito anteriormente, por essa imagem fica visível o pilar metálico de dentro da residência. Por fim, a maioria das incompatibilidades ocorreram pelas versões desatualizadas de projeto, por exemplo as estruturas em ângulo no projeto arquitetônicos estavam erradas no projeto estrutural, conforme Figura 43.

Figura 43– Interferência entre Executivo e Estrutural



Fonte: Autor

Aqui a viga está abaixo do nível da laje inclinada. Tal detalhe fica mais visível na Figura 44 sem o clash detective.

Figura 44– Interferência entre Executivo e Estrutural



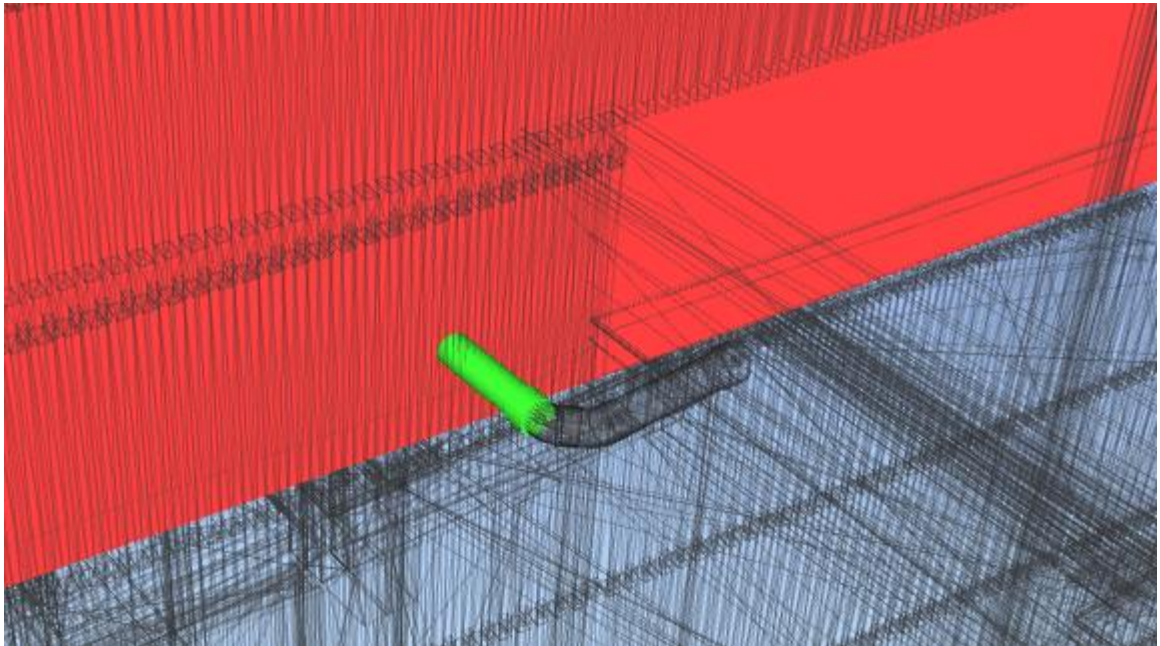
Fonte: Autor

Apesar do número impressionante de incompatibilidades entre projetos, elas não tiveram grande impacto, exceto as vigas do pavimento de cobertura, porém elas foram executadas dentro do padrão proposto pelo projeto arquitetônico, assim a falha principal ocorreu porque durante o projeto arquitetônico, os profissionais não se preocuparam com a passagem de tubulações pela parte superior da laje.

4.2.5 Interferências entre Executivo e Hidrossanitário

A ferramenta Clash detective identificou 376 incompatibilidades entre os projetos arquitetônicos e hidrossanitários, a grande maioria desses problemas eram referentes a canos passando por paredes ou estruturas e não levam problemas reais a obra, existem problemas maiores referentes a falhas de projeto que afetaram e muito o projeto hidrossanitário. A primeira divergência é uma falha na localização de um cano na floreira, conforme figura 45.

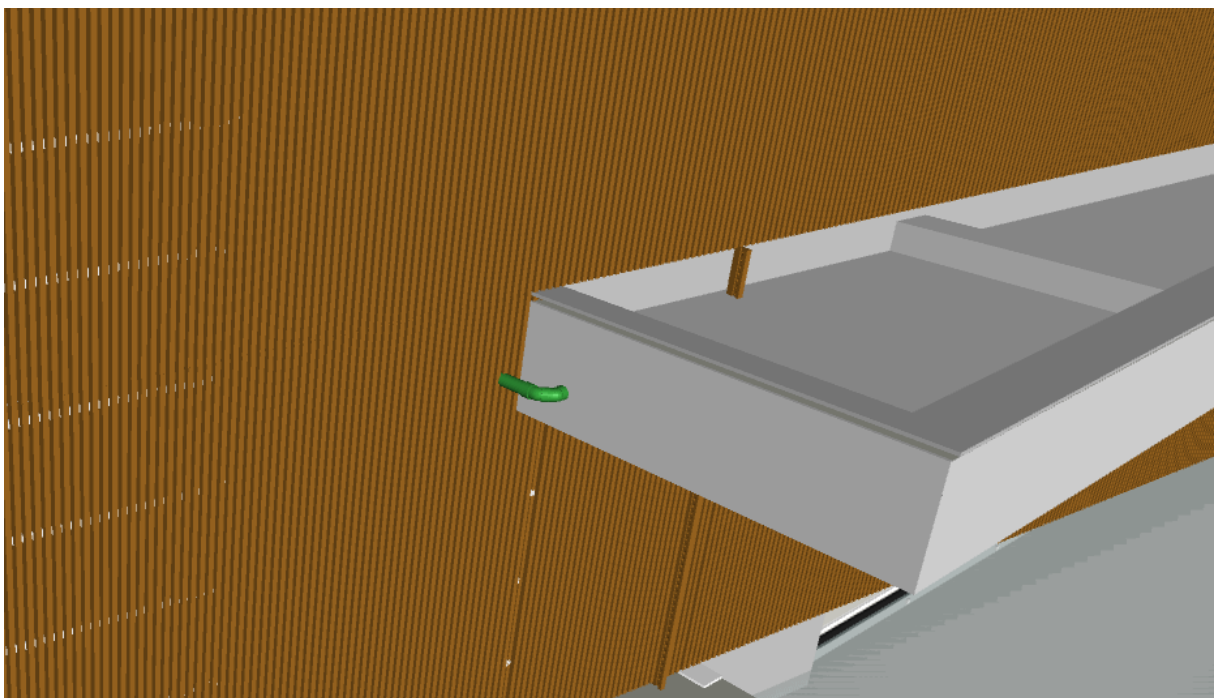
Figura 45– Interferência entre Executivo e Hidrossanitário



Fonte: Autor

Na Figura 45, parece que a tubulação só está passando por dentro da parede como muitas outras incompatibilidades apresentadas, mas quando olha com mais cuidado na Figura 46, é possível visualizar o verdadeiro erro.

Figura 46– Interferência entre Executivo e Hidrossanitário

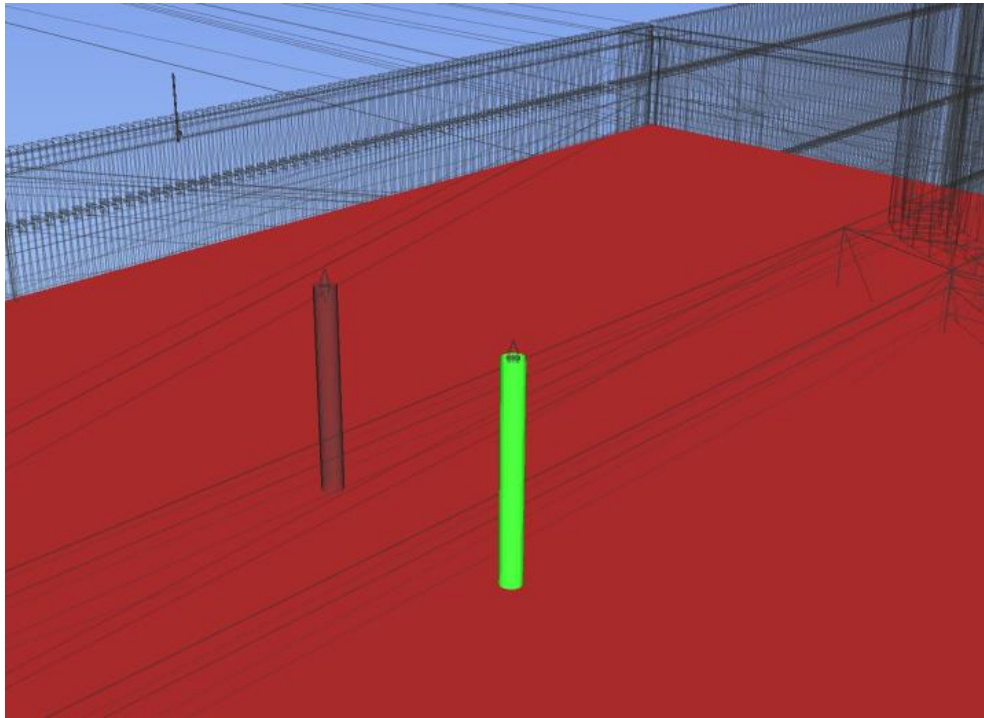


Fonte: Autor

A incompatibilidade é simples de resolver, assim como muitas outras constatadas e foi facilmente resolvida na obra.

A incompatibilidade na Figura 47 parece simples, mas olhando em um panorama global, o problema afeta o projeto como um todo.

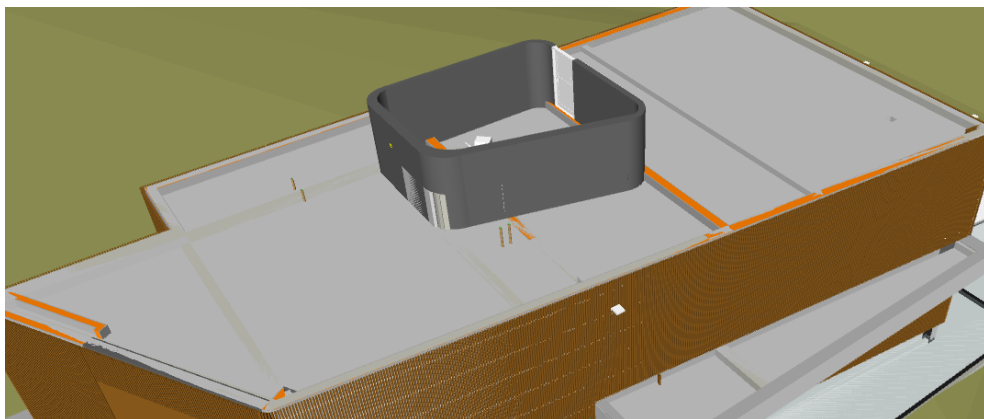
Figura 47– Interferência entre Executivo e Hidrossanitário



Fonte: Autor

A incompatibilidade é simplesmente um cano da descida pluvial da cobertura que está passando pela laje, porém quando se olha o telhado inteiro na Figura 48, outros problemas ficam amostra.

Figura 48– Interferência entre Executivo e Hidrossanitário



Fonte: Autor

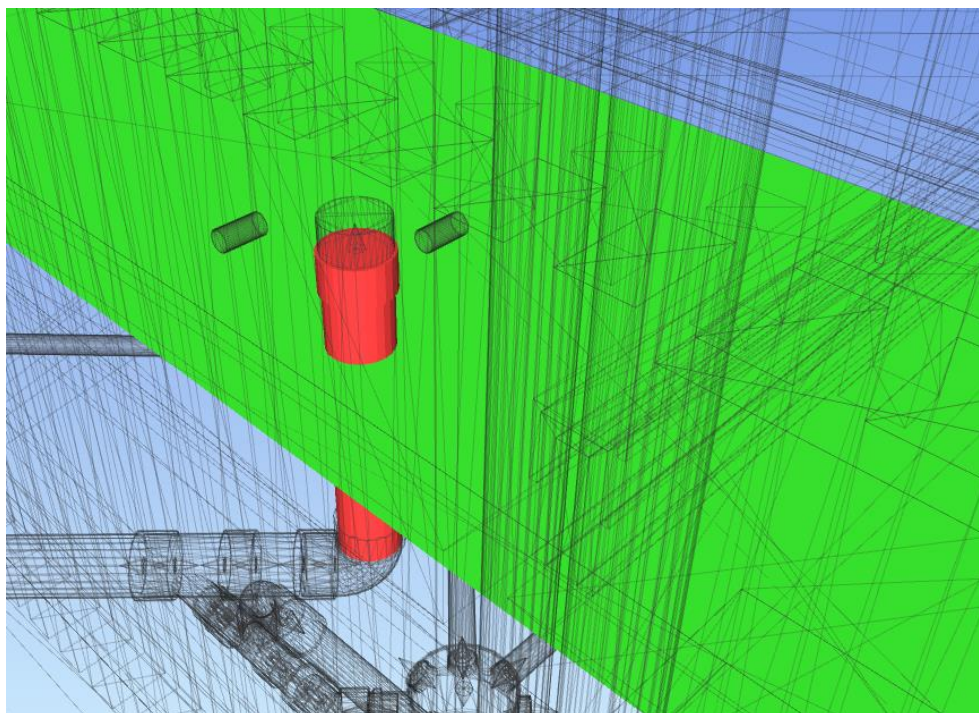
Observando atentamente a figura 47, está visível apenas algumas decidas pluviais na laje, existem 3 lajes com vigas invertidas que não tem ralos ou canos para a água da chuva, pelo projeto a água naqueles pontos não seria drenada do telhado. Uma solução simples seria furar as lajes e fazer passagens com caimento para os ralos, porque o projeto hidrossanitário não contemplava shafts suficientes para todas essas decidas. Porém, a forma que a vigas foram feitas, dificulta a furação delas, como falado anteriormente.

A solução para esse problema foi a criação de mais ralos de descida, mudando severamente o projeto hidrossanitário para adequar os caimentos com o pouco espaço devido ao pé direito reduzido e a furação de algumas vigas menos carregadas em locais que não afetariam a estrutura.

4.2.6 Interferências entre Hidrossanitário e Estrutural

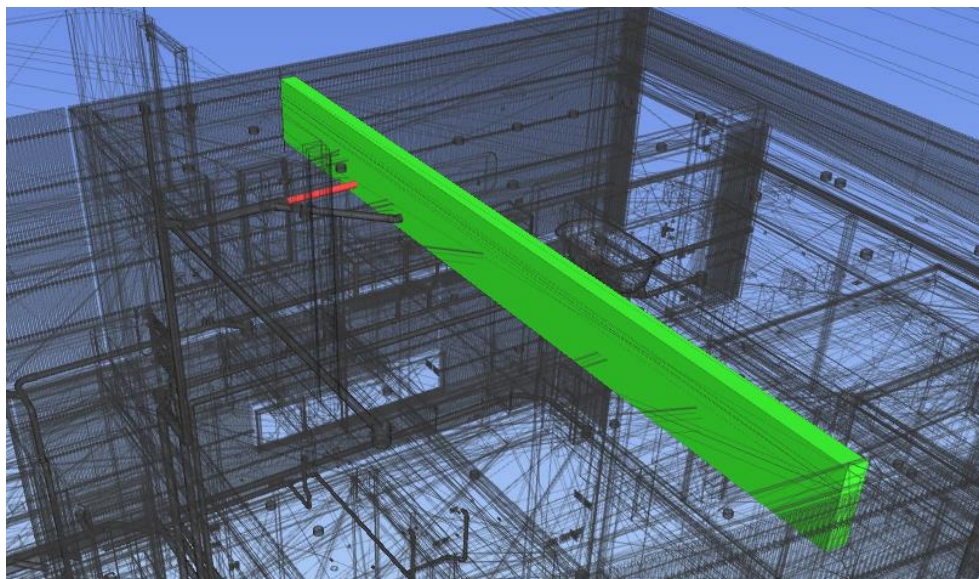
A ferramenta encontrou 151 incompatibilidades entre os projetos estrutural e hidrossanitários, todos eles são devido a passagens de tubulações por lajes e vigas. A Figura 49 e 50 representam algumas dessas incompatibilidades.

Figura 49 – Interferência entre estrutural e Hidrossanitário



Fonte: Autor

Figura 50– Interferência entre estrutural e Hidrossanitário



Fonte: Autor

As incompatibilidades nesse caso foram resolvidas com as mudanças no projeto hidrossanitário devido aos problemas citados anteriormente, porém o processo de compatibilização se mostra muito interessante para o engenheiro calculista responsável pelo projeto estrutural, pois utilizando essa ferramenta é possível identificar todos os pontos de vigas e lajes que serão furados e com isso calcular os reforços necessários na estrutura.

4.3 ANÁLISE DAS ROTINAS DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROJETOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Ao final da etapa de análise de incompatibilidades, pode-se observar diferenças significativas entre as falhas de projeto que o programa Navisworks consegue visualizar e as falhas que ele não consegue. As falhas decorrentes de problemas de execução e falta de projetos não são apresentadas pelo programa e isso acaba dificultando muito a análise das incompatibilidades, já as falhas recorrentes do projeto arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário são mais fáceis de visualizar. O que é possível avaliar com esse trabalho é que se todos os projetos complementares, todas as soluções e propostas arquitetônicas estivessem bem definidas desde o início da obra e todas fossem desenvolvidas em programas pertencentes à família BIM, seria possível abrir as plantas e fazer uma compatibilização muito mais eficiente.

A seguir, apresenta-se o Quadro 2, com os principais problemas encontrados durante o processo de compatibilização e de qual forma os erros foram descobertos.

Quadro 2 – Levantamento de incompatibilidades

Encontradas sem o software	Encontradas com o software
Espaços estreitos para passagens de tubulações nas paredes;	Redes elétricas disponibilizadas de forma equivocada e interferindo nos demais projetos;
Problemas na execução da impermeabilização;	Redes hidrossanitárias disponibilizadas de forma equivocada e interferindo nos demais projetos;
Problemas com a instalação de redes e máquinas do sistema de ar-condicionado;	Projetos estruturais e arquitetônicos desenvolvendo parte da estrutura em duplicata;
Estrutura metálica da escada;	Vigas em desconformidade com forro de gesso;
Revestimento amadeirado da escada;	Estrutura metálica com tamanho superior ao necessário;
Iluminação na rampa de acesso de pedestres;	Laje inclinada no projeto arquitetônico e projeto estrutural em desacordo
Estrutura de fixação do brise-soleil;	Cano do sistema de água passando na por fora da casa;
Vigas metálica para instalação de brise-soleil.	Mudança em todo o projeto hidrossanitário devido a falhas em projeto que inviabilizaram a execução.

Fonte: Autor

O Quadro 2 resume as principais incompatibilidades encontradas utilizando o software e as incompatibilidades sem a utilização do software. As falhas encontradas utilizando o Navisworks poderiam ser corrigidas em projeto e, refeita a compatibilização até que todas as incompatibilidades estivessem sanadas, porém todas as falhas de projetos descritas foram resolvidas na obra. Em sequência, o Quadro 3 apresenta soluções viáveis para solucionar as incompatibilidades na fase de elaboração de projetos.

Quadro 3 – Soluções possíveis das incompatibilidades

Espaços estreitos para passagens de tubulações nas paredes;	A solução nesse caso seria a criação de mais shafts no projeto para a passagem de canos, canos de esgoto cloacal e pluvial têm diâmetros elevados para serem passados por uma parede simples de alvenaria.
Problemas na execução da impermeabilização;	Aqui houve a falta de um projeto de impermeabilização, o projeto foi desenvolvido posteriormente a partir do pedido da instituição financeira que financiou a obra.
Problemas com a instalação de redes e máquinas do sistema de ar-condicionado;	Novamente o problema de falta de projetos, o projeto de climatização só foi desenvolvido após a conclusão de toda a estrutura. Durante a etapa de projetos, o projetista se preocupou em manter um pé direto baixo, sem analisar o tamanho das máquinas de ar-condicionado e as passagens de tubulações.
Estrutura metálica da escada;	A estrutura metálica poderia ter sido previamente calculada pelo engenheiro responsável pelo projeto estrutural e detalhado futuramente pela empresa especializada em estruturas metálicas.
Revestimento amadeirado da escada;	Com o estudo prévio da estrutura metálica, o tipo de revestimento também poderia ser analisado com mais calma pelo escritório de arquitetura e teria tempo de consultar profissionais sobre a viabilidade construtiva.
Iluminação na rampa de acesso de pedestres;	O projeto luminotécnico não foi desenvolvido pelo escritório de

	<p>arquitetura e sim pelo fornecedor de luminárias, assim o projeto só foi desenvolvido após a compra das luminárias. O projeto luminotécnico deve ser elaborado em conjunto com o projeto elétrico criando soluções melhores e mitigando erros.</p>
<p>Estrutura de fixação do brise-soleil;</p>	<p>O escritório desenvolveu o projeto de esquadrias considerando os brise-soleil, porém não fizeram consultas técnicas com as empresas especializadas, também existe uma falta de conhecimento sobre as condições ambientais do local onde a obra foi executada, dentro do condomínio há uma elevada carga de vento que deve ser considerada nas estruturas.</p>
<p>Vigas metálica para instalação de brise-soleil;</p>	<p>As vigas metálicas para fixação dos brise-soleil foram dimensionadas com a estrutura completamente pronta e afetaram o projeto arquitetônico, se fosse desenvolvido essas vigas junto ao projeto arquitetônico, poderiam ter encontrado maneiras de esconder ou diminuir o impacto visual da estrutura.</p>
<p>Redes elétricas disponibilizadas de forma equivocada e interferindo nos demais projetos;</p>	<p>Nesse caso, utilizando ferramentas de compatibilização seria possível ver e resolver os problemas citados nesse estudo.</p>
<p>Redes hidrossanitárias disponibilizadas de forma equivocada e interferindo nos demais projetos;</p>	<p>Nesse caso também, utilizando ferramentas de compatibilização seria possível ver e resolver os problemas citados nesse estudo.</p>

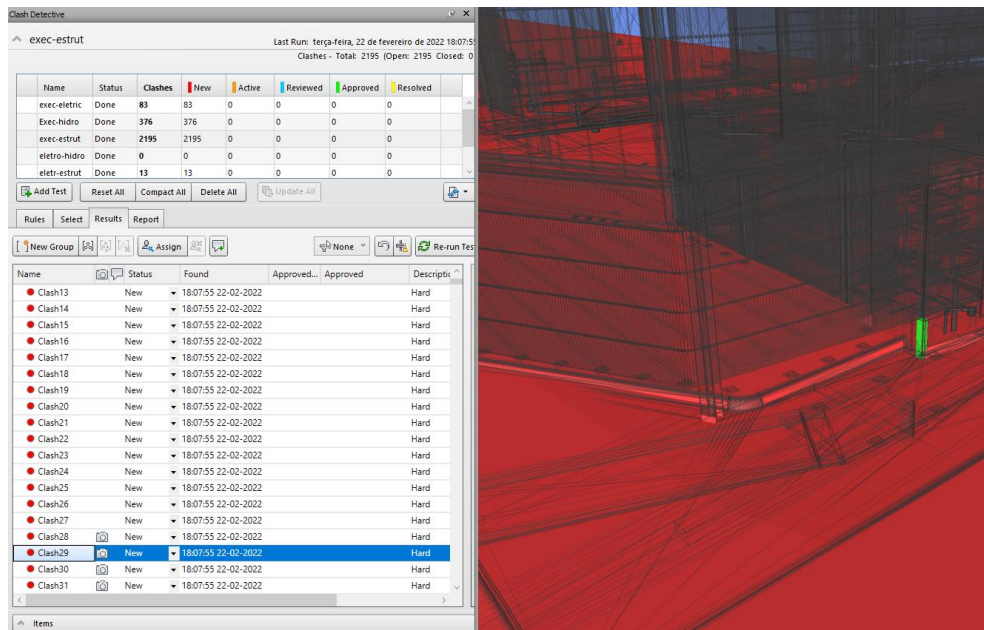
Projetos estruturais e arquitetônicos desenvolvendo parte da estrutura em duplicata;	Como comentado anteriormente, o profissional responsável pelo projeto estrutural ainda estava implementando a utilização de softwares pertencentes a família BIM.
Vigas em desconformidade com forro de gesso;	Nesse caso também, utilizando ferramentas de compatibilização seria possível ver e resolver os problemas citados nesse estudo.
Estrutura metálica com tamanho superior ao necessário;	Nesse caso também, utilizando ferramentas de compatibilização seria possível ver e resolver os problemas citados nesse estudo.
Laje inclinada no projeto arquitetônico e projeto estrutural em desacordo	Novamente aqui existe a falta de familiarização do projetista com o software
Cano do sistema de água passando na por fora da casa;	Nesse caso também, utilizando ferramentas de compatibilização seria possível ver e resolver os problemas citados nesse estudo.
Mudança em todo o projeto hidrossanitário devido a falhas em projeto que inviabilizaram a execução.	Nesse caso também, utilizando ferramentas de compatibilização seria possível ver e resolver os problemas citados nesse estudo.

Fonte: Autor

O Quadro 3 apresenta soluções possíveis e que, na maioria desses problemas, seriam facilmente corrigidos utilizando o software e em alguns casos seriam necessários elaborar projetos específicos consultando profissionais especialistas. Além disso é possível notar que o processo de compatibilização não é perfeito, ela gerou muitos conflitos entre o projeto estrutural e arquitetônico, pois algumas vezes os pisos e paredes são repetidos nas duas disciplinas, na etapa de compatibilização esse detalhe não é tão problemático quanto na parte de orçamentos. Apesar de não ser a proposta do estudo, é válido lembrar que itens repetidos em projetos acabam

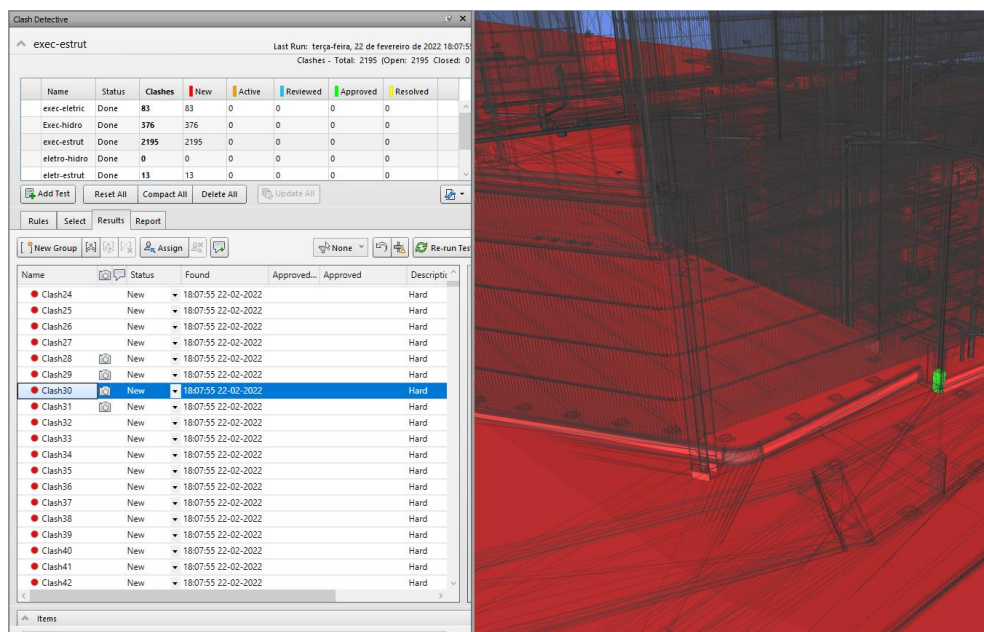
afetando a lista de materiais geradas automaticamente pelo programa, afeta os orçamentos com quantidade de trabalho maior que a necessária e afeta também o cronograma da obra que está considerando prazos maiores para execução de estruturas repetidas. Nas figuras 51, 52 e 53, pode-se a identificação de três falhas diferentes no mesmo lugar.

Figura 51- Clash 29



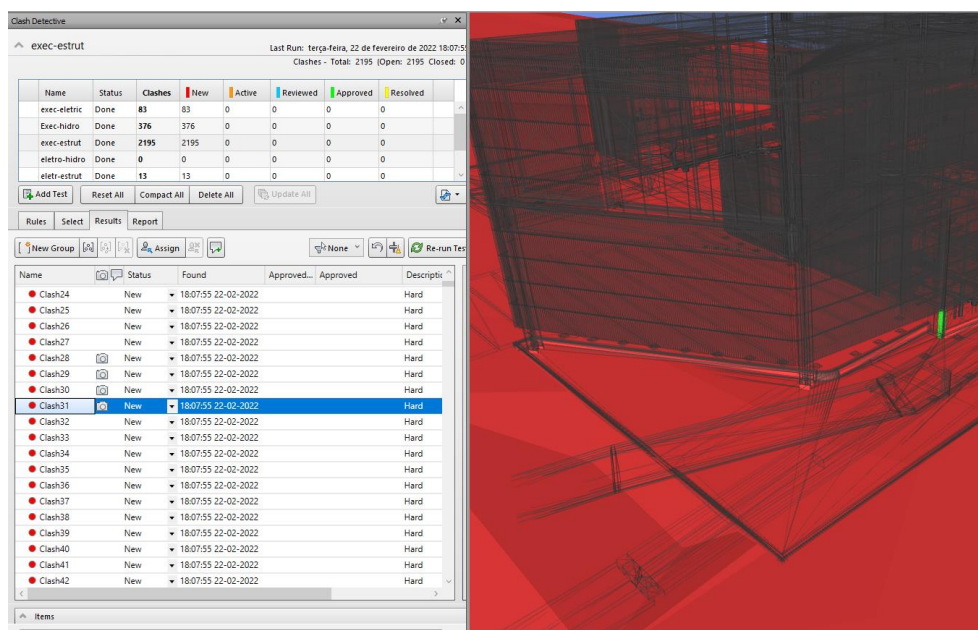
Fonte: Autor

Figura 52 - Clash 30



Fonte: Autor

Figura 53 - Clash 31



Fonte: Autor

As imagens mostram falhas entre o projeto estrutural e arquitetônico de forma repetida nos Clash 29, 30 e 31. Ainda, em relação ao projeto estrutural, a compatibilização se mostrou muito eficiente para apresentar os pontos onde passavam redes elétricas e hidrossanitários pela estrutura, pois o engenheiro calculista já poderia deixar previsto essas passagens no cálculo das armaduras da estrutura, como foi apresentado anteriormente as vigas no pavimento da cobertura foram projetadas de forma que não era possível perfurá-las e gerou problemas com a passagem de encanamentos.

Além dos pontos citados anteriormente, também existe a questão financeira da obra, os custos gerados pelo retrabalho que é muito difícil de mensurar, os custos em estruturas metálicas necessárias, custos de retrabalho no gesso que ultrapassaram aproximadamente 30% do valor inicial orçado. A escada é o item que mais sofreu reajuste em valores devido as soluções durante a execução da obra, o valor de serviço e mão de obra dobrou em relação a proposta inicial. Por pedido do proprietário, não foram disponibilizados os valores investidos na construção, para demonstrar o aumento em custos de empreendimento devido à falta de compatibilização desses itens.

Por fim, a conclusão é que a compatibilização tem um efeito positivo na obra como um todo e a partir dela é possível criar muitas soluções benéficas ao projeto, mas para ela ser mais eficiente, é necessário a colaboração de todos os envolvidos

com o projeto, para executá-los utilizando programas pertencentes a família BIM e buscar solucionar todas as divergências antes de iniciar a obra.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho de conclusão teve como objetivo demonstrar particularidades decorrentes da realização de rotinas de compatibilização de projetos, analisando os processos construtivos de uma edificação de alto padrão de acabamento e levantando falhas e incompatibilidades presentes no projeto arquitetônico e projetos complementares, com o objetivo de avaliar as consequências da compatibilização e da falta dela.

O processo de compatibilização foi desenvolvido em três etapas distintas, a primeira sendo uma análise das interferências encontradas durante a etapa de construção, mas que não são visíveis nos softwares de compatibilização. Isso ocorre pelo fato desses problemas serem construtivos, assim esses detalhes de projetos não eram tecnicamente possíveis de serem executado e foi necessário tomar medidas durante a execução da obra. A segunda etapa foi a compatibilização utilizando a ferramenta clash detective do software Navisworks e o levantamento de algumas das principais incompatibilidades entre projetos e a análise das falhas e como poderiam ser corrigidas na fase de projetos e das medidas tomadas em obra para possibilitar a execução. A terceira e última etapa foi a análise da compatibilização feita, avaliando a importância da etapa durante o projeto e execução da obra.

As interferências e falhas de projeto analisadas durante a construção foram de natureza técnica e devido a projetos complementares desenvolvidos e alterados durante a execução da obra, além de alguns estarem em formato incompatível a tecnologia BIM. Problemas como falta de espaço físico, com etapas e técnicas adequadas de construção e falta de estrutura para fixação e sustentação de elementos foram os grandes problemas a serem resolvidos em obra.

Por ocasião das rotinas de compatibilização utilizando-se o software Navisworks ocorreram alguns problemas devido ao fato desse ser um dos primeiros projetos desenvolvidos com a tecnologia BIM e, por esses motivos, foram encontrados muito erros, no total foram 2818 incompatibilidades encontradas durante os seis testes realizados, sendo que os projetos arquitetônicos e estruturais tiveram 77,9% dessas incompatibilidades e isso ocorreu devido a inexperiência dos projetistas. Também foi perceptível que o programa mostra algumas falhas de forma repetida ou que não afetam severamente o projeto, tornando assim o número de incompatibilidades que

afetaram de alguma forma a execução muito inferior ao número encontrado utilizando o software.

A análise sobre a compatibilização e sobre as inconformidades não detectadas pelo software demonstra que a ferramenta apesar de extremamente útil, não é perfeita e que necessita de profissionais qualificados para utilizá-la. Durante a análise também fica perceptível que quanto mais definições e detalhamentos do projeto forem desenvolvidos e solucionados antes da execução da obra, melhor será a compatibilização e conseqüentemente um menor número de problemas a serem solucionados durante sua execução.

Por fim, constata-se que existem falhas em todos os projetos, até mesmo aqueles desenvolvidos por profissionais com grande experiência na sua área de atuação (como o projeto analisado nesse estudo), a compatibilização se faz importante em todos os níveis de construção, sendo elas de baixo ou alto padrão arquitetônico.

A compatibilização deve ser feita de forma eficiente, os profissionais devem buscar as soluções técnicas durante a etapa de projeto e não durante a execução da obra. Um exemplo típico é a escada metálica com revestimento de madeira, no projeto foi lançada uma estrutura considerando que o revestimento de madeira a ser colocado posteriormente teria função estrutural e assim seria necessário colocar alguns perfis metálicos engastados na estrutura, porém foi constatado por empresa especializada que não poderia ser executado naquela maneira, assim foi necessário fazer uma chapa metálica inteira, ela foi engastada na estrutura de concreto aparente de forma que seria possível o adensamento adequado do concreto durante a concretagem. Além da mudança da estrutura foi necessário mudar a forma que a escada seria revestida com madeira, foi necessário montar moldes e o projeto teve que se adequar ao que os fornecedores conseguiam executar. Outro grande exemplo citado nesse trabalho foi o sistema de ar-condicionado, que devido ao pé direito baixo e a impossibilidade de furar as vigas, conforme explicado anteriormente, a instalação das redes de ar passou por muitas mudanças e gerou muito retrabalho.

Constata que as definições e soluções realizadas no canteiro de obra se mostraram menos eficientes e afetaram diretamente o projeto arquitetônico, a compatibilização sozinha não é capaz de resolver todos os problemas, os projetos e soluções devem ser realizados antes no início da construção.

REFERÊNCIAS

ADESSE, Eliane; MELHADO, Silvio B. A coordenação de projetos externa em empresas construtoras e incorporadoras de pequeno e médio portes. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 2003.

ALVES, J. Resíduos da construção civil em obras novas. Interfaces Científicas - Exatas E Tecnológicas, 2015.

AUTODESK. Navisworks, Análise do modelo 3D para Arquitetura, engenharia e construção. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview#navisworks-intro>>. Acesso em 2 nov. 2021.

AUTODESK. Revit, Software de BIM multidisciplinar para projetos coordenados de maior qualidade. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>>. Acesso em 2 nov. 2021.

BARISON, Maria Bernardete; SANTOS, Eduardo Toledo. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário internacional. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 6, n. 2, p. 67-80, 2011.

CALLEGARI, SIMARA. Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

CODEBIM. A Collaborative, Multidisciplinary Approach to Architecture, Engineering and Construction Education and Training. In: CODEBIM: Collaborative Design Education using BIM, 2014.

CORAL, João Gilberto de Lara. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS: ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR EM ALVENARIA ESTRUTURAL. 2013

EASTMAN, C. et al. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

FABRICIO, Márcio Minto. Projeto simultâneo na construção de edifícios. 2002. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GENUINO, Irismar da Silva. FERREIRA, Bárbara Gomes. Análise da concepção de um planejamento de uma obra residencial utilizando a modelagem da informação da construção –BIM. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 10, Vol. 13, pp. 34-52. Outubro de 2019. Disponível em < de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/obra-residencial>>. Acesso 14/11/2021.

GIL, ANTONIO CARLOS; Como elaborar projetos de pesquisa, 4^o edição. São Paulo, 2002.

GOMES, D. L. Compatibilização de Projetos em BIM, universidade Católica de Goiás, Goiás, 2020.

IBDA. Instituto Brasileiro de desenvolvimento da Arquitetura. O que é patologia das construções. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1620>>. Acesso 06 nov. 2021.

JÚNIOR, J. E. (2018). Utilização do BIM 5D para estudo de viabilidade de um empreendimento residencial.

KAUARK, FABIANA DA SILVA; MANHÃES, FERNANDA CASTRO; MEDEIROS, CARLOS HENRIQUE; Metodologia de pesquisa, um guia prático. Itabuna/Bahia, 2010.

MANSUR, Ricardo. Implementando um Escritório de Projetos. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

MARIA, Mônica Mendonça et al. Tecnologia BIM na arquitetura. 2008.

MATTOS, Aldo Dorea. Engenharia de Custos: BIM 3D, 4D, 5D e 6D. 2014. Blogs PINI. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>>. Acesso em, v. 17, 2014.

MELHADO, Silvio Burrattino. Coordenação de projetos de edificações. 2005.

MELLO, Renan Garcia de. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) COMO FERRAMENTA PARA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2014

MIKALDO JR, J. Estudo Corporativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI. 2006. (Mestrado em Construção Civil), UFRP – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MIRÓ, Jaie Montava. Em quais países o BIM é obrigatório para projetos públicos? ArchDaily,, Fevereiro de 2021. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/956517/em-quais-paises-o-bim-e-obrigatorio-para-projetos-publicos>>. Acesso 15/11/2021.

MONTEIRO, Ana C. N.; JÚNIOR, Antônio S. S.; CAVALCANTI, David S. T. C.; PEREIRA, Evelyne E. Compatibilização de Projetos na Construção Civil: Importância, Métodos e Ferramentas. Revista Campo do Saber, Volume 3. – Número 1, p55. Jan/jun de 2017..

NASCIMENTO, Rafael Lucas do. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES. 2015. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PARSEKIAN, G. A.; FURLAN JR., S. Compatibilização de projetos de alvenaria estrutural. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3, 2003, São Carlos, Anais... São Carlos, 2003.

REGO, Rejane de Moraes. As Naturezas Cognitiva e Criativa da Projetação em Arquitetura: Reflexões Sobre o Papel Mediador das Tecnologias. Rev. Esc. Minas vol.54 n.1 Ouro Preto Jan./Mar. 2001

REIS, Gabriella Gonçalves dos; MEDEIROS, João Victor Yousef; CARRIJO, Selma Araújo. Compatibilização de projetos na construção civil. 2019.

ROMAN, Humberto Ramos; MUTTI, Cristine do Nascimento; ARAÚJO, Hércules Nunes de. Construindo em alvenaria estrutural. Florianópolis: Editora da Ufsc. Florianópolis, 1999. 74 p.

SIENGE. Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>>. Acesso em 27 nov. 2021.

SILVA, Kaio Ricardo. Interoperabilidade entre software de projetos estrutural com a plataforma BIM. 2019.

SOUZA, Roberto de; ABIKO, Alex. Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte. São Paulo, v. 335, 1997.

VANNI, Cláudia M. K. Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios. 1999.

ANEXO A – DETALHES DO PROJETO

<p style="text-align: center;">FUNDAÇÕES</p>	<p>Sistema de fundações foi executado pela empresa Estaq, foi utilizado estacas tipo hélice contínua de 400mm de diâmetro e profundidade mínima de 10 metros. A estacas foram armadas nos 4 metros e foram executadas com barras de ferro de 16mm e 6,3mm. O concreto utilizado para execução das estacas foi de 30,0 MPa com brita 0 e slump de 22 +/-3 cm com um consumo de concreto de 400kg.</p>
<p style="text-align: center;">ESTRUTURA CONCRETO</p>	<p>O sistema estrutural é em sistema convencional em concreto armado e foram utilizados 3 pilares metálicos, para execução de formas foi utilizado compensado de madeira de 16mm ou 14mm e tábuas de madeira de tamanhos diversos, a estrutura metálica foi de ferros com bitolas variadas e o concreto utilizado é fck 35 MPa de brita 0 com Slump de 12 +/- 3 cm.</p> <p>A estrutura em concreto aparente foi executada conforme o concreto convencional, porém utilizamos barras de ancoragem na execução das formas, após execução do concreto aparente, foi aplicada camadas de hidrorrepelente. Paredes, lajes, floreiras e quaisquer elementos que estiverem indicados como concreto aparente em régua, tiveram as formas executadas por guias de madeira de 20 cm, 15cm e 10cm dispostas conforme detalhe específico. Paredes, lajes, floreiras e quaisquer elementos que estiverem indicados como concreto aparente em chapas, tiveram as formas executadas por chapas de compensado plastificado de 1,10 x 2,20 m.</p> <p>O concreto utilizado foi o fck 35MPa de brita 0 com Slump de 12 +/- 3 cm da empresa Ultramix Concretos, a concretagem foi feita com concreto bombeado, devidamente vibrado, sendo feitos corpos de prova para posterior rompimento. A concretagem foi acompanhada pelo responsável técnico. O concreto foi protegido e devidamente molhado durante três dias após a sua concretagem.</p>
<p style="text-align: center;">ESTRUTURA METÁLICA</p>	<p>Foram utilizadas estruturas metálicas da empresa Broilo Estruturas Metálicas na escada além dos 3 pilares metálicos, os pilares metálicos são perfis laminados ASTM A572 Gr50, soldados em insertos metálicos que serão chumbados na estrutura, todo os componentes metálicos serão galvanização a fogo. A escada foi executada com perfis metálico tipo T e revestido de madeira maciça cumaru.</p>
<p style="text-align: center;">IMPERMEABILIZAÇÃO</p>	<p>Impermeabilização foi executada com manta asfáltica tipo 3 de 4 mm de espessura nos telhados, sacadas e floreiras, sobre a impermeabilização foi feita uma camada de proteção mecânica com</p>

	<p>contrapiso armado. Nos espelhos d'água, piscina e banheiros foi feito impermeabilização com sistema flexível, utilizando camadas de impermeabilizante semiflexível, impermeabilizante elástico e tela de poliéster.</p>
ALVENARIAS	<p>As alvenarias externas foram executadas em blocos cerâmicos de 14 cm x 19 cm x 29 cm de primeira qualidade, tendo as juntas bitoladas em 1 cm com argamassa cimento e areia de traço 1:3, com diferentes revestimentos conforme especificação do item revestimentos de paredes.</p> <p>As alvenarias internas foram executadas em blocos cerâmicos de 11,5 cm x 19 cm x 29 cm de primeira qualidade, tendo as juntas bitoladas em 1 cm com argamassa cimento e areia de traço 1:3, com diferentes revestimentos, conforme item posterior.</p>
REVESTIMENTOS EM PAREDES	<p>Paredes Externas – Pintura Acrílica Acabamento Acetinado – Sherwin William – Enduring Bronze – REF.: SW7055.</p> <p>Paredes Internas em dormitórios e áreas sociais – Pintura Acrílica Acabamento Acetinado – Sherwin William – Bronze Conectado – REF.: SW7048.</p> <p>Revestimentos de banheiros andar superior – Patilha Atlas – Ardósia – REF.: SG8406 2,5x2,5cm.</p> <p>Revestimento em concreto aparente – Após execução foi lavado e aplicado hidro-repelente.</p> <p>Revestimento em banheiro da Piscina – Pastilha Atlas – Batu – REF.: SG9883 – 5x5cm.</p> <p>Revestimento em área de serviço – Patilha Atlas – Ardósia – REF.: SG8406 2,5x2,5cm.</p>
REVESTIMENTOS EM PISOS E RODAPÉS	<p>Banheiro piscina, lavanderia e suítes no andar superior – Piso vinílico Revitech – Concret Light – REF:135901 – esp.:3mm</p> <p>Área Social e circulação do superior – Piso de madeira maciço.</p> <p>Área úmida em banheiros no andar superior – Patilha Atlas – Ardósia – REF.: SG8406 2,5x2,5cm.</p> <p>Área úmida em banheiro da Piscina – Pastilha Atlas – Batu – REF.: SG9883 – 5x5cm.</p> <p>Revestimento em garagem – Piso de concreto aparente e régua, após a execução será lavado e aplicado hidro-repelente.</p> <p>Revestimento acesso frontal e acesso lavanderia – Peças de basalto com acabamento bruto.</p> <p>Revestimento depósito na garagem – Piso basalto regular 52x52cm com acabamento bruto.</p>

	<p>Revestimento Hall de Entrada – Piso em basalto com acabamento bruto.</p> <p>Revestimento passarela de acesso - Piso de concreto aparente e réguas, após a execução será lavado e aplicado hidro-repelente.</p> <p>Revestimento em terraço e área externa da piscina – Deck de madeira cumaru lixado e pintado com Produto para proteção contra água e raios solares.</p> <p>Rodapé Suíte 2 e suíte 3 – Rodapé Sant Luzia REF: 519 RP – Cor Cinza Titanium - 20cm de altura.</p> <p>Rodapé Suíte casal e área social- Rodapé negativo na Alvenaria de 2cmx2cm.</p>
ESCADAS	<p>A escada interna é de madeira tipo cumaru. Foram fixados perfis metálicos tipo T na parede de concreto aparente e os degraus de Cumaru foram fixados nesse perfil, também tem corrimão em madeira cumaru fixado em apenas um dos lados.</p>
ESQUADRIAS	<p>As esquadrias foram feitas em madeira, alumínio e PVC, além das esquadrias a casa foi revestida com brises em alumínio pintado no tom de madeira.</p>
VIDROS	<p>Os vidros e guarda corpos são em vidro laminado com proteção UVA e os vidros de boxs são temperados, a espessura conforme a relação de vidros seguindo o dimensionamento fornecido pelo fabricante das esquadrias.</p> <p>As ferragens foram fornecidas pelo fabricante de esquadrias, forneceram os caixilhos móveis de correr, com guia, trilhos, roldanas, roletes e os caixilhos Maxim-ar com hastes e fechos. Fechaduras e maçanetas foram fornecidas por empresas especializadas nesse tipo de produto.</p>
COBERTURA	<p>O isolamento térmico foi feito por meio de placas de EPS de alta densidade de 10mm de espessura, colocada sobre a manta asfáltica tipo 3 de 4mm e protegidas por uma camada de contrapiso armado. Foi realizado o teste de estanqueidade da impermeabilização da cobertura, sendo assim, qualquer furo realizado na laje comprometerá o sistema de impermeabilização e a empresa não se responsabilizará por nenhum problema posterior a furação da laje de cobertura.</p>
FORROS	<p>Os forros internos e externos são em gesso convencional, sendo os forros nos ambientes internos terão pintura com tinta PVA Fosca e os forros externos serão executados com Forro de Gesso RU convencional e terão pintura com tinta PVA Fosca. As lajes, em</p>

	concreto aparente, também serão lavadas e aplicadas hidro repelente.
AR - CONDICIONADO	O sistema de ar-condicionado VRF com dutos e difusores lineares, o sistema de ar-condicionado foi instalado nas suítes, área social e lavanderia.
AQUECIMENTO	O sistema de aquecimento de água foi feito por aquecedores de passagem alimentados com sistema de gás natural do condomínio. O banheiro da Suíte master tem sistema de piso aquecido elétrico controlado por termostato.
PINTURA	O sistema de aquecimento de água foi feito por aquecedores de passagem alimentados com sistema de gás natural do condomínio. O banheiro da Suíte master tem sistema de piso aquecido elétrico controlado por termostato.
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	O sistema de aquecimento de água foi feito por aquecedores de passagem alimentados com sistema de gás natural do condomínio. O banheiro da Suíte master tem sistema de piso aquecido elétrico controlado por termostato.
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	Executadas por profissional qualificado com a instalação do sistema de esgoto, fluvial, água quente e água fria. Os equipamentos utilizados foram da marca Tigre, sendo parte da linha normal e parte da linha redux.
INSTALAÇÕES DE GÁS	Executada por profissional habilitado, elaborada uma ART da execução do serviço e laudo técnico.
PISCINA E ESPELHO D'ÁGUA	Executada em concreto armado com impermeabilização, a piscina é revestida com pastilhas atlas – Ardósia – REF.: SG 8406 – 5x5cm. Foram instalados sistemas de retorno, filtro, aspiração, equipamentos de proteção e segurança, sistemas de iluminação subaquática, sistemas de tratamento químico e sistemas de aquecimento com bomba de calor.

Fonte: Autor

ANEXO B – VISTA 3D DO PROJETO



Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO C – VISTA 3D DO PROJETO



Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO D – VISTA 3D DO PROJETO



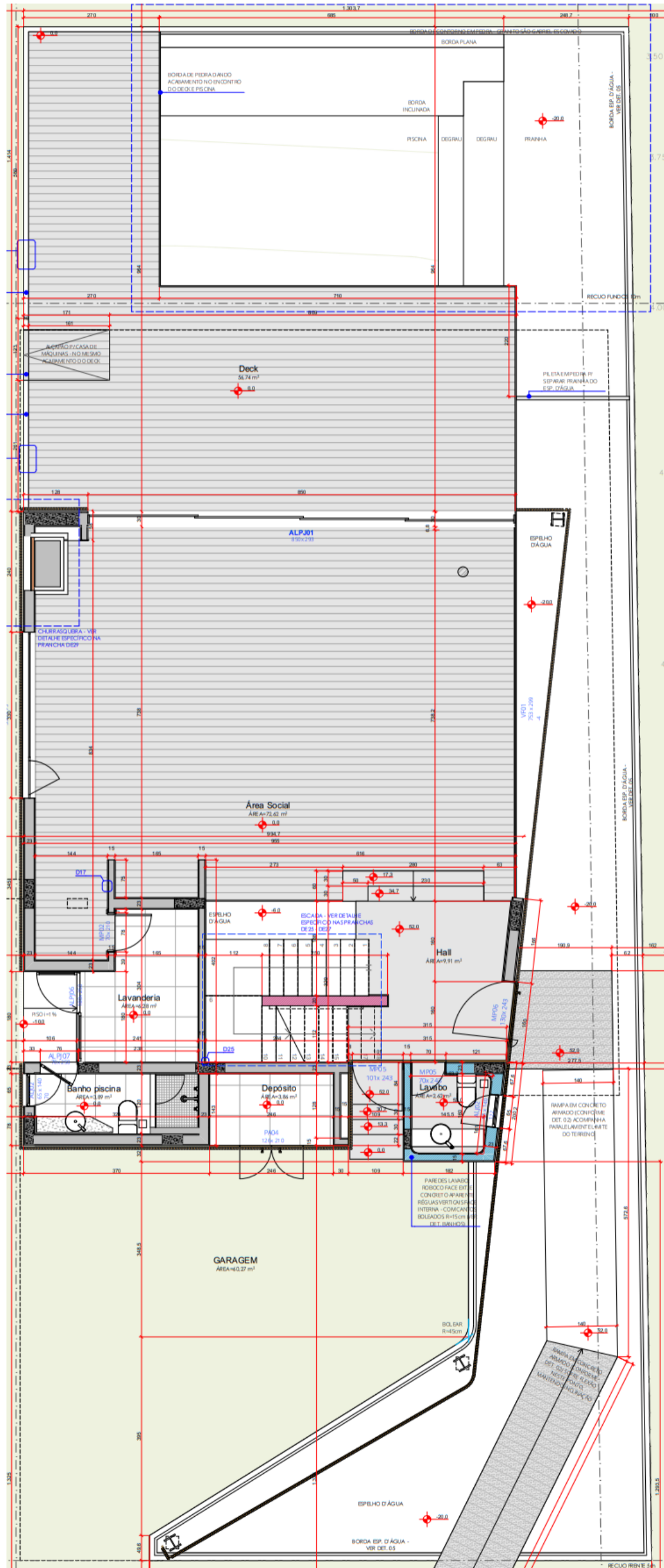
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO E – VISTA 3D DO PROJETO



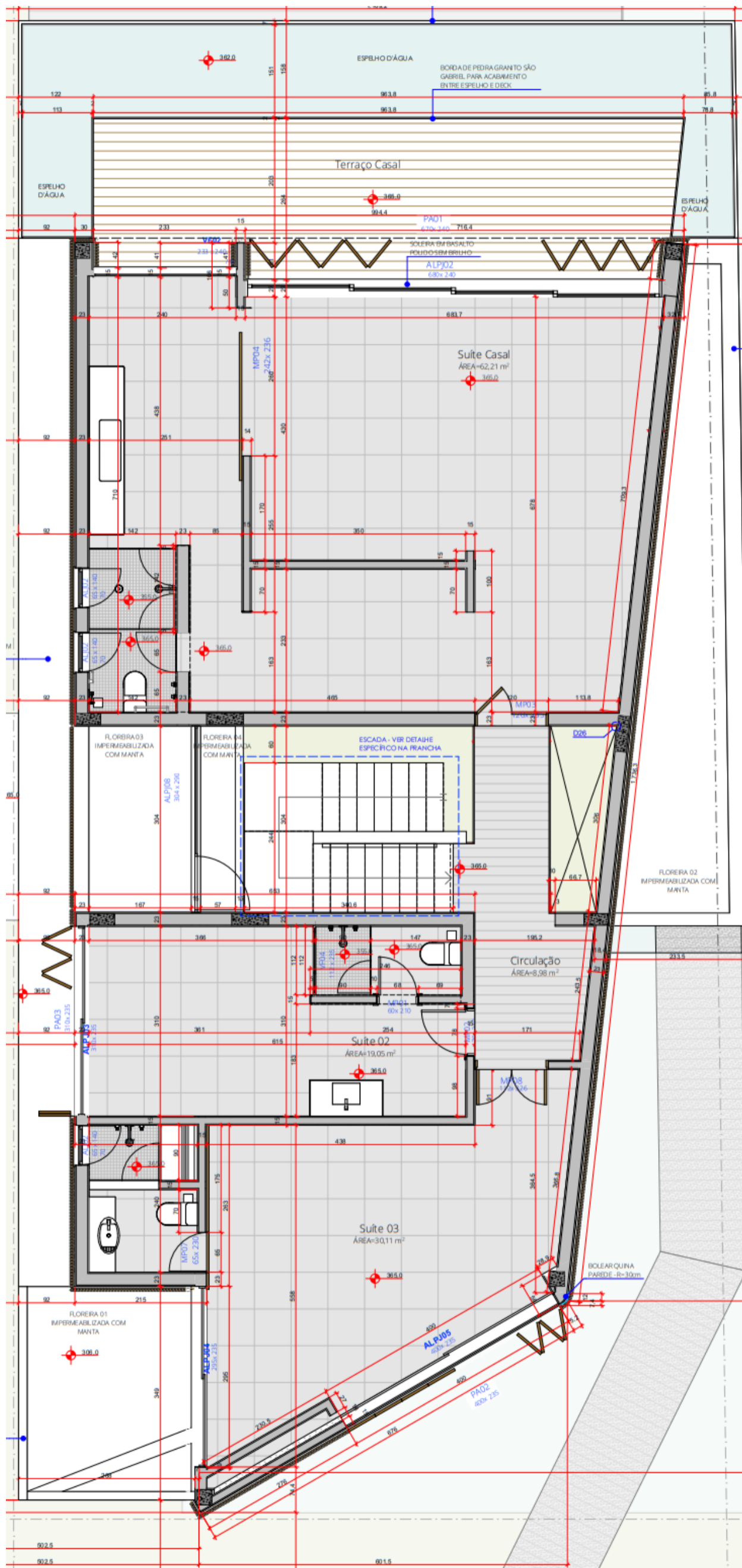
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO F – PLANTA BAIXA TÉRREO



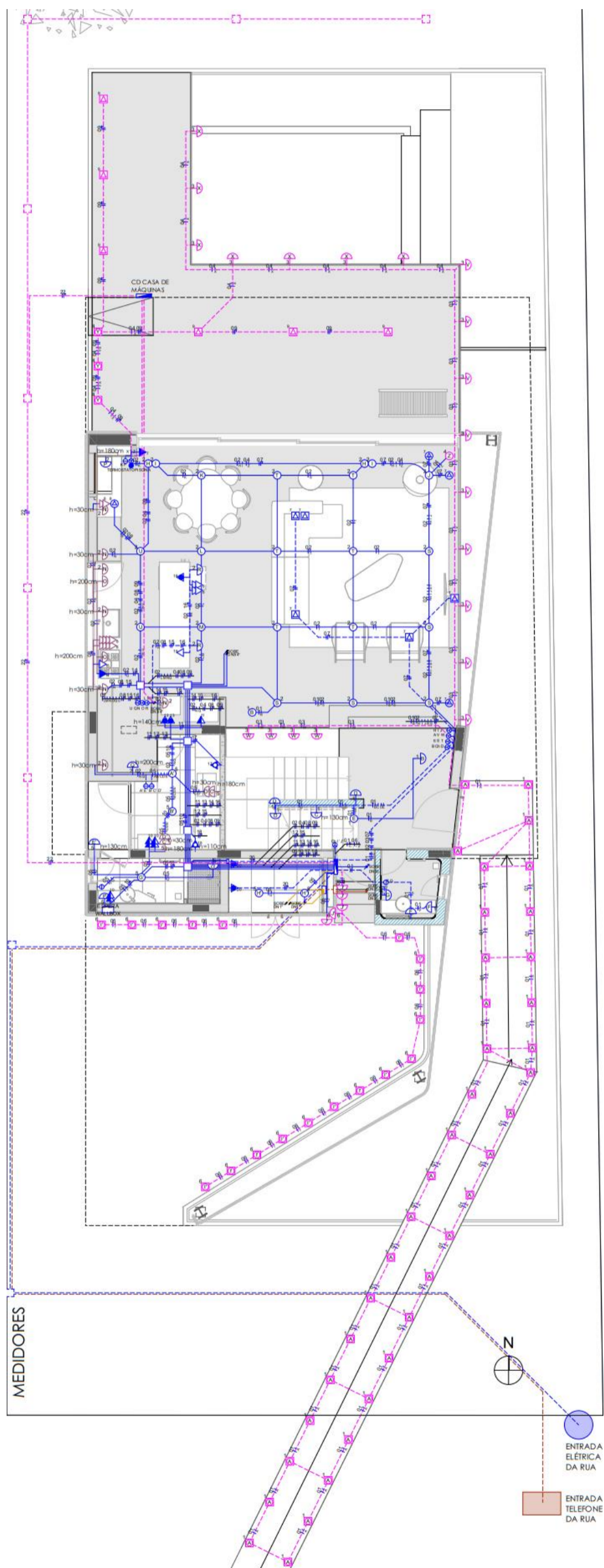
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO G – PLANTA BAIXA SUPERIOR



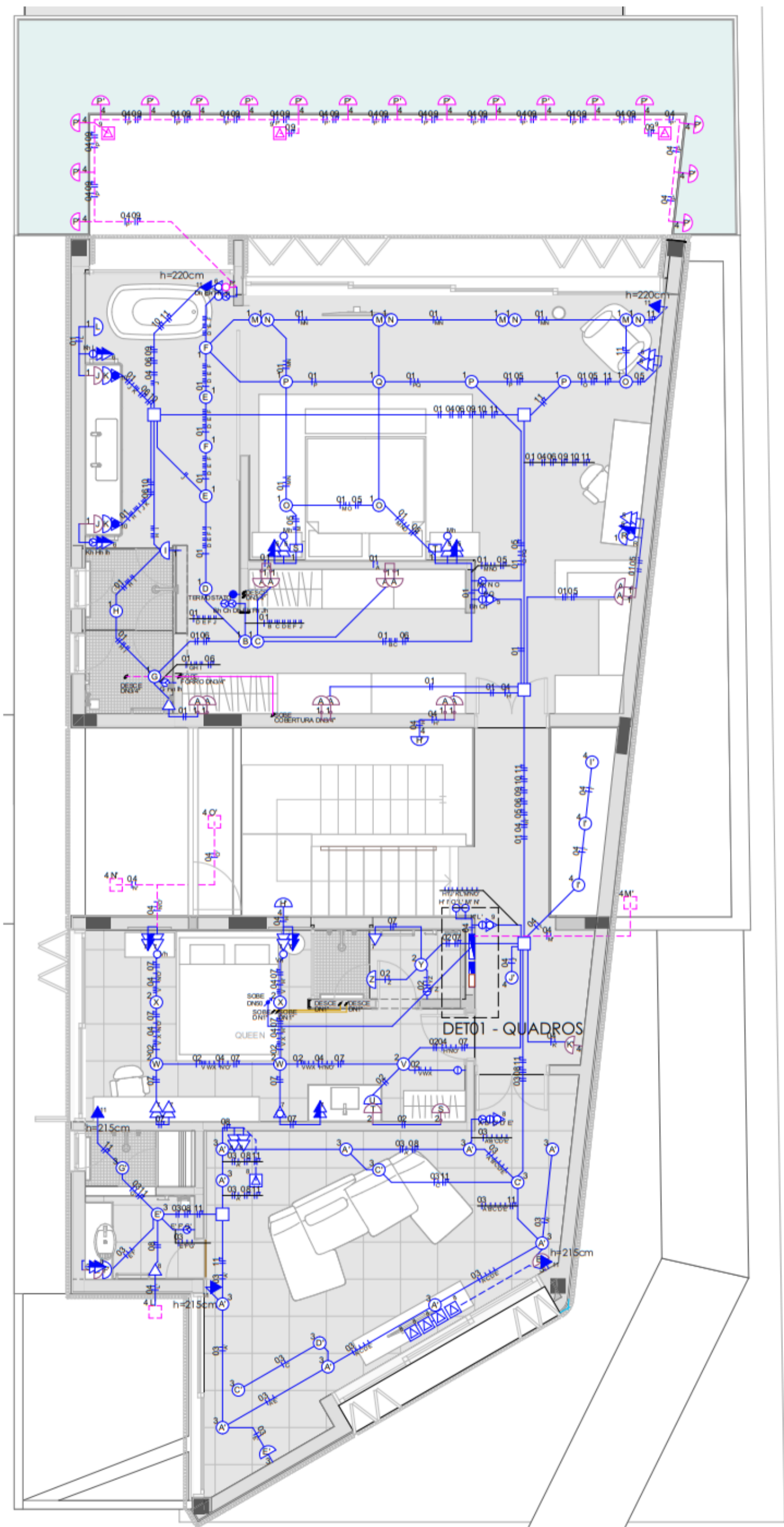
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO H – PROJETO ELÉTRICO TÉRREO



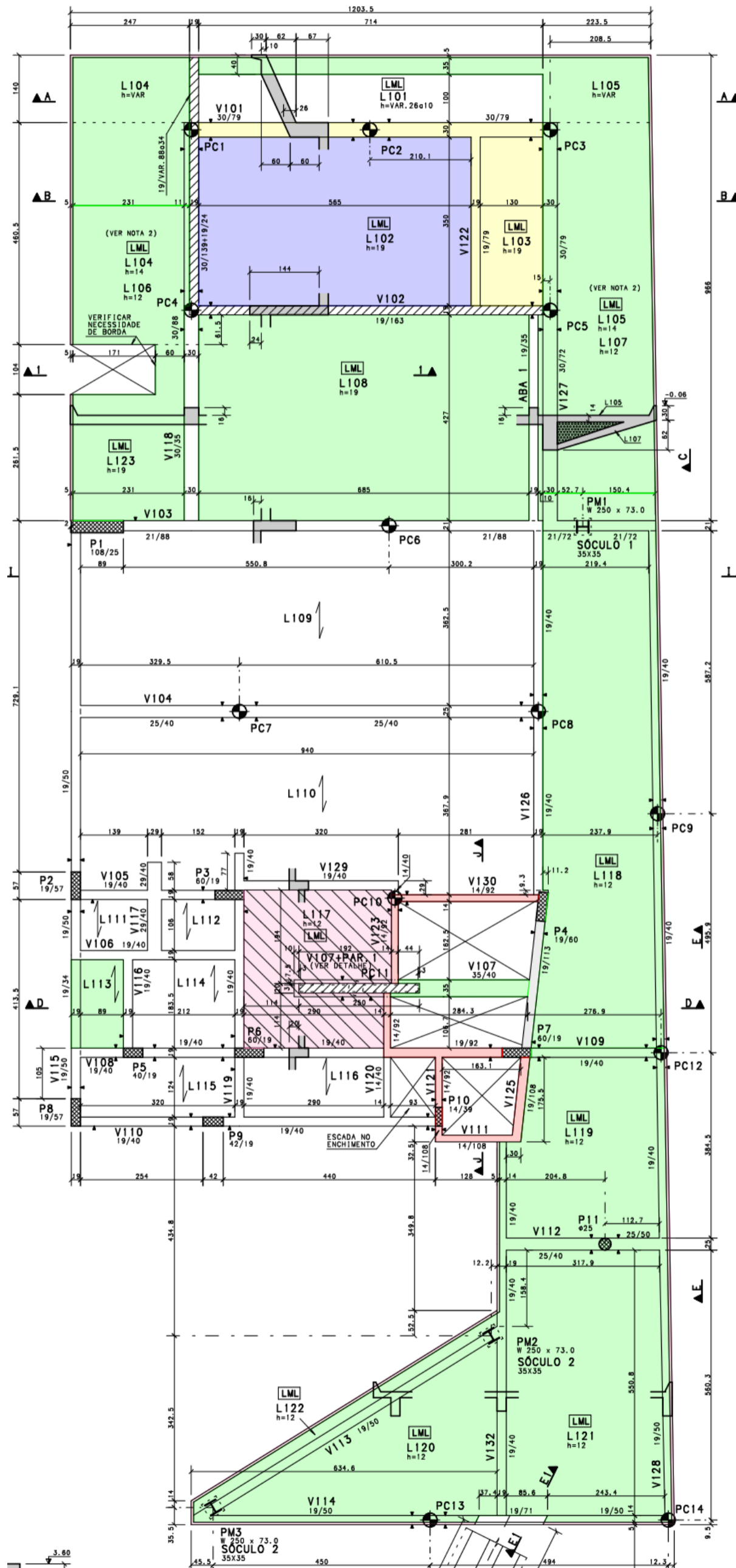
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO I – PROJETO ELÉTRICO SUPERIOR



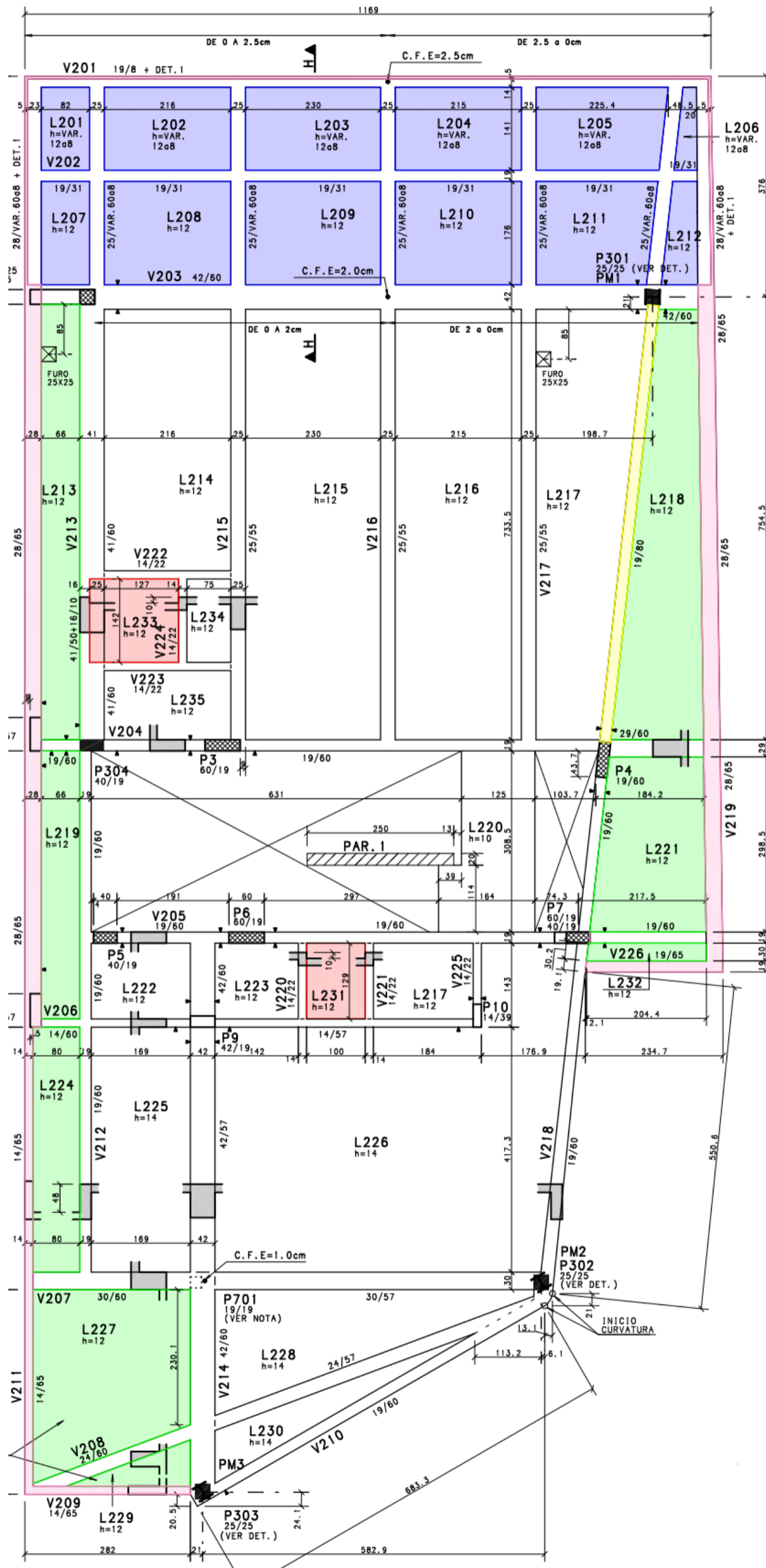
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO J – PROJETO ESTRUTURAL PAVIMENTO TÉRREO



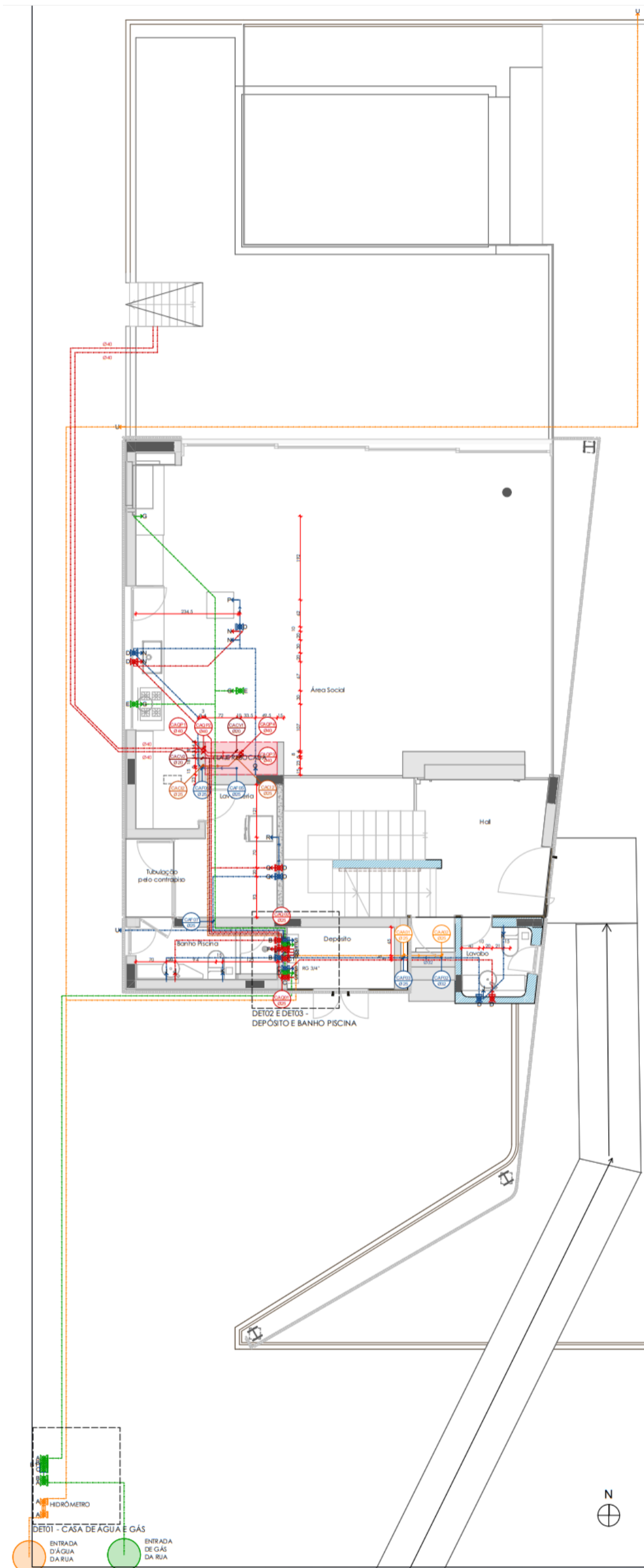
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO K – PROJETO ESTRUTURAL PAVIMENTO SUPERIOR



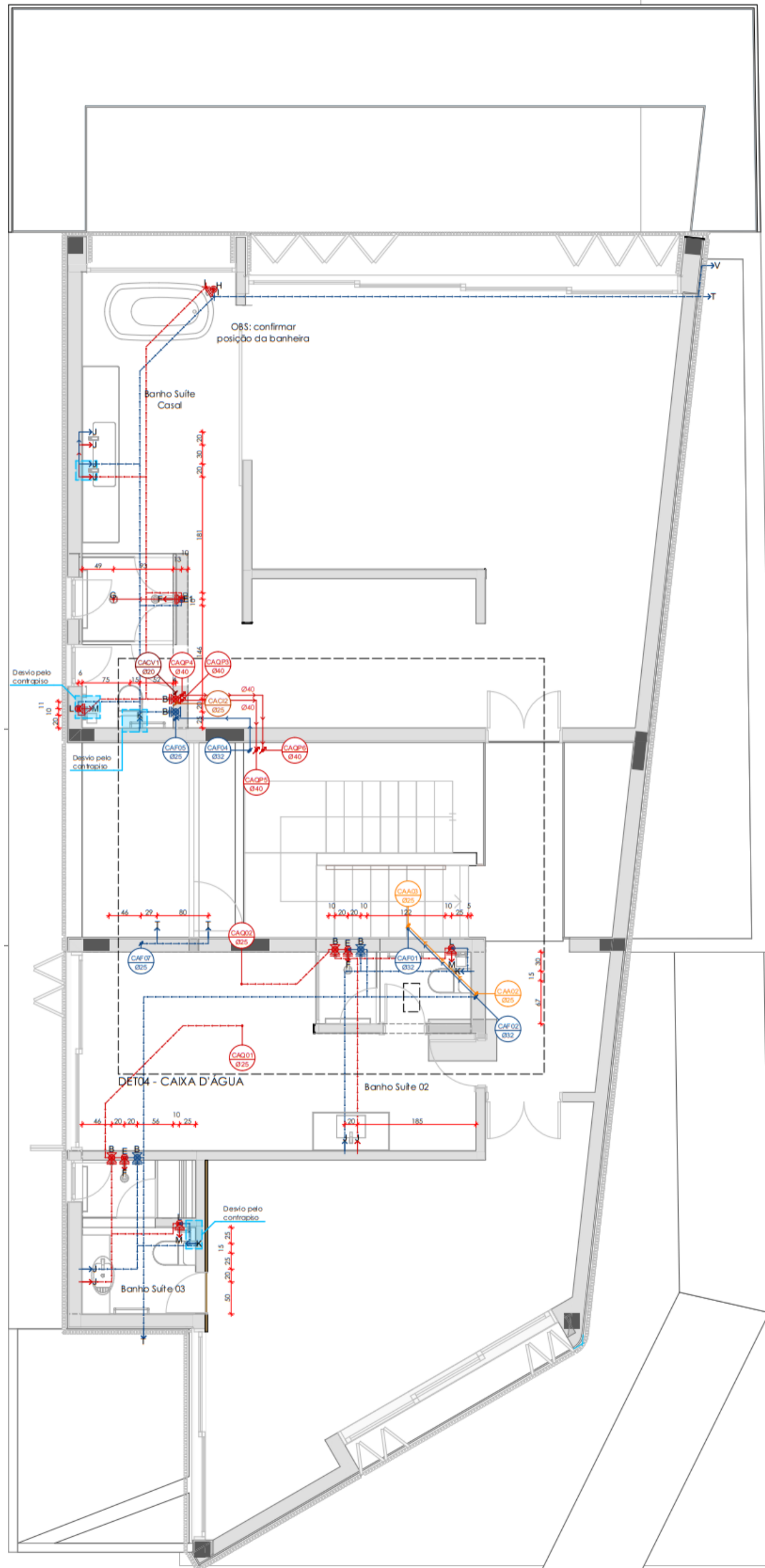
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO L – PROJETO HIDRÁULICO PAVIMENTO TÉRREO



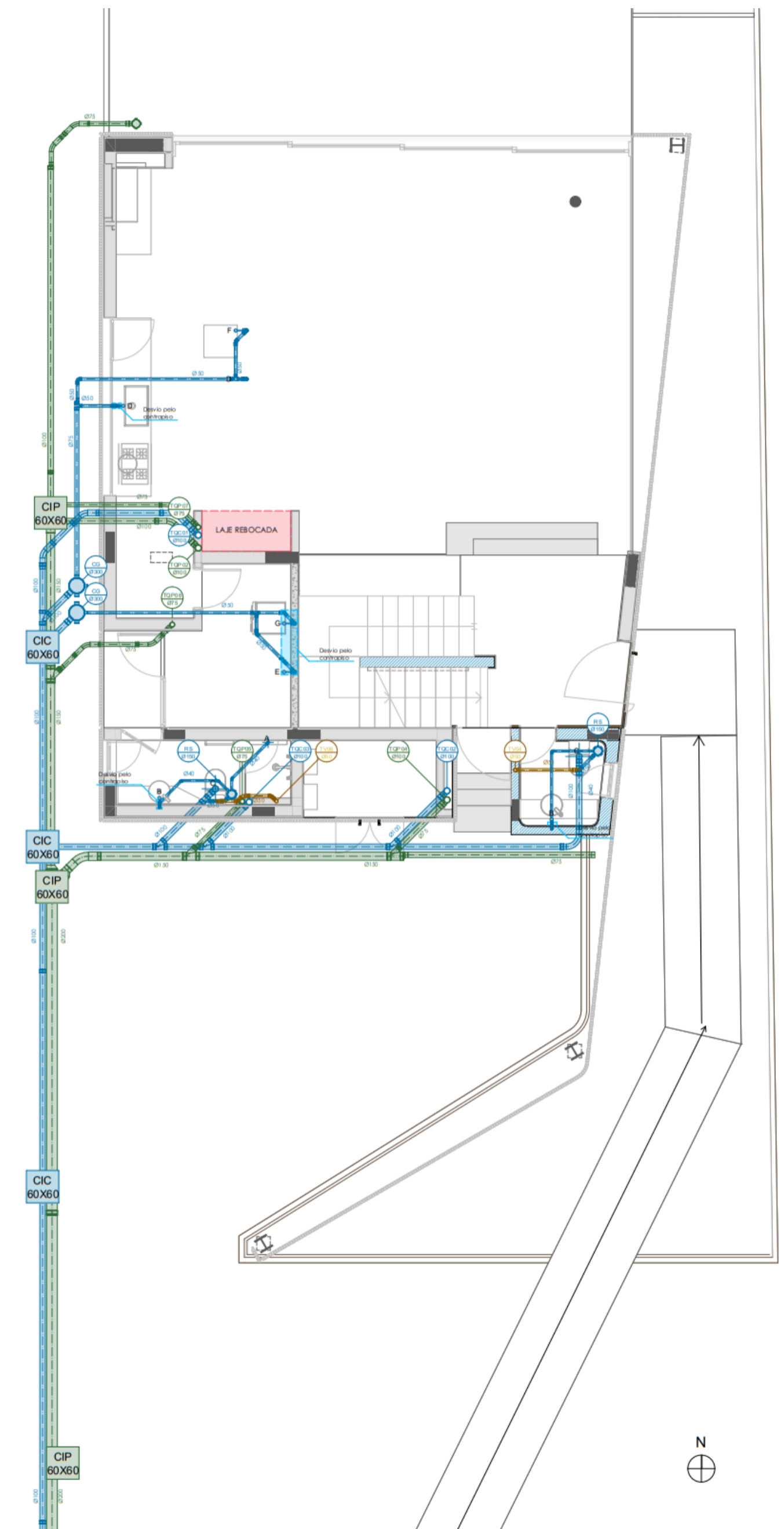
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO M – PROJETO HIDRÁULICO PAVIMENTO SUPERIOR



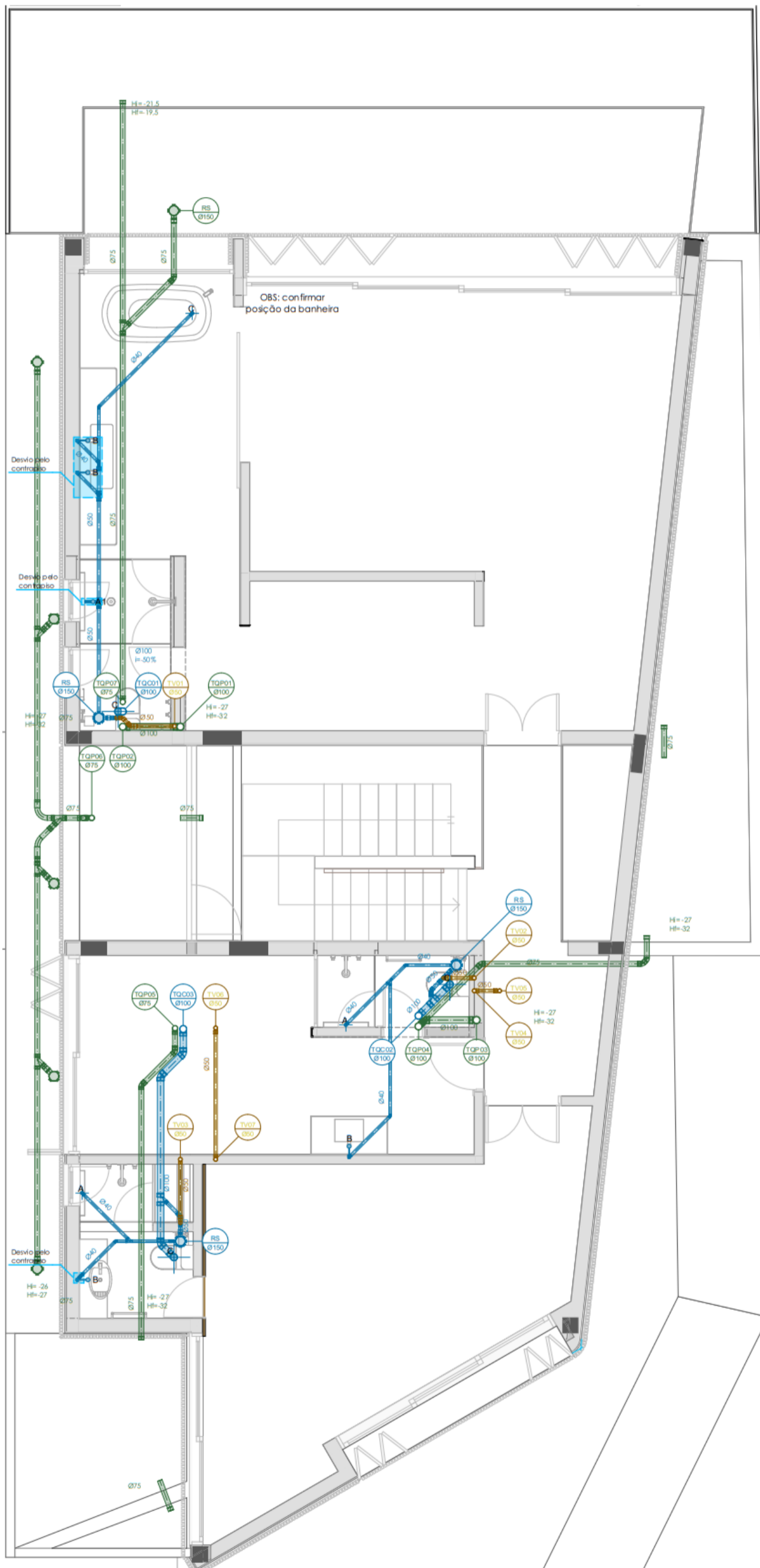
Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO N – PROJETO ESGOTO PAVIMENTO TÉRREO



Fonte: Escritório de arquitetura

ANEXO O – PROJETO ESGOTO PAVIMENTO SUPERIOR



Fonte: Escritório de arquitetura