



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
DIREÇÃO GERAL DO CAMPUS JOÃO PESSOA
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TELICE MORAIS SALDANHA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE METODOLOGIAS CAD E BIM NA
ELABORAÇÃO DE PROJETOS ESTRUTURAIS: DESAFIOS, BENEFÍCIOS E
INTEGRAÇÃO DE PROCESSOS**

JOÃO PESSOA

2024

TELICE MORAIS SALDANHA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE METODOLOGIAS CAD E BIM NA
ELABORAÇÃO DE PROJETOS ESTRUTURAIS: DESAFIOS, BENEFÍCIOS E
INTEGRAÇÃO DE PROCESSOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito curricular obrigatório para obtenção do título de Engenheiro(a) Civil.

Orientador: Prof.^a Dra. Ana Cláudia Leão Borges

JOÃO PESSOA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

S162a Saldanha, Telice Moraes.

Análise comparativa entre metodologias CAD e BIM na elaboração de projetos estruturais : desafios, benefícios e integração de processos / Telice Moraes Saldanha. – 2024.

64 f. : il.

TCC (Graduação – Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Departamento de Ensino Superior / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, 2024.

Orientação : Profa. Dra. Ana Cláudia Leão Borges.

1. BIM - Modelagem de informação da construção. 2. Projeto estrutural. 3. Projeto arquitetônico. 4. Integração. I. Título.

CDU 624.01(043)

Bibliotecária responsável: Lucrecia Camilo de Lima – CRB 15/132

DECISÃO 6/2025 - CBEC/UA1/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB, de 25 de março de 2025.

TELICE MORAIS SALDANHA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE METODOLOGIAS CAD E BIM NO DESENVOLVIMENTO DE
PROJETOS ESTRUTURAIS: ESTUDO DE CASO**

	Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito curricular para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil
--	---

Aprovado em 07 de outubro de 2024

Banca Examinadora

Dra. Ana Cláudia Leão Borges (Orientadora - IFPB)

Me. Mellyne Palmeira Medeiros (Examinadora Interna - IFPB)

Me. Manoel Brito de Farias Segundo (Examinador Interno - IFPB)

Me. Marcela Fernandes Sarmento (Examinadora Interna - IFPB)

JOÃO PESSOA

2024

Documento assinado eletronicamente por:

- Ana Cláudia Leão Borges, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 25/03/2025 07:42:51.
- Mellyne Palmeira Medeiros, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 25/03/2025 11:38:27.
- Marcela Fernandes Sarmento, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 25/03/2025 13:45:22.
- Manoel Brito de Farias Segundo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 25/03/2025 19:01:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/03/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 687486
Verificador: 9a152b4d30
Código de Autenticação:



NOSSA MISSÃO: Ofertar a educação profissional, tecnológica e humanística em todos os seus níveis e modalidades por meio do Ensino, da Pesquisa e da Extensão, na perspectiva de contribuir na formação de cidadãos para atuarem no mundo do trabalho e na construção de uma sociedade inclusiva, justa, sustentável e democrática.

VALORES E PRINCÍPIOS: Ética, Desenvolvimento Humano, Inovação, Qualidade e Excelência, Transparência, Respeito, Compromisso Social e Ambiental.

A Deus, aos meus pais e a todas as
pessoas que fizeram parte da minha
jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças para continuar nessa jornada que é a vida, por não ter me deixado desistir quando as coisas pareciam difíceis de mais.

Aos meus pais, por terem investido e acreditado em mim desde sempre, por todo amor, carinho e paciência, sem vocês eu não teria chegado aqui.

A professora Ana Cláudia, por toda a dedicação e paciência durante o processo de escrita desse trabalho, além da oportunidade que me foi dada.

A Tecncon, por ter colaborado para a realização desse trabalho. Fazer estágio na empresa me permitiu vivenciar o dia a dia do escritório e entender como tudo funciona na prática, e isso foi de extrema importância para o desenvolvimento desse trabalho. Gratidão pelo apoio e pela oportunidade.

E a todas as pessoas que, por algum motivo, fizeram parte da minha jornada.

RESUMO

No desenvolvimento de projetos estruturais, a utilização do BIM oferece várias vantagens, como a melhoria na coordenação entre disciplinas, identificação mais fácil de conflitos entre elementos, otimização de processos e redução de custos e prazos. Além disso, o BIM possibilita uma melhor visualização dos projetos e simulações mais precisas, o que contribui para decisões mais bem informadas. Este estudo tem como objetivo explorar a aplicação da metodologia BIM em projetos estruturais, comparando-a com a metodologia CAD, além de identificar vantagens, desafios e impactos e, com isso propor um modelo mais eficiente que melhore a qualidade dos projetos. Especificamente, buscou-se entender o desenvolvimento de projetos estruturais com BIM, e a prática atual dos escritórios de projeto de arquitetura, identificando dificuldades e propondo soluções para mitigá-las, chegando-se assim a um modelo idealizado como um guia para melhorar a integração entre projetos com BIM.

Palavras-chave: BIM; Building Information Modeling; Projeto Estrutural; Projeto Arquitetônico; Integração

ABSTRACT

In the development of structural projects, the use of BIM offers several advantages, such as improved coordination between disciplines, easier identification of conflicts between elements, optimization of processes, and reduction of costs and timelines. Moreover, BIM allows for better project visualization and more accurate simulations, contributing to more informed decision-making. This study aims to explore the application of the BIM methodology in structural projects, comparing it to the CAD methodology, as well as identifying advantages, challenges, and impacts. The goal is to propose a more efficient model that enhances project quality. Specifically, the study seeks to understand the development of structural projects with BIM and the current practices of architectural design offices, identifying challenges and proposing solutions to mitigate them, ultimately arriving at a model designed as a guide to improve project integration using BIM.

Key words: BIM; Building Information Modeling; Structural Project; Architectural Project; Integration

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aplicações do BIM	19
Figura 2 - Dimensões do BIM	21
Figura 3 - Esquerda representa projeto baseado em documentos (CAD) e a direita projetos baseados em um modelo compartilhado (BIM).	23
Figura 4 - 3D do projeto	29
Figura 5 - Planta Baixa	30
Figura 6 - Fachada Sul.....	30
Figura 7 - Fachada Oeste	30
Figura 8 - Fachada Leste	30
Figura 9 - Fachada Norte	31
Figura 10 - Planta Baixa em DWG - Subsolo	32
Figura 11 - Planta Baixa em PDF - Subsolo.....	32
Figura 12 - Planta baixa limpa - Subsolo	33
Figura 13 - Arquitetura suja.....	33
Figura 14 - Arquitetura limpa.....	34
Figura 15 - Visualização 3D	34
Figura 16 - Planta baixa – Térreo – Original.....	35
Figura 17 - Planta baixa - Térreo - Limpo.....	35
Figura 18 - Planta baixa - Pavimento Tipo - Original	36
Figura 19 - Planta Baixa - Pavimento Tipo - Limpo	36
Figura 20 - Planta Baixa - Cobertura - Original	36
Figura 21 - Planta baixa - Cobertura - Limpo	37
Figura 22 - Criação do Edifício – TQS.....	38
Figura 23 - Níveis do Subsolo ao 2º pavimento	39
Figura 24 – Pavimentos definidos e corte esquemático	39
Figura 25 - Pilar aleatório e desenho original.....	40
Figura 26 - Desenho escalado e pilar aleatório.....	41
Figura 27- Desenho alinhado à referência	41
Figura 28 – Pavimento com pilares – Subsolo	42
Figura 29 – Laje com pilares e vigas – Térreo	43
Figura 30 - Cargas das paredes – Pavimento Tipo	44
Figura 31 - Pavimento térreo – sem arquitetura	44

Figura 32 - Configurações para exportar o arquivo RQT.....	45
Figura 33 - Importar RQT no TQS	45
Figura 34 – Níveis importados do modelo arquitetônico	46
Figura 35 - Subsolo	47
Figura 36 – Térreo	47
Figura 37 – Delimitação das lajes – Térreo	48
Figura 38 – Pavimento Tipo	48
Figura 39 – Delimitação das lajes – Pavimento Tipo.....	48
Figura 40 – Limpeza de hachura - Subsolo	49
Figura 41 – Após limpeza.....	50
Figura 42 – Desenhos extras sem uso.....	50
Figura 43 - Referências que devem ter o desenho	51
Figura 44 - Importar Cargas de parede	51
Figura 45 - Importar carga de parede	52
Figura 46 - Definir quais são as cargas de acordo com a espessura das paredes	53
Figura 47 - Cargas de paredes automáticas – Pavimento Tipo.....	54
Figura 48 - Cargas de paredes automáticas - cobertura.....	54
Figura 49 - Desenho sujo, mesmo após limpeza - Elementos ocultos	55
Figura 50 - Elementos ocultos desnecessários - Revit	56
Figura 51 - Outra configuração de importação.....	56
Figura 52 - Pilares com conflito	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo de produtividade entre metodologias CAD e BIM

60

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
1 INTRODUÇÃO	12
2 JUSTIFICATIVA	14
3 OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GERAL -----	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	16
4 METODOLOGIA.....	17
5 REFERENCIAL TEÓRICO	18
5.1 A TECNOLOGIA BIM APLICADA A PROJETOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL -----	18
5.2 O QUE É O BIM -----	18
5.3 DIMENSÕES DO BIM -----	20
5.4 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS E BIM -----	21
5.5 PROJETO ESTRUTURAL E BIM -----	23
5.6 DESAFIOS ENCONTRADOS NA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM -----	25
6 ESTUDO DE CASO	27
6.1 APRESENTAÇÃO-----	27
6.2 PROJETO EM ESTUDO -----	28
6.2.1 PROJETO EM CAD-----	31
6.2.2 PROJETO EM REVIT -----	34
6.2.3 TQS-----	37
6.2.3.1 CAD (DWG).....	37
6.2.3.2 BIM (RQT).....	44
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
7.1 COMPARAÇÃO ENTRE CAD E BIM-----	58
7.2 EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE -----	58
7.3 REFINAMENTO DE PROJETO EM BIM -----	59
7.4 MODELO IDEALIZADO -----	60
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica tem desempenhado um papel central na transformação do setor da construção civil, trazendo inovações que otimizam processos e ampliam a qualidade dos projetos. Nesse cenário, duas metodologias destacam-se pela sua influência na elaboração de projetos: o CAD (Computer-Aided Design) e o BIM (Building Information Modeling). O CAD, amplamente utilizado desde os anos 1980, introduziu a possibilidade de criação digital de desenhos técnicos em 2D e, mais tarde, em 3D. Embora tenha representado um avanço em relação ao desenho manual, o CAD limita-se à produção de representações gráficas, não integrando informações essenciais sobre as características funcionais e físicas do projeto. Em contrapartida, o BIM revolucionou o setor introduzindo a modelagem informacional, que abrange todas as fases do ciclo de vida de uma edificação, desde a concepção até a manutenção.

Eastman et al. (2014) define o BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Modelos esses que possibilitam a simulação e análise integrada de diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutura e instalações, promovendo maior eficiência e precisão. Já as vantagens de utilizar para projetos estruturais, o BIM oferece ganhos notáveis, incluindo a detecção automatizada de conflitos entre elementos, a melhoria na coordenação entre equipes multidisciplinares, a redução de retrabalhos e a otimização do uso de materiais e recursos financeiros. Além disso, a visualização aprimorada do projeto em 3D e a possibilidade de realizar análises estruturais diretamente no modelo tornam o processo mais intuitivo e informativo para as empresas.

Apesar dos benefícios, a implementação do BIM apresenta desafios que devem ser superados para sua adoção plena. Os principais empecilhos incluem os altos custos iniciais de aquisição de software e hardware, a necessidade de capacitação técnica da equipe, a resistência cultural à mudança e as dificuldades na integração entre diferentes plataformas digitais. Além disso, há uma necessidade de padrões unificados e regulamentações que promovam a interoperabilidade correta entre softwares, o que pode dificultar a troca eficiente de informações entre os participantes de um projeto.

Este trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise comparativa entre as metodologias CAD e BIM na elaboração de projetos estruturais, com foco nos desafios, benefícios e impacto na integração dos processos. Para tanto, será analisada a utilização de cada abordagem no desenvolvimento inicial de projetos estruturais, explorando como as limitações do CAD podem ser superadas pelo uso do BIM e como é a realidade dos projetos. Além disso,

serão analisados aspectos como produtividade, eficiência, custo-benefício e qualidade final dos projetos, buscando identificar as principais barreiras à implementação do BIM e sugerir estratégias para sua superação.

Compreender as diferenças entre CAD e BIM é fundamental para garantir uma transição eficiente entre metodologias e explorar ao máximo o potencial das tecnologias emergentes. A relevância desta pesquisa está na necessidade de promover uma maior compreensão sobre as diferenças entre as duas metodologias e o impacto da transição para o BIM no setor da construção civil. Em um mercado cada vez mais competitivo e exigente, adotar tecnologias que ofereçam maior precisão, agilidade e sustentabilidade tornou-se indispensável.

A metodologia utilizada para este estudo incluirá uma revisão bibliográfica sobre CAD e BIM, e a análise de um estudo de caso com um projeto real. Espera-se que os resultados demonstrem como o BIM pode contribuir para superar os desafios encontrados no desenvolvimento de projetos estruturais, promovendo uma transformação positiva na forma como os projetos são concebidos, gerenciados e executados.

Ao final, pretende-se apresentar um modelo ‘padrão’ idealizado de adoção do BIM, destacando suas aplicações práticas e propondo soluções para as dificuldades enfrentadas, com o intuito de melhorar a eficiência e qualidade no setor da construção civil. Este trabalho, portanto, almeja contribuir para a evolução do setor, ampliando o entendimento sobre como tecnologias avançadas podem ser utilizadas de forma estratégica e integrada.

2 JUSTIFICATIVA

A adoção da metodologia BIM representa uma transformação significativa na indústria da construção civil, promovendo maior integração entre as diversas etapas do ciclo de vida das edificações, desde a concepção inicial até a manutenção. Essa abordagem tem sido amplamente incentivada por governos e entidades técnicas no Brasil, como demonstram as iniciativas do Governo Federal, e o Governo de alguns estados, como Paraná e o Distrito Federal, que têm investido na disseminação e regulamentação do BIM como forma de modernizar e otimizar os processos construtivos.

No Brasil, o Decreto nº 10.306/2020 estabelece a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, destacando sua relevância na modernização das obras públicas e reforçando a necessidade de padronização e colaboração entre os profissionais envolvidos. Complementando essa iniciativa, o Governo do Distrito Federal lançou, em 2018, o “Caderno de Diretrizes BIM para Obras Públicas”, e o Governo do Paraná publicou, em 2021, o “Guia Prático BIM para Obras Públicas”. Ambos os documentos oferecem orientações técnicas e operacionais, enfatizando os benefícios dessa metodologia, como o aumento da eficiência, a melhoria da qualidade e a transparência nos projetos de construção. A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) também desempenha um papel fundamental na disseminação do BIM por meio da “Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras”, composta por vários volumes que esclarecem e promovem o uso da tecnologia em escala nacional. Essa coletânea aborda práticas e estratégias para sua implantação, contribuindo para a transformação do setor da construção civil no Brasil.

Apesar das inúmeras vantagens apontadas, como a redução de retrabalhos, maior precisão no planejamento e controle de custos, e a melhoria na comunicação entre equipes multidisciplinares, a realidade enfrentada em muitos escritórios do setor ainda está distante desse ideal. Entre os principais desafios estão a implementação de novos softwares, os custos iniciais associados à aquisição de ferramentas tecnológicas e à capacitação de profissionais, além da resistência à adoção de novas práticas.

No contexto do desenvolvimento inicial de projetos estruturais, foco deste trabalho, esses desafios tornam-se ainda mais evidentes. Embora o BIM permita maior integração e eficiência na elaboração de projetos estruturais, promovendo análises mais detalhadas e visualizações tridimensionais que facilitam a detecção de conflitos, a troca de informações e a interoperabilidade entre softwares ainda representam gargalos significativos. A falta de

padronização nos fluxos de trabalho e na nomenclatura de elementos entre diferentes equipes compromete a eficiência esperada.

Portanto, esta pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender e superar os obstáculos encontrados na implementação do BIM no contexto do projeto estrutural, especialmente no Brasil. Além de analisar as vantagens e desafios dessa metodologia, principalmente em comparação à metodologia CAD, este estudo busca contribuir para o avanço da aplicação do BIM por meio da proposição de soluções práticas e adaptadas à realidade do escritório de projetos.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Estudar a metodologia BIM aplicada a empresas de desenvolvimento de projeto de estruturas de concreto armado, utilizando os softwares Revit e TQS, a fim de sugerir um modelo, padrão, mais eficiente, de forma a otimizar o processo e melhorar a qualidade do produto final.

3.2 Objetivos Específicos

- Estudar a metodologia BIM aplicada ao desenvolvimento de projetos estruturais, com foco nas práticas adotadas em empresas que utilizam os softwares Revit e TQS;
- Compreender as etapas e fluxos de trabalho na elaboração de projetos estruturais utilizando a metodologia BIM e CAD, destacando as suas principais características e vantagens;
- Comparar o modelo ideal de BIM com o que acontece diariamente em um escritório de projeto estrutural;
- Identificar as dificuldades e desafios enfrentados por empresas na implementação do BIM;
- Propor soluções e/ou melhoramentos com vista a sanar ou ao menos mitigar as dificuldades encontradas;
- Apresentar um guia de comparação de “como acontece” x “como melhorar” para integração entre projetos no BIM.

4 METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem de pesquisa aplicada, com caráter exploratório, cujo objetivo é compreender o desenvolvimento de projetos estruturais utilizando a metodologia BIM e compará-la com a metodologia CAD, buscando identificar desafios e propor melhorias nos processos analisados. A metodologia BIM foi avaliada por meio do uso dos softwares Revit, na versão 2024, e TQS, na versão plena 2023, que foram aplicados em um estudo de caso específico.

O estudo parte de um projeto arquitetônico previamente desenvolvido, onde as etapas de trabalho com ambas as metodologias – BIM e CAD – foram analisadas detalhadamente. O projeto selecionado serviu como base para a inserção e integração de informações no TQS, sendo os dados fornecidos por dois métodos distintos: manualmente, com o uso de CAD, e automaticamente, a partir do modelo desenvolvido no Revit. A comparação entre esses métodos permitiu identificar diferenças no fluxo de trabalho, nas vantagens e nas dificuldades inerentes a cada metodologia.

A integração dos softwares Revit e TQS foi analisada em termos de interoperabilidade, verificando como informações do modelo arquitetônico são transferidas para o modelo estrutural, e avaliando os ganhos, ou perda, em eficiência proporcionados pela automação.

O estudo também analisou as dificuldades encontradas ao analisar essas metodologias na prática, como a curva de aprendizado para o uso de novas ferramentas, a necessidade de compatibilização de elementos e ajustar os processos de trabalho tradicionais. Além disso, a análise dos dados ajudou a identificar formas de melhorar o uso do BIM para os projetos arquitetônicos e estruturais, tornando o processo mais eficiente e garantindo, assim, um resultado de maior qualidade.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 A tecnologia BIM aplicada a projetos da construção civil

A utilização de diversas tecnologias no setor da construção civil tem se intensificado nas últimas décadas, destacando-se o Building Information Modeling (BIM) como uma das mais inovadoras e impactantes. Ele vai além da simples modelagem tridimensional, construindo um processo que integra informações digitais detalhadas sobre todas as características físicas e funcionais de uma construção, abrangendo todo o ciclo de vida desse empreendimento, desde a concepção, passando pela execução, até a operação e manutenção.

A aplicação do BIM em projetos de construção civil oferece inúmeros benefícios, como a capacidade de identificar e resolver potenciais problemas de coordenação e interferências entre diferentes disciplinas antes da execução da obra (Nalbant, 2022). A visualização 3D integrada e as ferramentas de análise e simulação permitem otimizar o projeto de forma proativa, reduzindo retrabalhos, custos e prazos (Eastman et al., 2018). Além disso, o BIM promove um ambiente colaborativo, onde arquitetos, engenheiros, construtores e outros profissionais podem compartilhar informações através de um modelo digital unificado, melhorando a comunicação e a eficiência do fluxo de trabalho (BIM Fórum Brasil, 2023).

No contexto de projetos estruturais, o BIM demonstra ser uma ferramenta importante para garantir a precisão, viabilidade e segurança das construções. A tecnologia possibilita a realização de simulações avançadas, além da otimização do uso de recursos, resultando em projetos mais sustentáveis e econômicos. A interoperabilidade entre diferentes softwares BIM, geralmente utilizando o IFC, é crucial para o fluxo de informações entre as disciplinas (BIM Fórum Brasil, 2023). A implementação bem-sucedida do BIM requer a adaptação e capacitação dos profissionais, a padronização de processos, além da sua adaptabilidade, visando alcançar um novo nível de eficiência, qualidade e sustentabilidade na construção civil.

5.2 O que é o BIM

Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, é uma abordagem inovadora que revolucionou o setor da construção civil. De acordo com o Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024, o BIM é descrito como “o conjunto integrado de processos e tecnologias que permite criar, utilizar, atualizar e compartilhar, colaborativamente, modelos digitais de uma construção, de forma a servir potencialmente a todos os participantes do empreendimento durante o ciclo de vida da construção”. Essa definição destaca a natureza

colaborativa do BIM, envolvendo todos os interessados do projeto, desde a fase inicial de concepção até o seu uso e manutenção ao longo do tempo.

Segundo Eastman et al.,(2018), quando implementado adequadamente, o BIM transforma a forma como os projetos são gerenciados e executados, facilitando um processo de design e construção mais integrados. A integração de informações e a colaboração entre as diversas disciplinas envolvidas resultam em obras de maior qualidade, com custos reduzidos e prazos mais curtos, o que evidencia os benefícios do BIM para a indústria da construção. A adoção de modelos digitais interativos, que simulam o desempenho real do projeto, permite antecipar problemas, otimizar o uso de recursos e melhorar a coordenação entre as equipes de trabalho, resultando em um ciclo de vida da construção mais eficiente e sustentável.

Portanto, o BIM vai além de um simples software de modelagem. Ele representa um processo de trabalho que integra diferentes disciplinas e partes interessadas de maneira colaborativa, assegurando uma gestão mais eficiente das informações e processos. Este modelo possibilita a criação de soluções mais eficazes, sustentáveis e inovadoras para os desafios do setor da construção civil, consolidando-se como uma ferramenta essencial para o futuro da construção.

A Figura 1 mostra as aplicações do BIM nos mais diversos âmbitos da indústria.

Figura 1 - Aplicações do BIM



Fonte: PACI Projetos. Disponível em: <https://paci.com.br/wp-content/uploads/2019/02/bim.jpg>

5.3 Dimensões do BIM

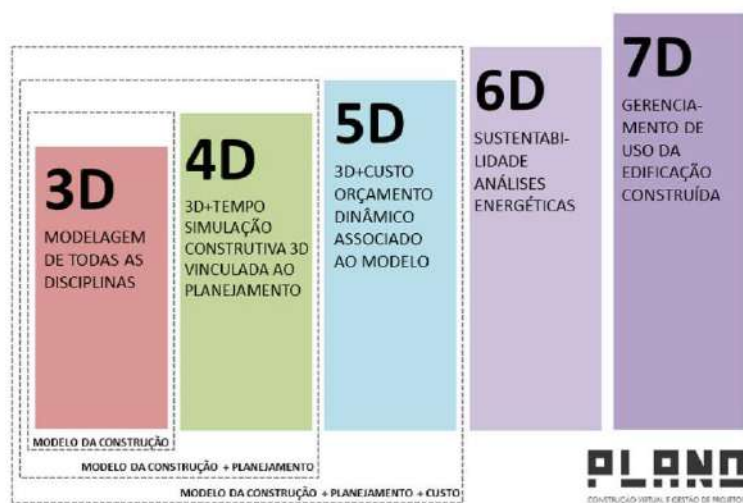
O Building Information Modeling (BIM) é estruturado em diferentes dimensões que agregam camadas de informações ao modelo, cada uma representando aspectos específicos do ciclo de vida de um projeto. Essas dimensões vão além da representação visual, incorporando dados e processos que enriquecem a gestão e o planejamento da construção. As principais dimensões do BIM são:

- 2D – Gráfico: Representa a dimensão mais básica, associada a desenhos técnicos bidimensionais. É comumente utilizada em softwares como CAD, onde os projetos são representados de forma plana e desprovida de parametrização.
- 3D – Modelo: Corresponde à criação do modelo virtual parametrizado, onde os elementos da construção são representados tridimensionalmente. Essa dimensão permite a visualização espacial do projeto e serve como base para as demais dimensões.
- 4D – Planejamento: Integra o modelo 3D com a dimensão temporal, possibilitando o planejamento e controle de prazos ao longo do ciclo de vida do projeto, desde a concepção inicial até a entrega final da edificação.
- 5D – Custos: Relaciona o modelo aos aspectos financeiros, facilitando a estimativa e o controle de custos. Essa dimensão conecta os elementos do modelo às suas respectivas composições orçamentárias, proporcionando maior precisão e eficiência.
- 6D – Sustentabilidade: Foca na análise e implementação de soluções que tornam o projeto mais sustentável. Inclui aspectos como consumo de materiais, eficiência energética, uso racional de água, conforto térmico, gestão de resíduos, entre outros.
- 7D – Operação e Manutenção (As-Built): Abrange o ciclo de vida da edificação após a conclusão da obra, incluindo informações sobre manutenção, garantias, tipos de materiais utilizados, manuais de equipamentos e outras documentações relevantes para a operação da construção.

É essencial destacar que nem todo modelo 3D é BIM, mas todo modelo BIM é 3D. Para que um projeto seja considerado BIM, seus elementos devem ser parametrizados, ou seja, devem conter tanto características gráficas quanto informações não gráficas que possam ser coletadas, modificadas, gerenciadas e compartilhadas ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. Essa parametrização é o que diferencia um modelo BIM de um simples modelo tridimensional, conferindo-lhe maior funcionalidade e aplicabilidade.

A Figura 2 mostra a representação gráfica dessas dimensões.

Figura 2 - Dimensões do BIM



Fonte: Plano Construção Virtual e Gestão de Projetos, 2019

5.4 Compatibilização de projetos e BIM

A compatibilização de projetos é uma etapa crucial no processo de construção, pois visa garantir que todos os elementos projetados, de diferentes disciplinas, estejam devidamente integrados e que suas interações sejam eficazes no canteiro de obras. A otimização da comunicação entre os profissionais envolvidos, como arquitetos, engenheiros estruturais e especialistas em instalações, é fundamental para que o produto final seja executado de acordo com os requisitos técnicos e funcionais estabelecidos. No entanto, muitos projetos ainda são compatibilizados de maneira tradicional, utilizando modelos em 2D, o que limita a visualização e pode resultar na perda de informações críticas para a execução da obra.

A metodologia BIM (Building Information Modeling) oferece uma solução avançada para esses desafios, permitindo uma abordagem mais precisa e eficiente na compatibilização de projetos. Ao integrar as informações de todas as disciplinas em um único modelo digital tridimensional, o BIM facilita a identificação de interferências e incongruências, proporcionando uma visão holística do projeto. Isso não apenas aprimora a coordenação entre os diferentes profissionais, mas também aumenta a qualidade e a precisão dos dados utilizados no processo de construção.

Para entender como a compatibilização de projetos funciona dentro da metodologia BIM, é importante primeiro compreender o conceito de interoperabilidade. A interoperabilidade é o processo de comunicação entre diferentes sistemas ou plataformas de forma eficiente, sem que haja dependência tecnológica entre eles (ENAP, 2015). No contexto do BIM, isso significa que diferentes disciplinas podem compartilhar informações, sem a

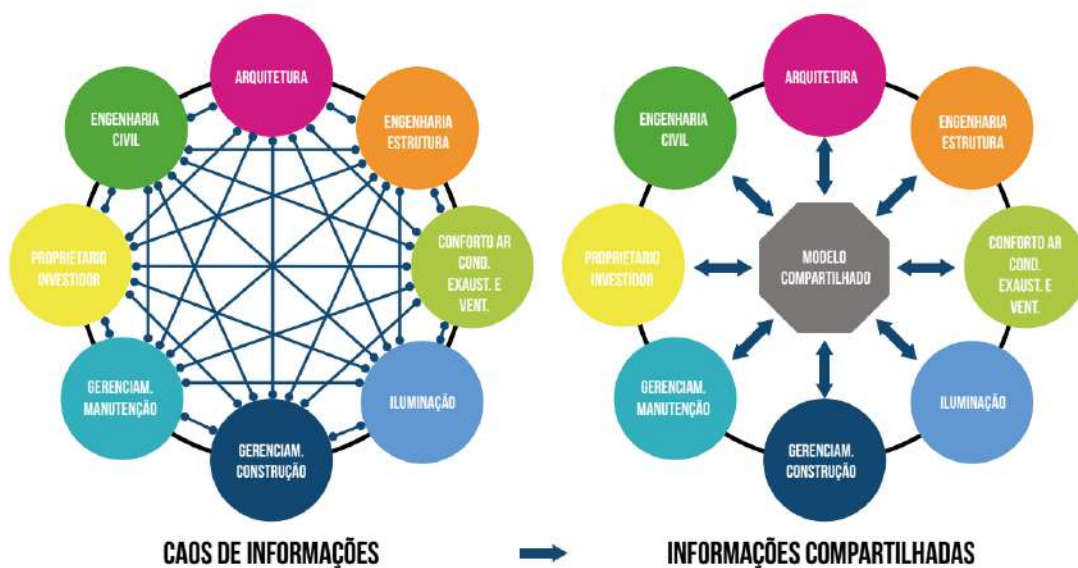
necessidade de que todos utilizem o mesmo software ou plataforma. Esse processo de integração entre as diversas áreas do projeto permite a identificação de inconsistências e falhas no design com mais precisão, o que resulta em um uso mais eficiente dos dados e na redução de retrabalhos e erros no canteiro de obras.

Uma das maiores vantagens do BIM é essa natureza colaborativa. Com o compartilhamento de modelos digitais em formatos padrão, como o IFC (Industry Foundation Classes), os profissionais podem visualizar o projeto de forma conjunta e simultânea, analisando a compatibilidade entre os diferentes elementos do projeto. Por exemplo, um arquiteto pode verificar se o projeto estrutural está alinhado com o projeto arquitetônico ou se há interferências com os sistemas de instalações elétricas e hidráulicas. Essa capacidade de realizar análises de compatibilidade em tempo real não só facilita a detecção de problemas de forma antecipada, mas também permite que os projetistas ajustem os modelos de maneira colaborativa, antes de iniciar a execução da obra.

Além disso, a troca de informações entre os profissionais é agilizada no ambiente BIM. Os dados podem ser atualizados e compartilhados instantaneamente, permitindo uma comunicação mais fluida e eficiente entre as equipes de projeto. Isso resulta em uma maior precisão na execução, redução de erros e custos imprevistos, e uma melhoria significativa no controle de prazos. A compatibilização no BIM, portanto, vai além da mera detecção de conflitos, representando um processo de integração que garante que todos os aspectos do projeto sejam cuidadosamente alinhados e otimizados antes da execução.

A Figura 3 mostra o processo tradicional de trocas de informações entre várias disciplinas, que é o comumente utilizado no desenvolvimento de um projeto baseado em documentos (CAD), na esquerda. Já na direita, mostra a utilização de um modelo compartilhado ou federado para a troca de informações entre as diferentes disciplinas.

Figura 3 - Esquerda representa projeto baseado em documentos (CAD) e a direita projetos baseados em um modelo compartilhado (BIM).



Fonte: CBIC, 2016

5.5 Projeto Estrutural e BIM

O projeto estrutural é uma das etapas mais críticas e complexas no desenvolvimento de uma edificação, exigindo um alto nível de especialização, precisão e responsabilidade por parte dos engenheiros responsáveis. Este processo envolve diversas fases que, de forma geral, podem ser subdivididas em: interpretação do projeto arquitetônico, concepção da estrutura, lançamento estrutural, análise e processamento estrutural, detalhamento dos componentes, e, por fim, a geração das pranchas de execução (Noledo, 2022). Cada uma dessas fases demanda um cuidado minucioso, pois qualquer falha ou erro pode comprometer a segurança e a funcionalidade da construção.

A implementação da tecnologia BIM (Building Information Modeling) no desenvolvimento de projetos estruturais trouxe uma série de benefícios que facilitam e aprimoram todas essas etapas. A modelagem tridimensional (3D) é uma das principais vantagens proporcionadas pelo BIM, pois permite que os engenheiros visualizem a estrutura de forma clara e precisa, o que facilita a compreensão do projeto e a identificação de possíveis problemas antes mesmo da execução. A visualização em 3D, ao contrário dos tradicionais desenhos 2D, oferece uma representação mais realista da edificação, tornando as correções mais eficientes e os ajustes mais rápidos.

Além da modelagem tridimensional, o BIM também oferece recursos para a extração automática de informações do modelo digital, como quantidades, materiais e especificações

técnicas. Esse processo não só reduz o tempo gasto na coleta de dados, mas também aumenta a precisão das informações, evitando erros decorrentes de cálculos manuais ou da utilização de dados desatualizados. As informações geradas pelo BIM são organizadas de maneira estruturada e podem ser acessadas em diferentes formatos, facilitando o trabalho dos engenheiros em diferentes fases do projeto e oferecendo uma base sólida para futuras etapas, como a execução e a manutenção.

Outro benefício importante do BIM para o projeto estrutural é a capacidade de identificar interferências entre diferentes sistemas e disciplinas (arquitetura, estruturas, instalações, etc.). O software BIM permite que todos os modelos das diversas disciplinas sejam integrados em um único arquivo digital, proporcionando uma visualização compartilhada e permitindo a detecção antecipada de conflitos. Por exemplo, um erro comum que ocorre em projetos tradicionais é a incompatibilidade entre o posicionamento de vigas e tubulações. No BIM, essas interferências podem ser identificadas rapidamente, permitindo que ajustes sejam feitos antes que o projeto chegue à fase de construção, o que reduz significativamente o risco de retrabalho e custos adicionais.

O detalhamento do projeto estrutural também é aprimorado com a utilização do BIM. Ao invés de depender de cálculos manuais e desenhar detalhes a mão, os engenheiros podem gerar automaticamente os desenhos de detalhamento a partir do modelo 3D, garantindo maior precisão. A geração de pranchas a partir do modelo digital também é mais ágil e segura, pois as informações são extraídas diretamente do modelo, evitando possíveis erros humanos e discrepâncias entre os documentos e o modelo real.

Além disso, o uso de BIM no projeto estrutural contribui para uma gestão mais eficiente e colaborativa do projeto. O modelo digital compartilhado entre todas as partes envolvidas – como arquitetos, engenheiros e construtores – garante que todos tenham acesso às mesmas informações em tempo real, o que facilita a comunicação e a tomada de decisões. A transparência proporcionada pela plataforma BIM ajuda a minimizar falhas de comunicação, aumenta a precisão do projeto e promove uma integração mais eficiente entre as diferentes equipes.

Em resumo, o uso de BIM no projeto estrutural proporciona uma série de vantagens, como a melhoria da visualização, a automação da extração de dados, a detecção precoce de interferências e a simplificação do detalhamento e geração de pranchas. Essas funcionalidades não apenas tornam o processo de projeto mais eficiente, mas também garantem um maior nível de precisão e qualidade, resultando em construções mais seguras, com menores custos e prazos reduzidos.

5.6 Desafios encontrados na utilização da metodologia BIM

Embora a metodologia BIM (Building Information Modeling) traga um cenário promissor para a indústria da construção, sua adoção total ainda enfrenta desafios significativos. O principal obstáculo para a implementação do BIM em larga escala é a utilização e integração de uma variedade de programas e plataformas tecnológicas, muitas vezes incompatíveis entre si. A integração desses diferentes softwares, que frequentemente possuem formatos próprios e requerem especificidades técnicas, é um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas e profissionais do setor. Embora cada ferramenta seja projetada para atender a necessidades específicas dentro do processo de modelagem, coordenação e execução de projetos, a falta de padronização e a complexidade de integrar essas plataformas ainda dificultam a fluidez na troca de informações entre as diferentes disciplinas envolvidas.

Apesar dessas dificuldades, o governo brasileiro tem se empenhado em fomentar a adoção do BIM, criando políticas públicas e incentivos para a sua implementação. O Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024, é um exemplo dessa iniciativa, que tem “com o objetivo de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e a sua difusão no País”. Esse movimento institucional visa acelerar a transição para o uso da tecnologia em larga escala, estabelecendo uma base legal que impulsiona sua adoção pela indústria. Além disso, o governo tem investido em programas de capacitação e apoio à transição digital, o que demonstra a intenção de promover a utilização do BIM de forma abrangente no setor da construção civil.

No entanto, a introdução de novas tecnologias e ferramentas requer mudanças significativas nos processos de trabalho e na cultura das empresas, o que contribui para a resistência de muitos profissionais, especialmente em escritórios de arquitetura e engenharia. A metodologia BIM, por envolver um conjunto de tecnologias interconectadas, exige que os profissionais adquiram novos conhecimentos e habilidades em diferentes softwares e plataformas, o que pode ser visto como um obstáculo para aqueles que estão habituados aos processos tradicionais de desenho e documentação. O treinamento e a capacitação contínuos são, portanto, essenciais para superar essa resistência e garantir que os profissionais estejam preparados para aproveitar as vantagens que o BIM oferece.

Embora a curva de aprendizado e a resistência inicial sejam desafios reais, os benefícios da metodologia BIM são substanciais e justificam o esforço. A interoperabilidade proporcionada pelo BIM permite que os diferentes sistemas e disciplinas se comuniquem de forma mais eficiente, facilitando a integração entre os diversos profissionais envolvidos no projeto. A automação do processo de desenho e a captura automática de dados não apenas

aceleram a produção dos projetos, mas também aumentam a precisão das informações, minimizando erros e retrabalho. Essa melhoria na eficiência do processo resulta diretamente em ganhos de produtividade, permitindo um melhor planejamento da obra e uma gestão mais eficaz dos recursos, como a quantidade de materiais necessários e o tempo de execução.

A comunicação entre os projetistas também é significativamente aprimorada pelo uso do BIM, pois todos os envolvidos podem acessar um modelo único e atualizado em tempo real, o que facilita a resolução de problemas e a tomada de decisões rápidas. Esse processo colaborativo é um dos maiores pontos fortes da metodologia, pois reduz o risco de conflitos e falhas de comunicação, frequentemente observados nos métodos tradicionais de trabalho.

Por fim, a adoção do BIM permite uma visão mais abrangente e integrada do projeto, abrangendo todo o seu ciclo de vida, desde a concepção até a operação e manutenção. Isso traz uma série de vantagens, como a possibilidade de realizar simulações e análises de desempenho ainda na fase de projeto, o que contribui para a criação de soluções mais eficientes e sustentáveis. Ao considerar a construção como um sistema integrado e interdependente, o BIM promove uma abordagem mais estratégica e inteligente para o desenvolvimento de projetos na construção civil.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 Apresentação

O objetivo deste trabalho é demonstrar o desenvolvimento e a trabalhabilidade das ferramentas BIM no projeto estrutural, bem como realizar uma comparação com o uso de ferramentas CAD tradicionais. Por meio dessa análise, busca-se compreender os processos necessários para a elaboração do produto final, identificar os desafios e limitações encontrados em cada abordagem e propor soluções que possam otimizar a eficiência e a qualidade dos projetos estruturais.

Nas versões mais recentes do software TQS, existe uma funcionalidade que permite a integração com o Revit por meio de arquivos nas extensões RQT e TQR, tanto para exportar o modelo estrutural do TQS para o Revit quanto para realizar a importação no sentido inverso. Essa funcionalidade representa um avanço significativo na interoperabilidade entre plataformas, facilitando a troca de informações e reduzindo o retrabalho. Para que a integração seja bem-sucedida, é imprescindível que os elementos estejam modelados corretamente no Revit, garantindo que os dados sejam capturados com precisão.

Os principais elementos lidos pelo TQS ao importar um modelo do Revit incluem:

- Lajes (modeladas como pisos no Revit).
- Elementos estruturais (como pilares e vigas).
- Cargas de parede (dependem de modelagem prévia e exigem ajustes manuais para incluir os valores adequados).
- Furos (se previamente modelados no Revit).
- Níveis de pavimentos e seus respectivos nomes.

Embora a integração não seja completamente automatizada, exigindo intervenções manuais em alguns casos, ainda assim, o uso dessa funcionalidade proporciona um ganho significativo de tempo e precisão no processo de modelagem estrutural.

Um exemplo prático são as lajes, que no TQS precisam ser identificadas manualmente. É necessário especificar que a área demarcada corresponde a uma laje com determinada espessura, embora, em um modelo 100% compatível, o programa consiga interpretar essa característica automaticamente. Pilares modelados no Revit são lidos diretamente pelo TQS, mas se não estiverem presentes no modelo, precisarão ser inseridos manualmente. No caso das cargas de parede, embora todos os tipos sejam identificados, ainda é necessário determinar manualmente os valores das cargas, que variam conforme a espessura das paredes.

Por outro lado, utilizando desenhos em CAD, todo o processo é realizado de forma manual, sem qualquer tipo de automatização. Desde a inserção dos níveis até a demarcação das lajes, pilares, vigas e cargas de parede, cada etapa depende da intervenção do projetista, o que resulta em um fluxo de trabalho mais longo e suscetível a erros. Além disso, a ausência de ferramentas de visualização tridimensional torna mais difícil a identificação e interpretação de informações.

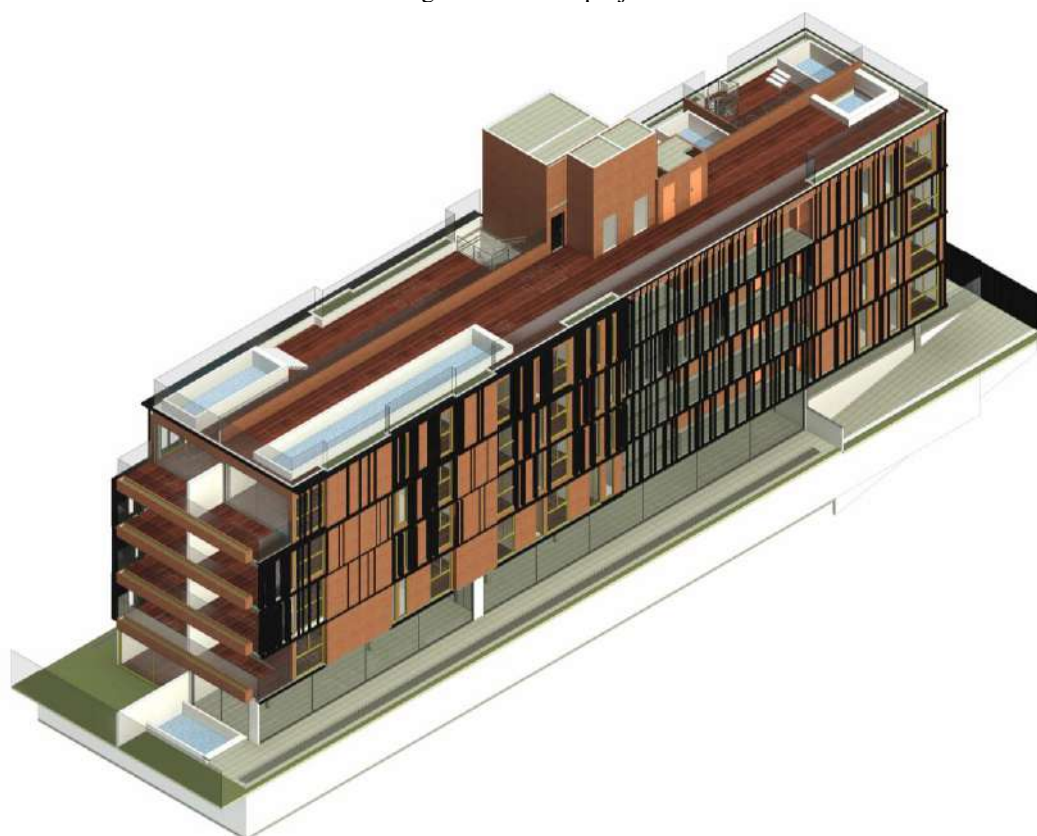
É mais fácil identificar informações dos projetos em Revit do que em CAD. Às vezes, neste último, não é possível entender claramente alguns elementos ou espaços representados, coisa que é menos comum utilizando a visualização 3D e parametrização, que o Revit traz, sendo mais simples e intuitivo.

6.2 Projeto em estudo

O objeto de estudo deste trabalho será um edifício residencial situado em Areia Dourada, no município de Cabedelo, no estado da Paraíba. O projeto arquitetônico foi desenvolvido pelo renomado escritório de arquitetura Leonardo Maia Arquitetos, utilizando o software Revit para a modelagem e detalhamento das soluções arquitetônicas. Por sua vez, o projeto estrutural está sendo executado pelo escritório Tecncon Engenharia Estrutural, utilizando o software TQS, com posterior integração ao Revit.

A edificação em questão é composta por uma única torre residencial, que ocupa uma área construída de 3.083,33 m². Ela possui um total de sete pavimentos, conforme ilustrado na Figura 4, e estrutura do edifício será construída em concreto armado e protendido.

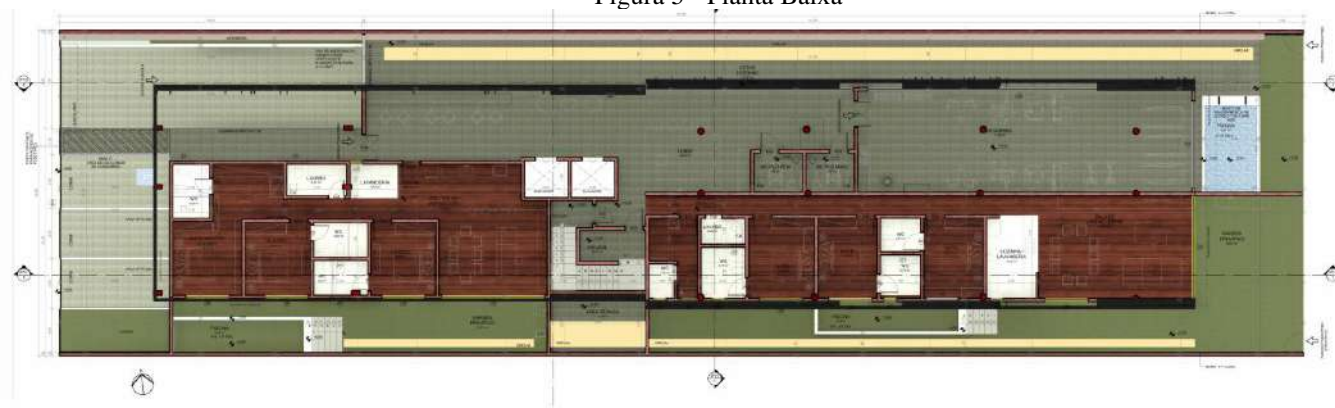
Figura 4 - 3D do projeto



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

A Figura 5 mostra a planta baixa de arquitetura com layout de um pavimento tipo, para o qual é feito o primeiro esboço de lançamento estrutural. As Figuras 6, 7, 8 e 9 apresentam as fachadas que auxiliam no lançamento estrutural.

Figura 5 - Planta Baixa



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 6 - Fachada Sul



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 7 - Fachada Oeste



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 8 - Fachada Leste



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 9 - Fachada Norte



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Observações sobre este estudo:

- Os arquivos DWG foram fornecidos juntamente com um arquivo do Revit® pelo escritório de arquitetura, sendo que é provável que os arquivos DWG tenham sido gerados a partir do modelo no Revit®.
- Todos os elementos estruturais presentes no projeto arquitetônico foram considerados, incluindo lajes (que correspondem às famílias de pisos) e pilares. É comum que arquitetos incluam pilares "pré-locados" nos desenhos arquitetônicos, o que pode ajudar a definir um dimensionamento inicial da estrutura. No entanto, esses elementos frequentemente sofrem alterações durante o desenvolvimento do projeto estrutural, tanto em relação às suas seções quanto à sua localização no projeto final. Essa flexibilidade é necessária devido às especificidades da análise estrutural, que muitas vezes exige ajustes para garantir a segurança, a funcionalidade e a viabilidade do projeto.

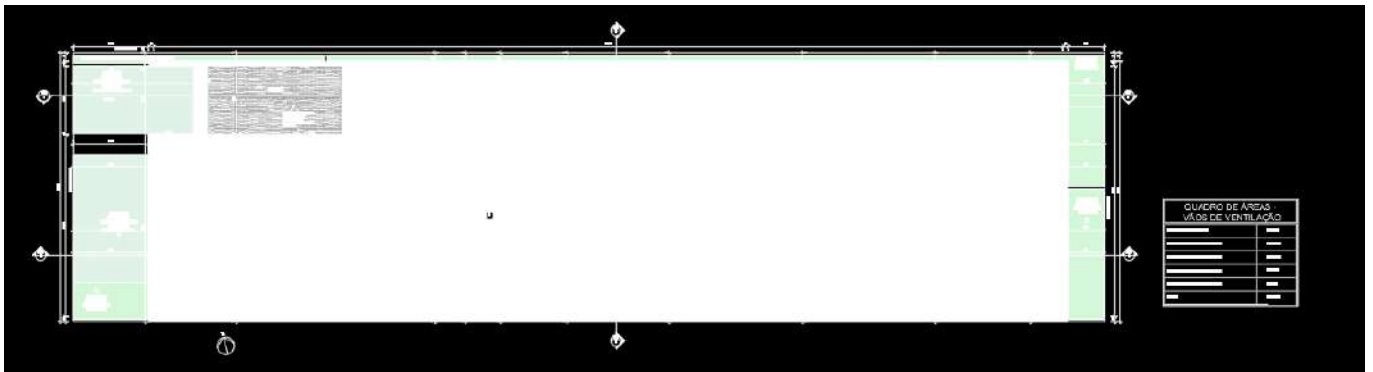
6.2.1 Projeto em CAD

O processo de análise inicial do projeto tem início com as plantas fornecidas em formato DWG. O primeiro passo é compreender a arquitetura e seus elementos principais, garantindo uma visão clara do projeto antes de prosseguir. A etapa seguinte envolve a limpeza e a preparação das pranchas, adequando-as para a modelagem no TQS. Para maior precisão nesse

processo, é recomendável utilizar arquivos em PDF como material de consulta, pois eles costumam oferecer maior clareza nas informações.

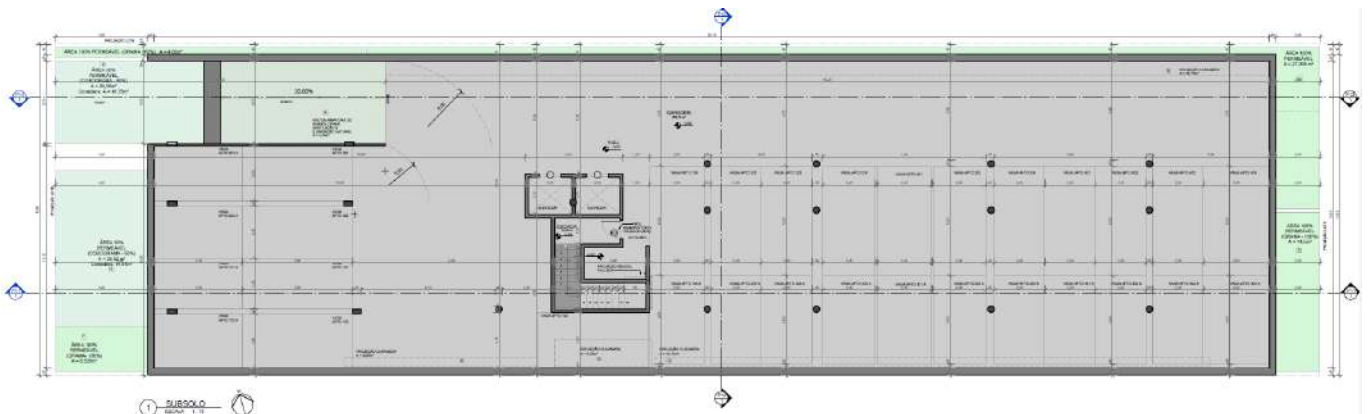
A Figura 10 ilustra a prancha 02 do projeto arquitetônico, que contém a planta baixa. Nela, foi possível identificar o primeiro problema: vários objetos são representados por hachuras, o que “polui” visualmente o desenho, provavelmente devido ao fato de o arquivo ter sido gerado no Revit. Nesse caso, o arquivo em PDF permite uma visualização mais clara dos elementos, possibilitando a limpeza adequada do arquivo, como demonstrado na Figura 11. Vale destacar que, se o projeto tivesse sido desenvolvido exclusivamente em CAD, esse tipo de problema, em grande medida, poderia ser evitado.

Figura 10 - Planta Baixa em DWG - Subsolo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

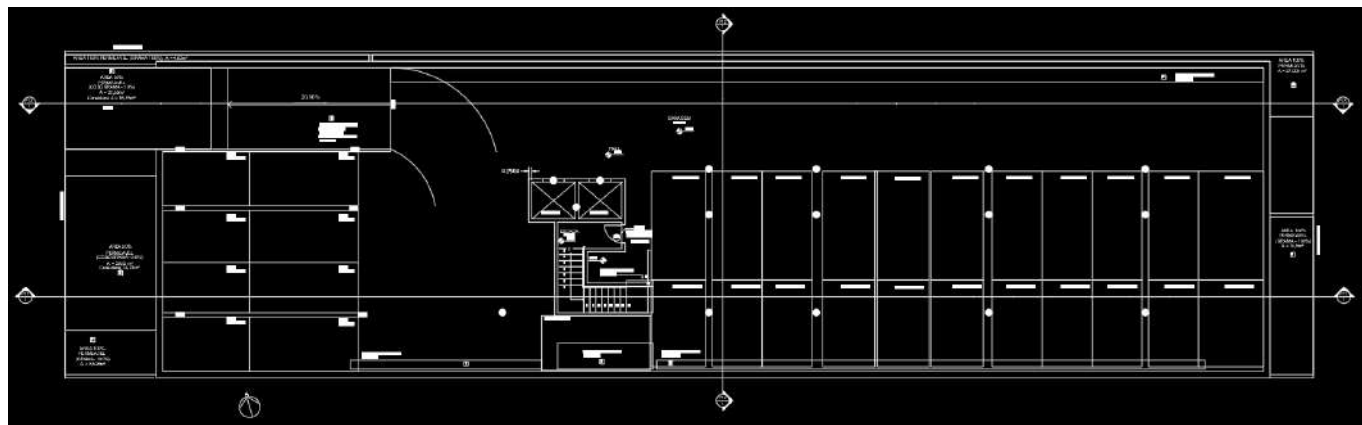
Figura 11 - Planta Baixa em PDF - Subsolo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Após a limpeza do desenho, é possível identificar todos os elementos do pavimento, como a área de elevadores e escada, além de alguns pilares que foram colocados pelo arquiteto (Figura 12).

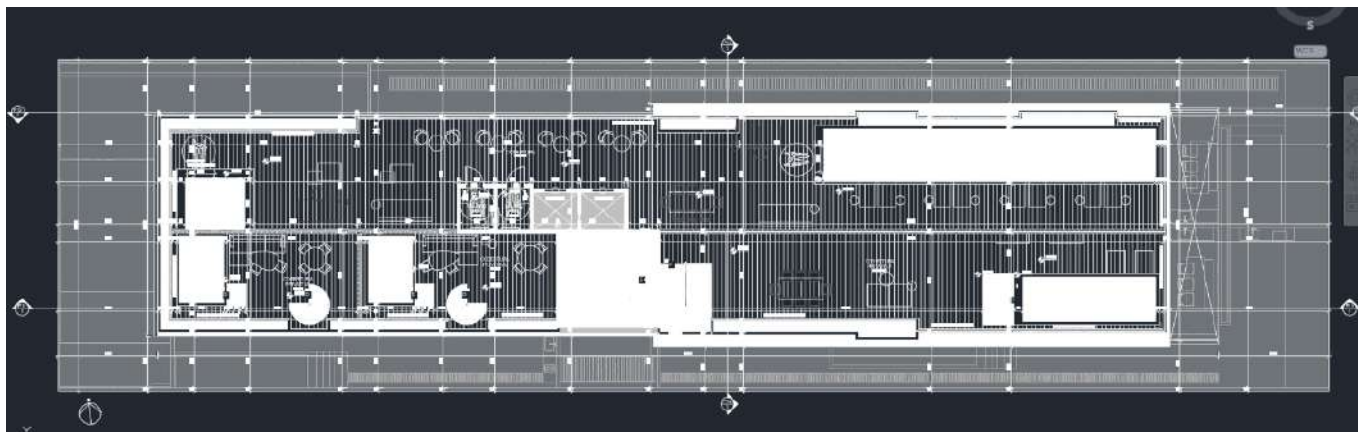
Figura 12 - Planta baixa limpa - Subsolo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

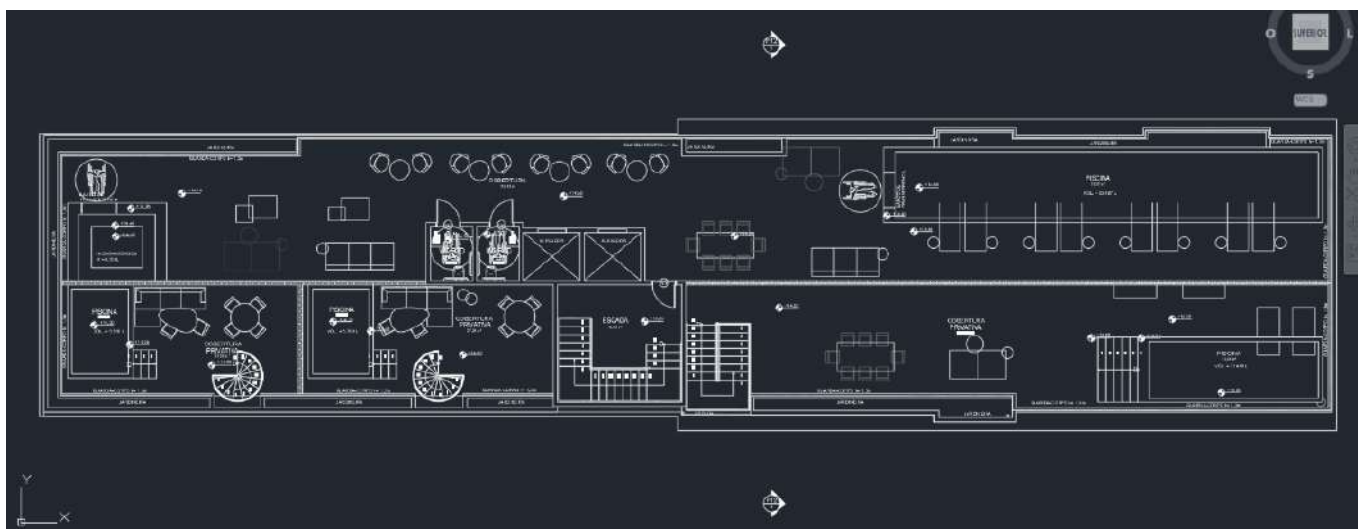
Outros exemplos da limpeza da arquitetura encontram-se nas Figuras 13 e 14, que mostram esse processo aplicado ao pavimento da cobertura.

Figura 13 - Arquitetura suja



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 14 - Arquitetura limpa

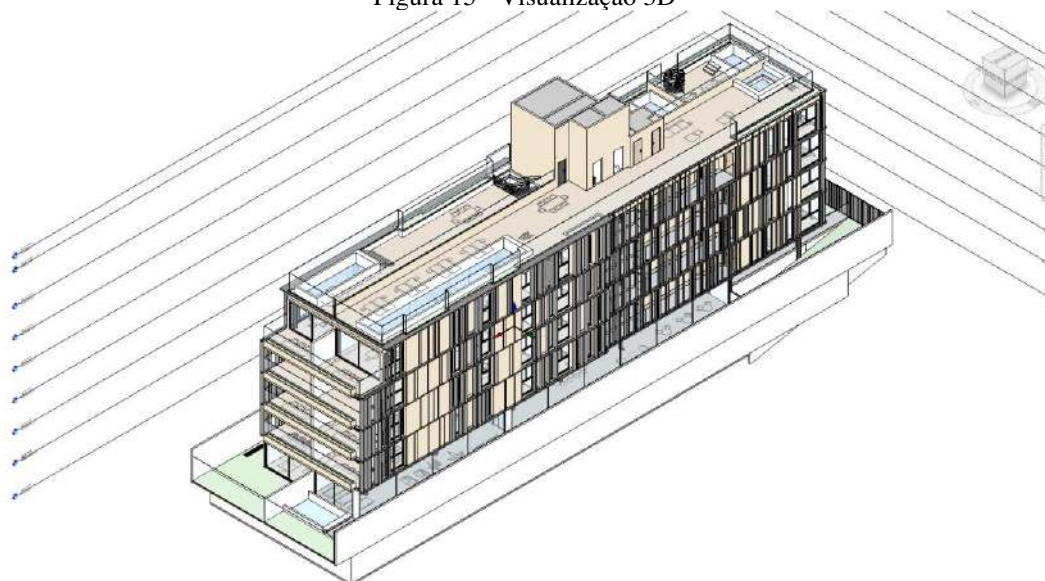


Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

6.2.2 Projeto em Revit

Seguindo a mesma ideia do que foi descrito no item anterior, em CAD, é necessário estudar a arquitetura, entender o projeto e depois começar a fazer a limpeza. Utilizando o modelo em Revit é mais fácil de entender o projeto, já que seus elementos estão modelados em 3D, como mostrado na Figura 15; portanto, sua visualização é facilitada.

Figura 15 - Visualização 3D

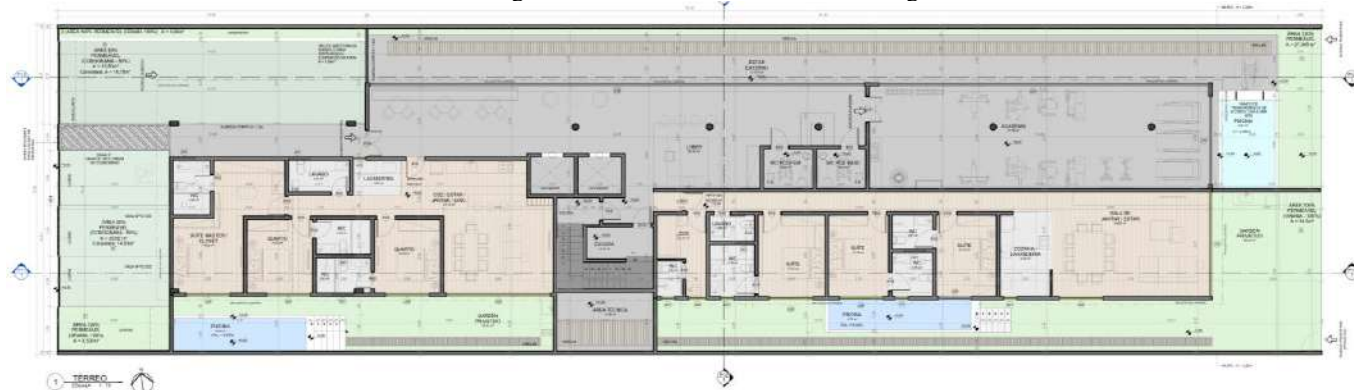


Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Na planta baixa do térreo, conforme a Figura 16, percebe-se a quantidade de informação que contém a planta baixa original, que está com o layout de arquitetura. Após a limpeza na

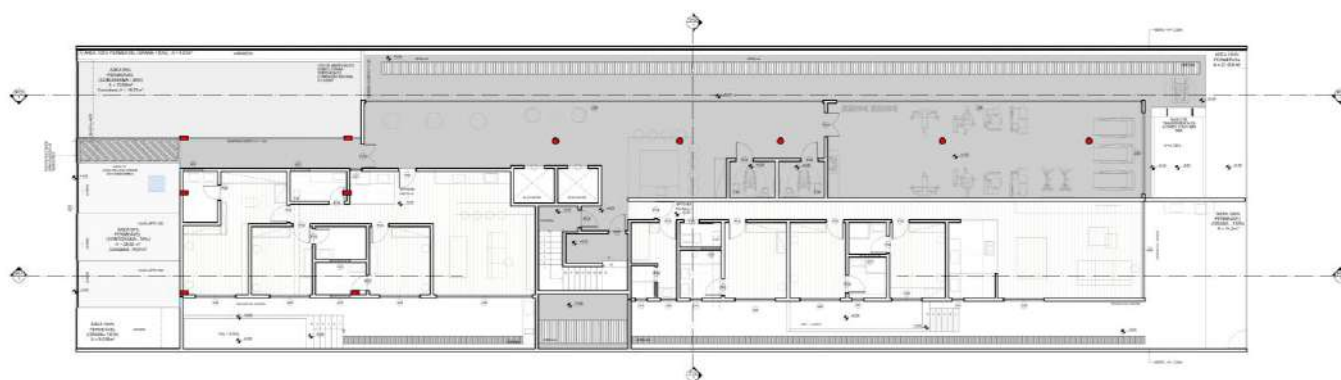
Figura 17, permanecem apenas as informações necessárias, para servirem de base para o modelo estrutural, como acontece em CAD.

Figura 16 - Planta baixa – Térreo – Original



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 17 - Planta baixa - Térreo - Limpo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

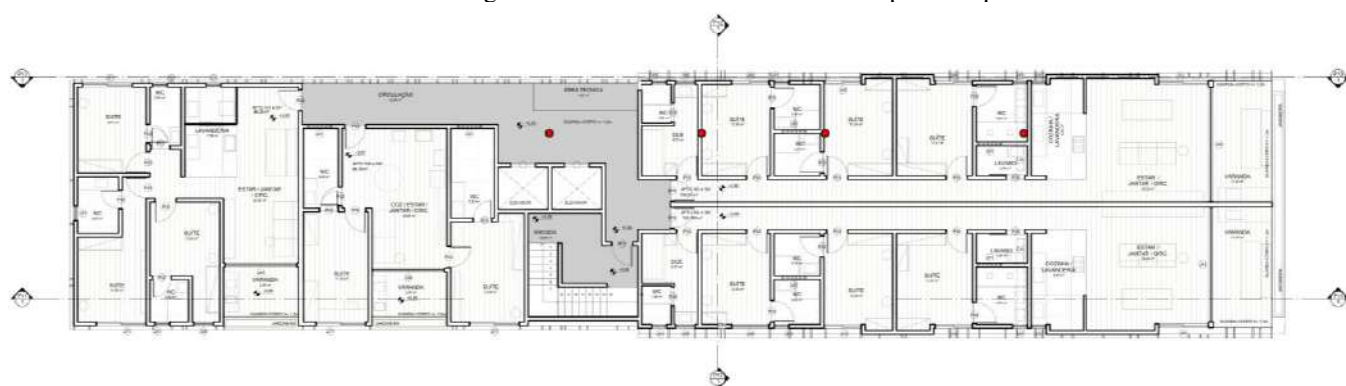
Para importar o modelo para o TQS, é mais interessante utilizar a exibição de modelo "linha oculta", pois a arquitetura será transferida sem os preenchimentos, hachuras ou cores dos elementos. Isso ajuda a manter o projeto mais limpo no programa e, por isso, os desenhos limpos aparecem em preto e branco. A seguir encontram-se os desenhos referentes aos pavimentos tipos e cobertura, originais, nas Figuras 18 e 20, e após a limpeza, nas Figuras 19 e 21, respectivamente.

Figura 18 - Planta baixa - Pavimento Tipo - Original



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 19 - Planta Baixa - Pavimento Tipo - Limpo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 20 - Planta Baixa - Cobertura - Original



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 21 - Planta baixa - Cobertura - Limpo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

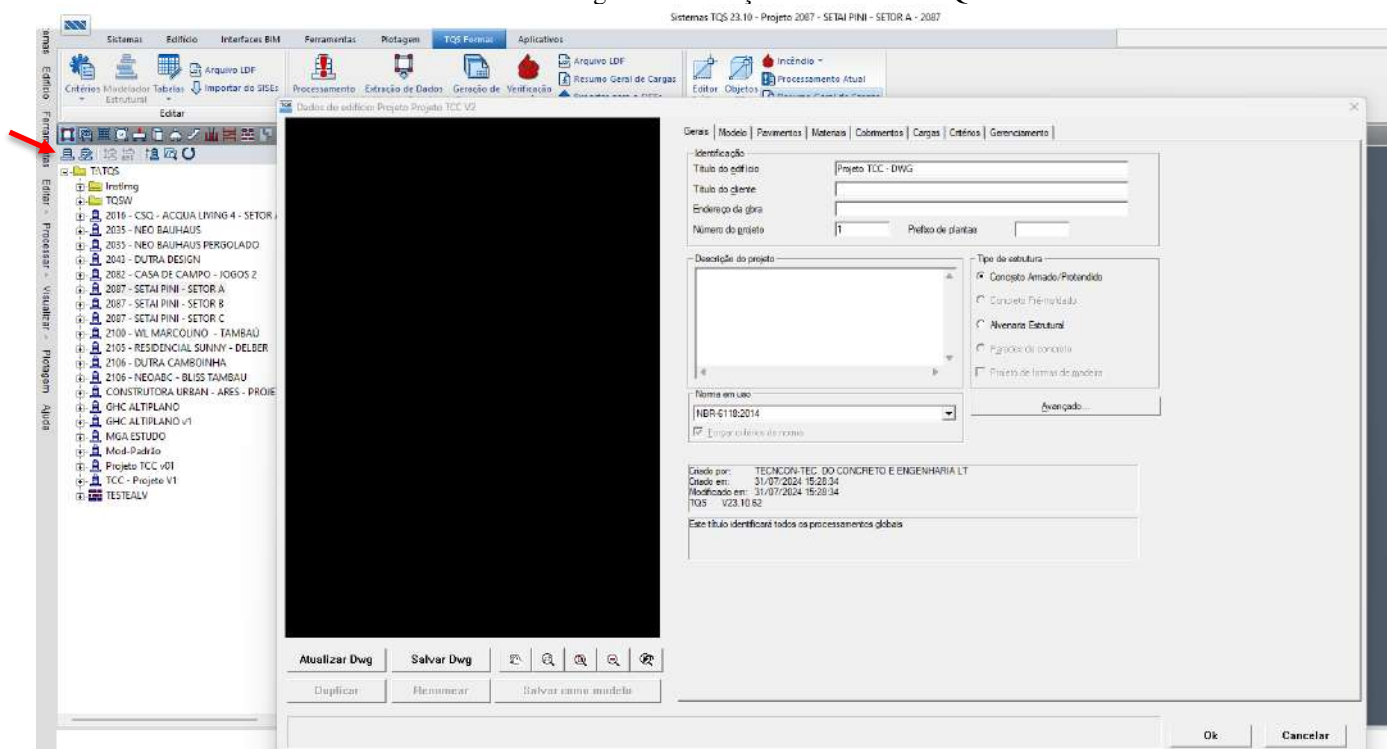
6.2.3 TQS

Após a conclusão da limpeza inicial, é hora de inserir os projetos no TQS, o programa utilizado para a modelagem e dimensionamento estrutural. Essa limpeza inicial é necessária porque, ao converter os desenhos para o formato DWG do TQS e importar o modelo 3D, podem surgir elementos antes invisíveis ou apresentar *bugs* que fazem aparecer várias linhas aleatórias, por exemplo.

6.2.3.1 CAD (DWG)

Dar entrada em um projeto no TQS utilizando os arquivos DWG é mais direta. A criação do edifício no programa TQS é iniciada através do comando “novo edifício”, a partir do qual se define seu nome e depois duas características (Figura 22). Como o foco deste trabalho não é a parte de dimensionamento, não será mostrado nenhuma configuração a esse respeito.

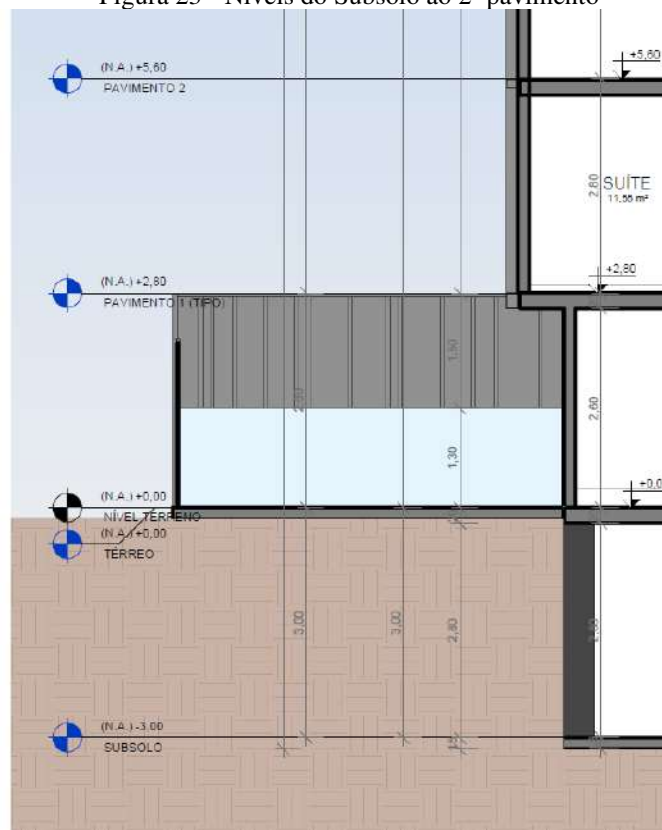
Figura 22 - Criação do Edifício – TQS



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

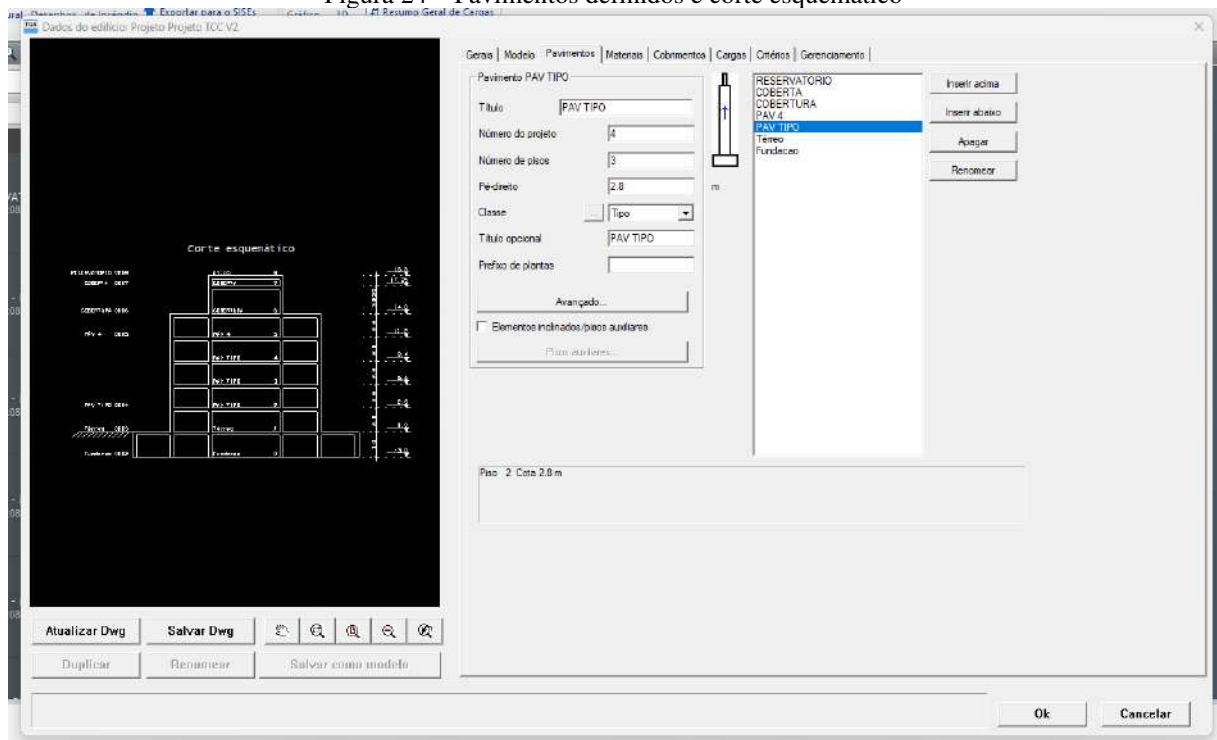
Durante o processo de criação do edifício no TQS, um ponto importante é a definição dos níveis do edifício, ou seja, seus pavimentos. No BIM, como será mostrado posteriormente, essa etapa é automática, porém, em CAD é manual. Primeiro, é preciso definir a profundidade do subsolo, que é onde se inicia o prédio, nesse caso – 3,00 m do nível 0,00 m; depois o pé esquerdo do térreo, que será 3,00 m. Para os demais pavimentos (1º pavimento à cobertura), será 2,80 m; do pavimento de cobertura para a coberta serão 3,25 m; e a parte do reservatório, 1,25 m. Todos os valores são definidos no projeto de arquitetura (Figura 23) e inseridos no TQS (Figura 24).

Figura 23 - Níveis do Subsolo ao 2º pavimento



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 24 – Pavimentos definidos e corte esquemático

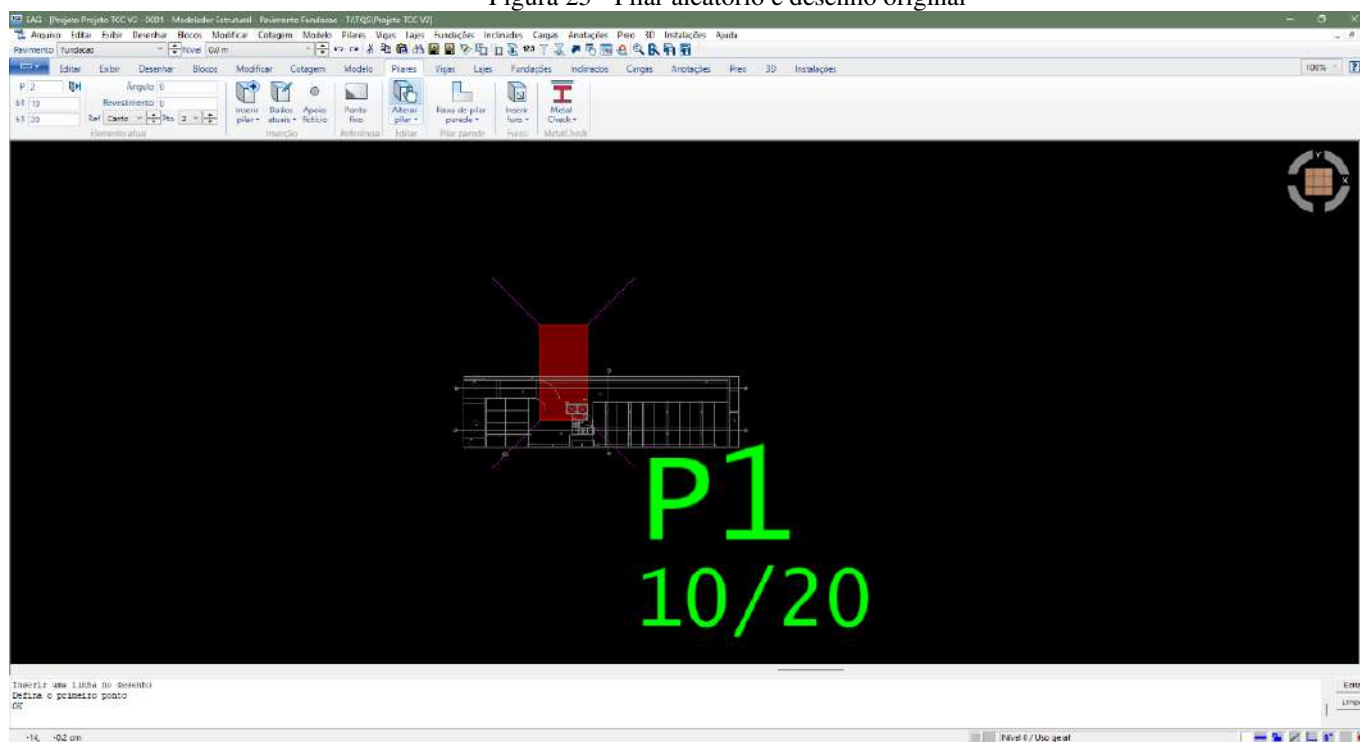


Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Em seguida, com as informações iniciais do edifício prontas, é hora de colocar as arquiteturas em cada nível, elas servirão de rascunho para a inserção dos elementos estruturais. É importante lembrar que, por ser um projeto em DWG, é necessário atentar-se em colocar esses desenhos na mesma posição em todos os pavimentos, a fim de respeitar o alinhamento dos pilares, além de considerar a escala dos desenhos. Normalmente os desenhos em CAD são concebidos com dimensões em metros, enquanto o TQS precisa de precisão centimétrica, por isso é necessário alterar a escala do desenho de arquitetura, essa é outra etapa necessária antes de começar a modelar os elementos.

Para ajudar o entendimento dessas duas etapas, a Figura 25 apresenta um exemplo ilustrando um pilar (P1) no ponto (0,0) com a planta baixa de arquitetura do pavimento ao fundo, exibida como rascunho, sem alinhamento e em escalas diferentes.

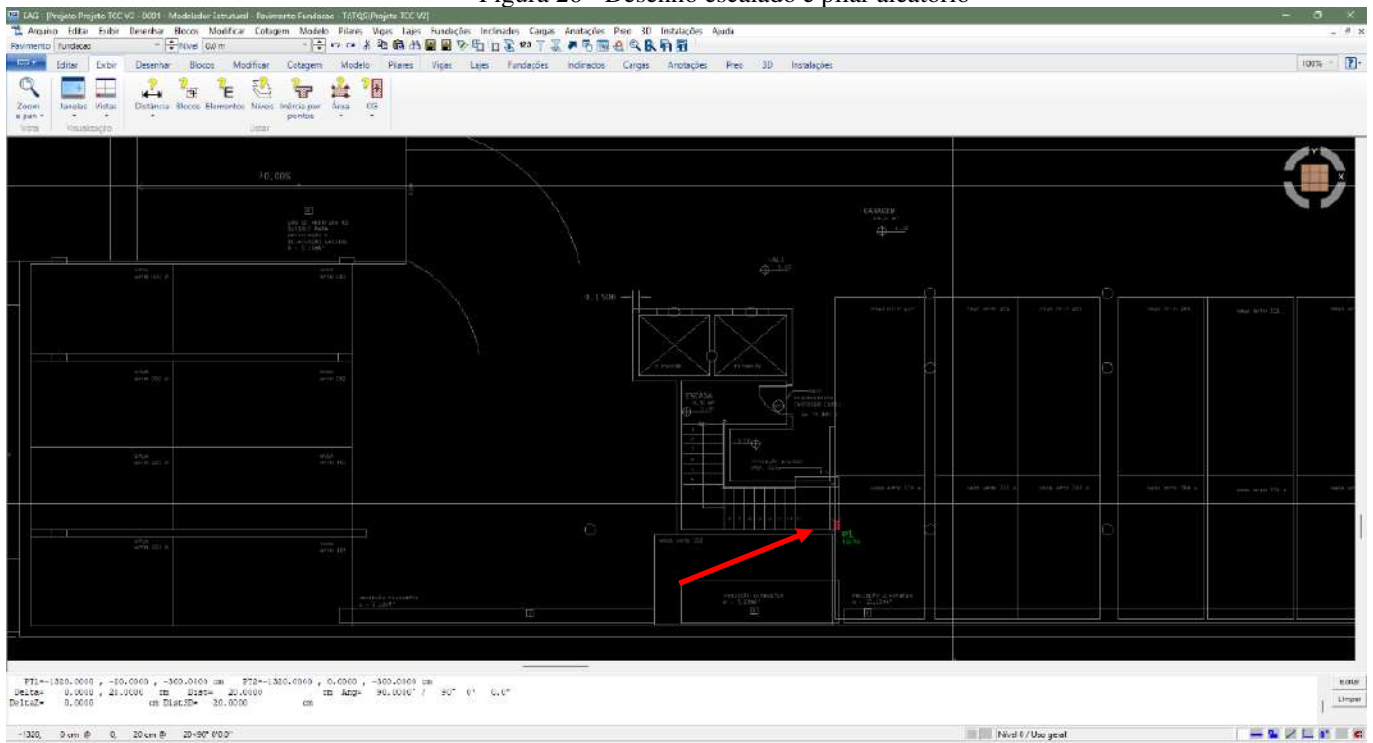
Figura 25 - Pilar aleatório e desenho original



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

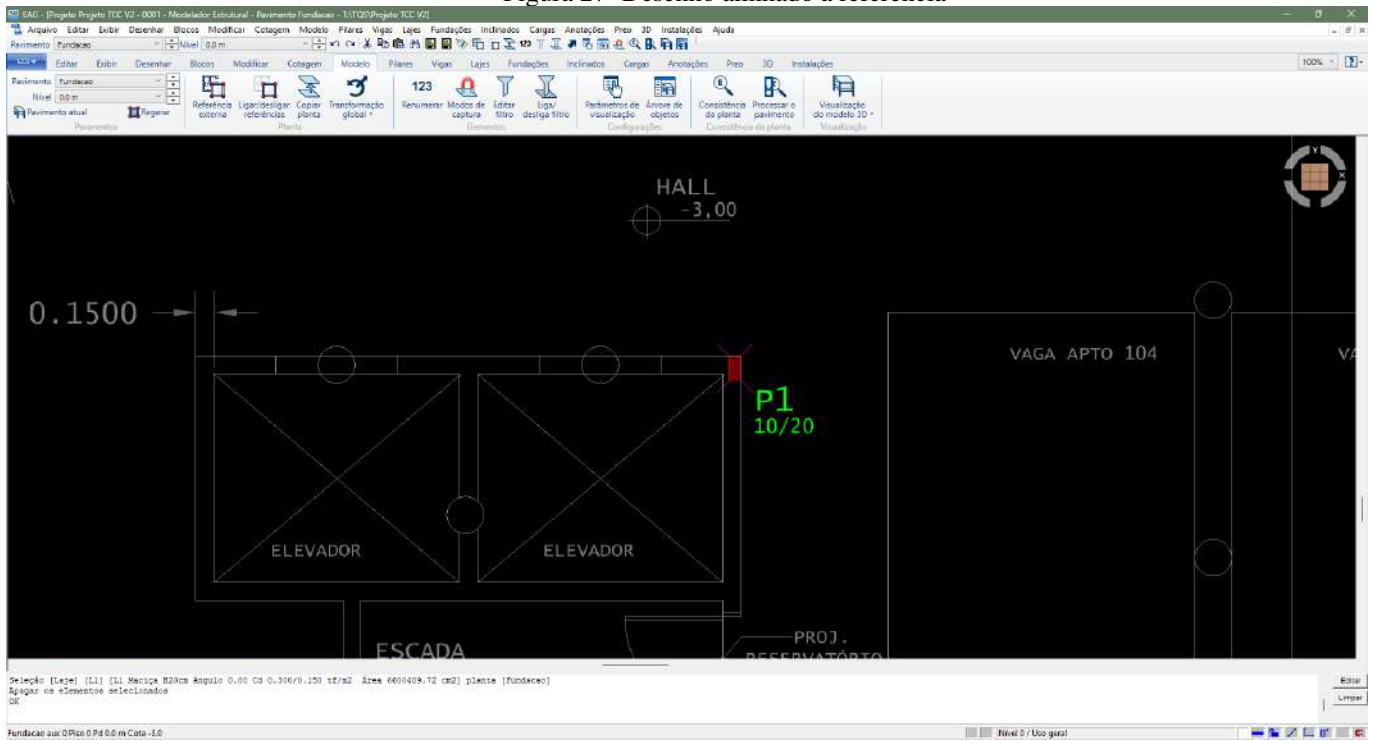
A Figura 26 já apresenta o desenho escalado, porém ainda sem o devido alinhamento. Tendo-se definido o ponto de alinhamento dos projetos, executa-se o correto posicionamento conforme mostrado na Figura 27.

Figura 26 - Desenho escalado e pilar aleatório



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

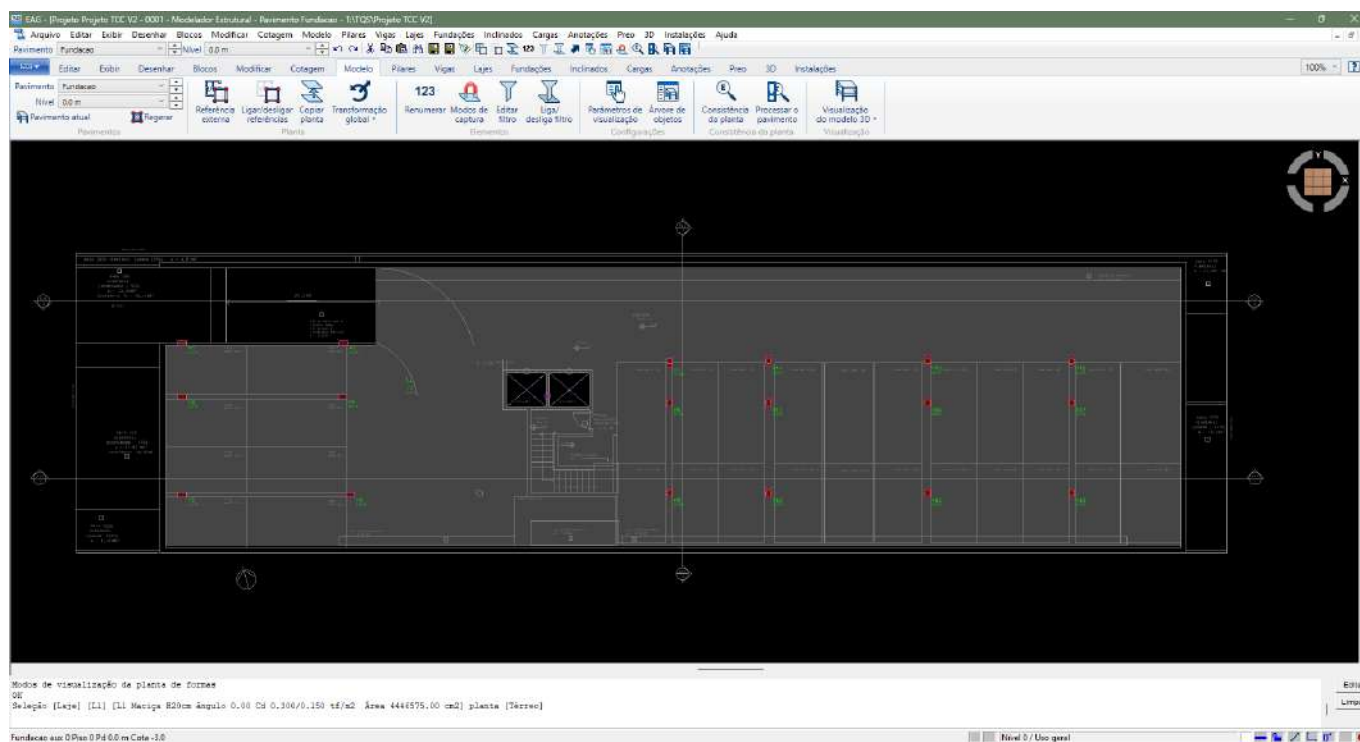
Figura 27- Desenho alinhado à referência



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

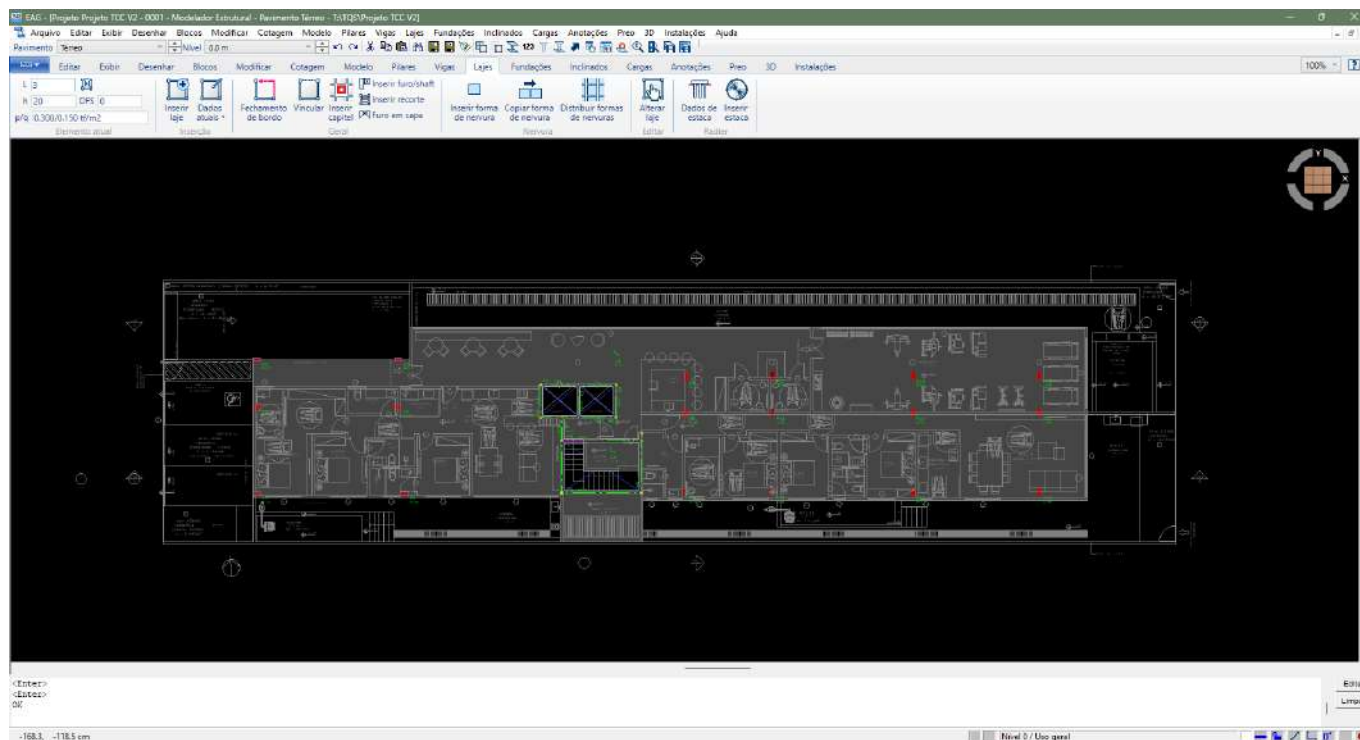
Feito isso é possível iniciar a modelagem da estrutura, com a definição de seções e localização dos elementos estruturais: pilares, vigas e lajes, conforme as Figuras 28 e 29. Lembrando que este não é o foco do trabalho, portanto não deve ser considerado o dimensionamento utilizado na modelagem.

Figura 28 – Pavimento com pilares – Subsolo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

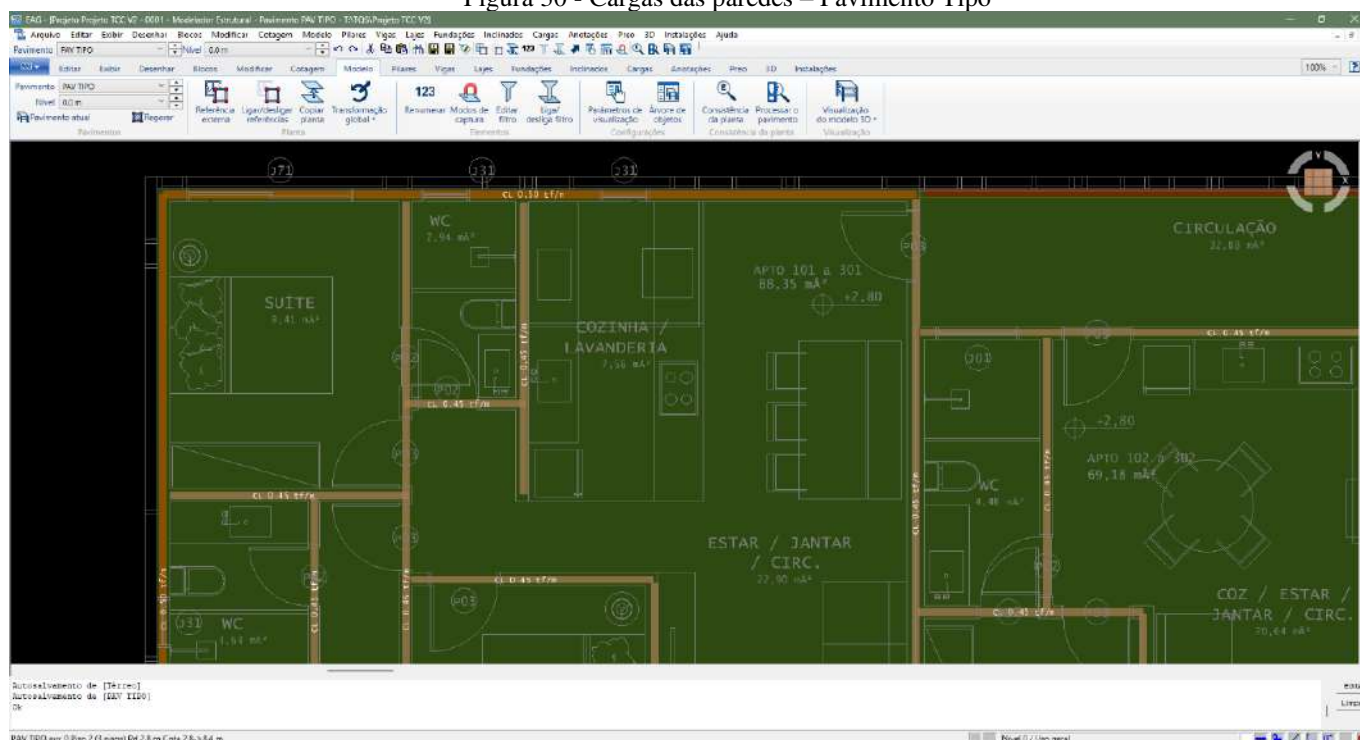
Figura 29 – Laje com pilares e vigas – Térreo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Finalizando essa parte, definem-se as cargas de parede, que são colocadas uma por uma, cujos valores dependem dos tipos de parede a serem usados no projeto (espessura, material) e sua altura, ambos definidos pela arquitetura. No caso em estudo, foram considerados dois tipos: interna e externa (Figura 30).

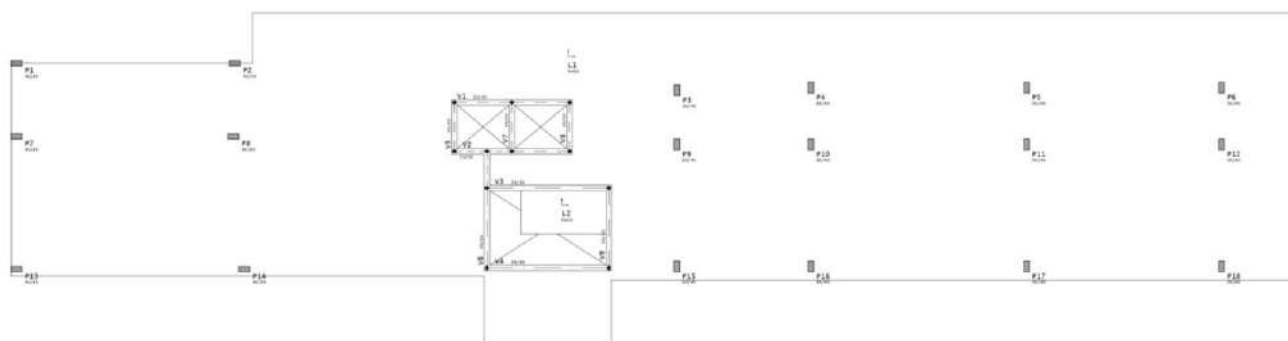
Figura 30 - Cargas das paredes – Pavimento Tipo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Na Figura 31 apresenta-se a modelagem, sem cargas e arquitetura, evidenciando a estrutura lançada.

Figura 31 - Pavimento térreo – sem arquitetura

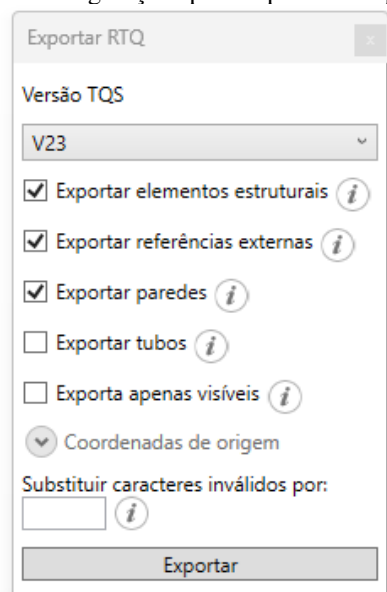


Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

6.2.3.2 BIM (RQT)

Para dar entrada no projeto no TQS, é necessária a transformação do modelo na extensão RQT, que é feita através de plug-in gratuito disponibilizado pela própria TQS. Para o melhor aproveitamento do modelo, as configurações devem ser aquelas as mostradas na Figura 32

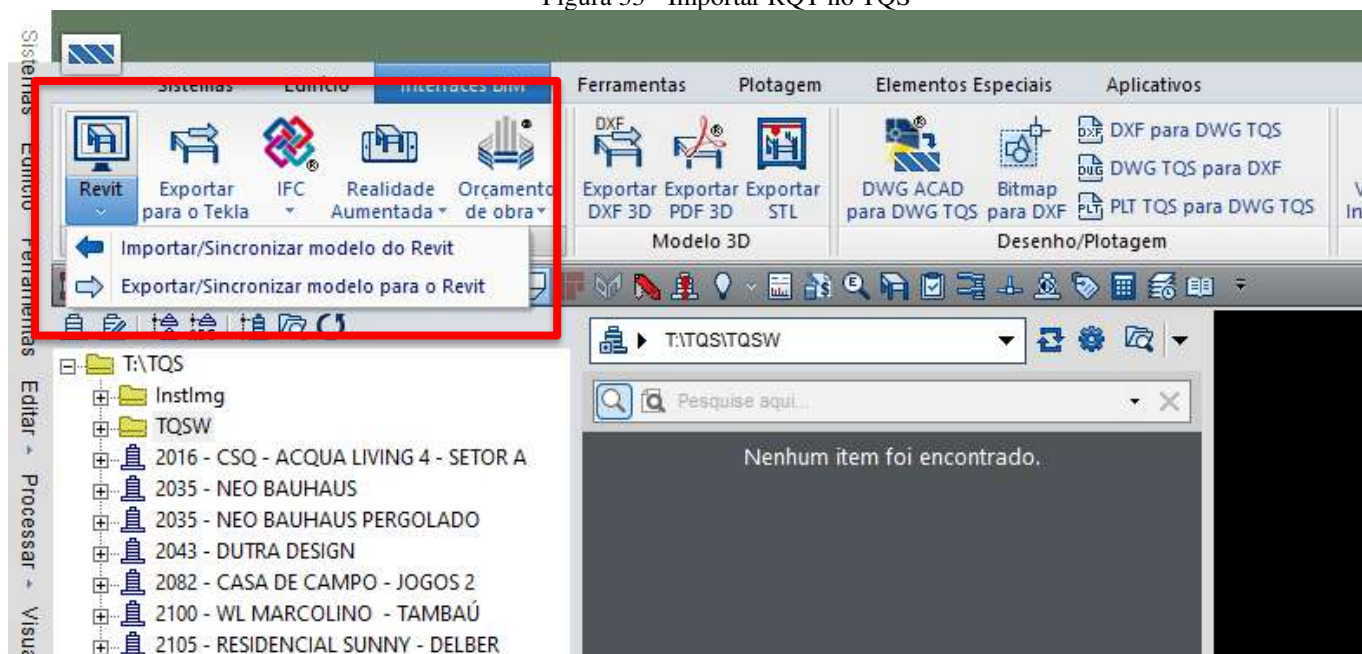
Figura 32 - Configurações para exportar o arquivo RQT



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Já no TQS, deve-se acessar a aba “Interfaces BIM”, e depois clicar em “Revit” e, em seguida, no comando “Importar/Sincronizar modelo do Revit” para poder fazer a criação de um novo edifício (Figura 33).

Figura 33 - Importar RQT no TQS

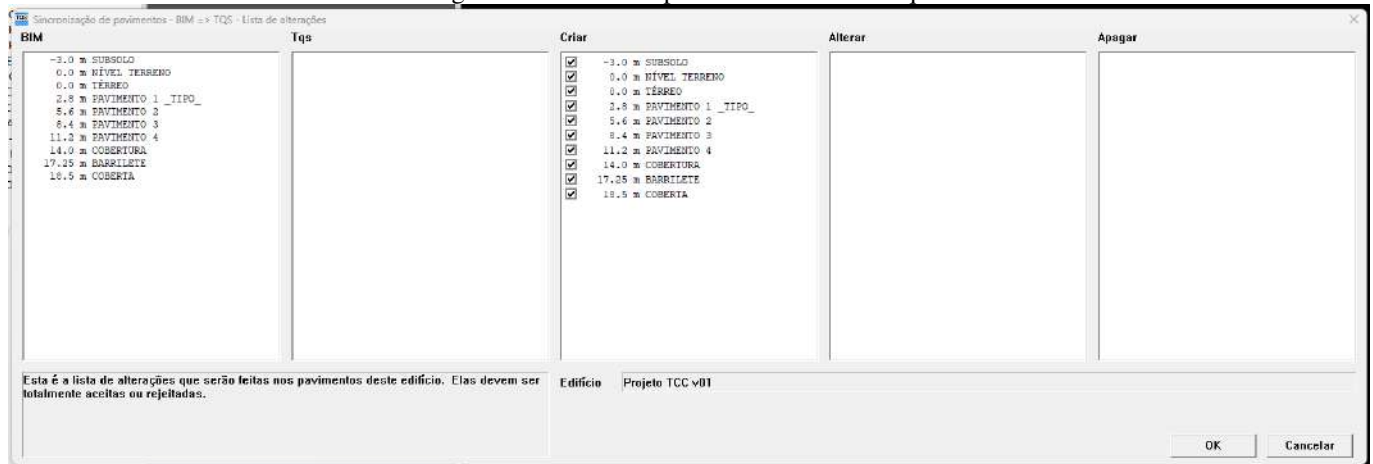


Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Após o carregamento do arquivo, é exibida a página com os níveis carregados (Figura 34), que são os mesmos definidos no modelo arquitetônico. A integração entre os programas

nessa etapa já apresenta sensível melhora na produtividade e na precisão, tendo em vista que esses níveis não serão introduzidos manualmente.

Figura 34 – Níveis importados do modelo arquitetônico

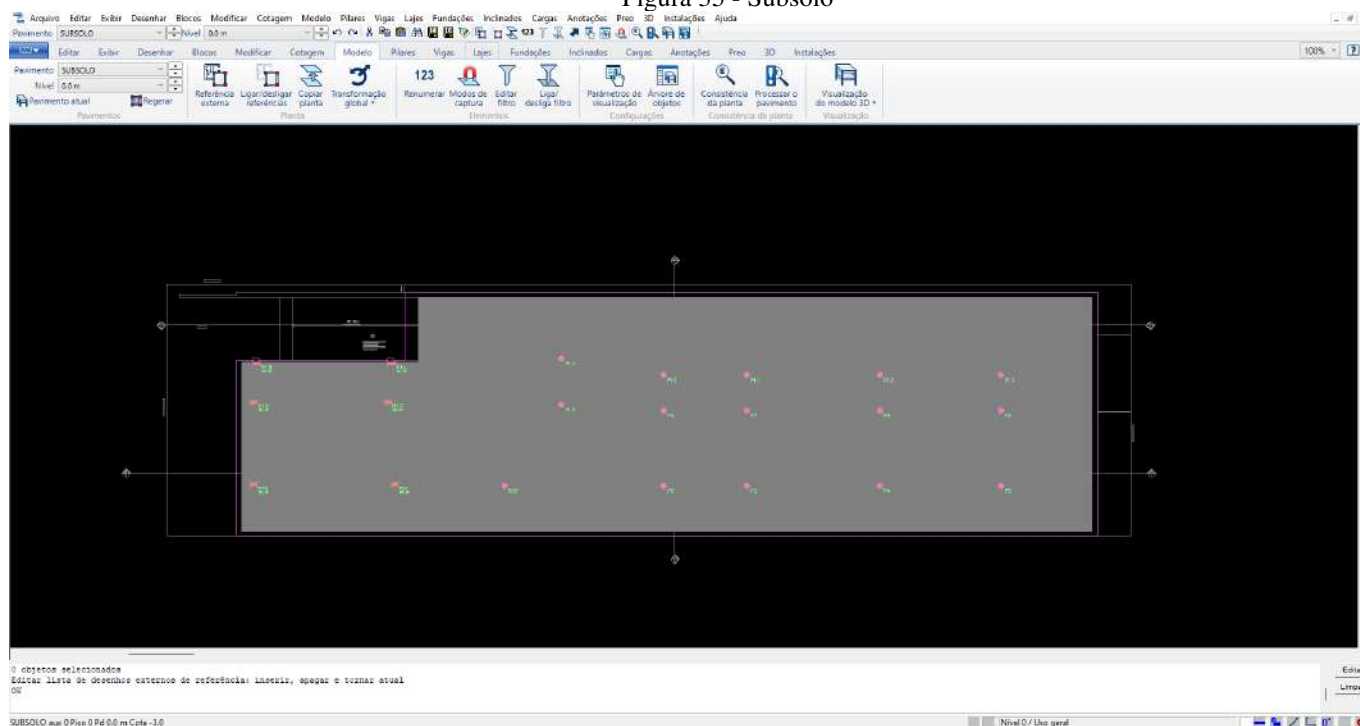


Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Feito isso, o projeto é carregado por inteiro, juntamente com os respectivos arquivos referentes à arquitetura, automaticamente, e desses dados, o TQS entende e lê, as lajes e os pilares.

Com o projeto gerado, é importante conferir se as arquiteturas estão em ordem. Como é possível verificar através da Figura 35, que apresenta o pavimento subsolo, é possível perceber que ainda há elementos a remover, a exemplo da hachura.

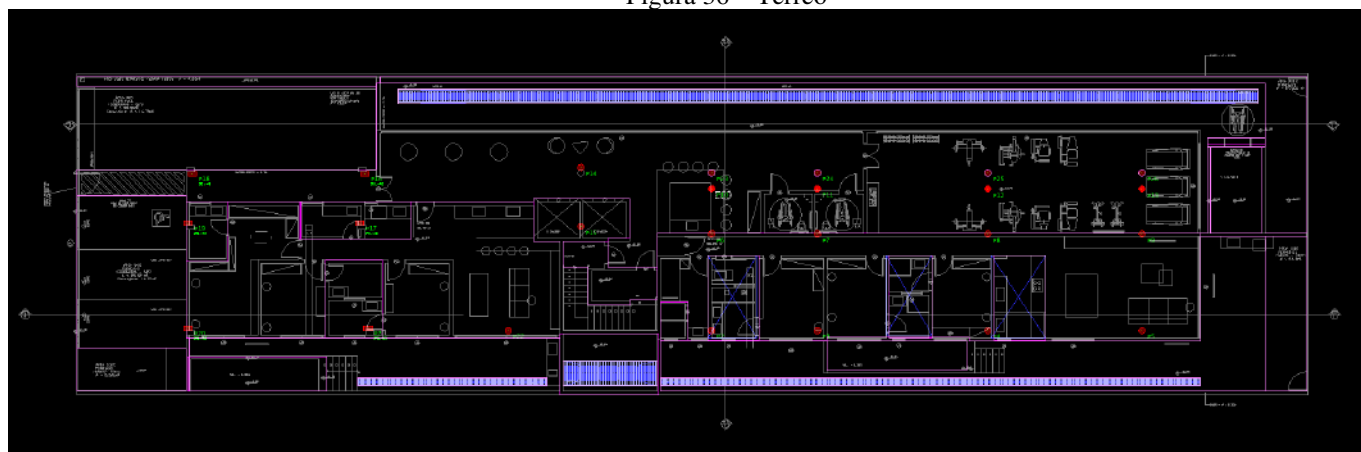
Figura 35 - Subsolo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Analisando o pavimento térreo (Figura 36), encontra-se mais um problema oriundo do modelo do Revit. Lá os pisos são desenhados como elementos separados (provavelmente, por serem de materiais de acabamento diferentes), e com isso TQS lê como se fossem várias lajes separadas, quando na realidade, para a estrutura, devem ser considerados como um único elemento.

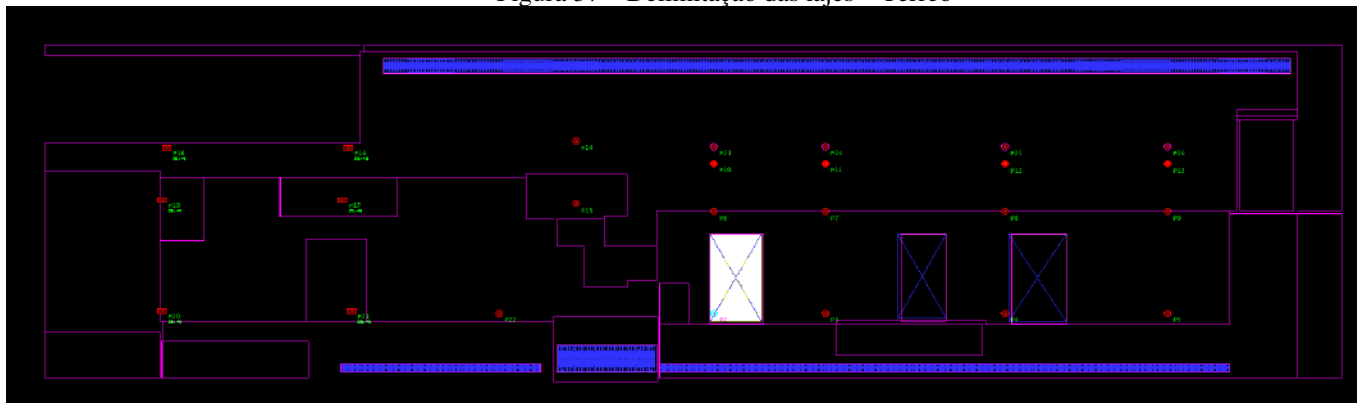
Figura 36 – Térreo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Na Figura 37 tem-se o pavimento térreo sem arquitetura, realçando as linhas de delimitação nas lajes.

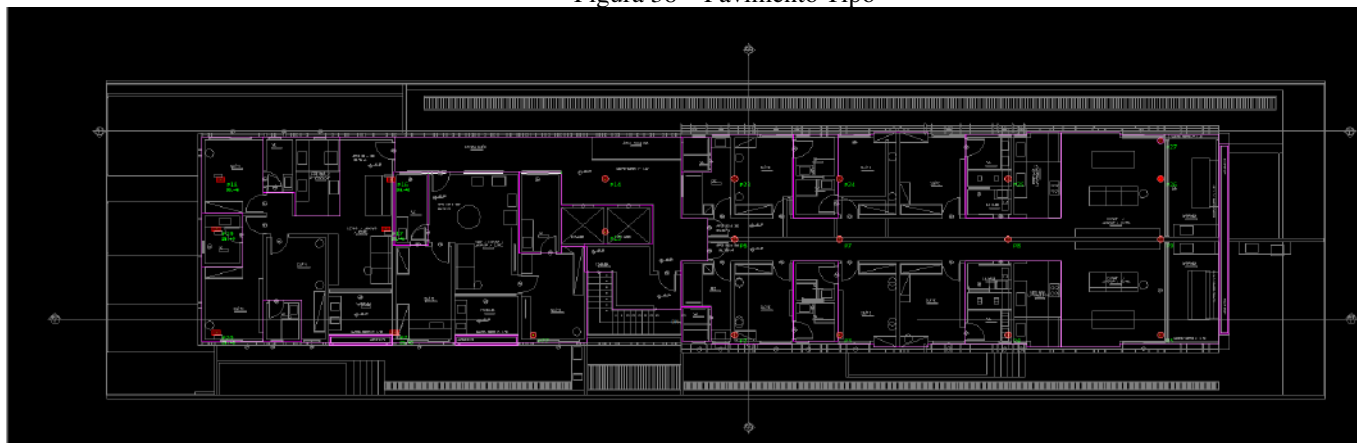
Figura 37 – Delimitação das lajes – Térreo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

A Figura 38 apresenta outro pavimento, o pavimento tipo, com o mesmo problema.

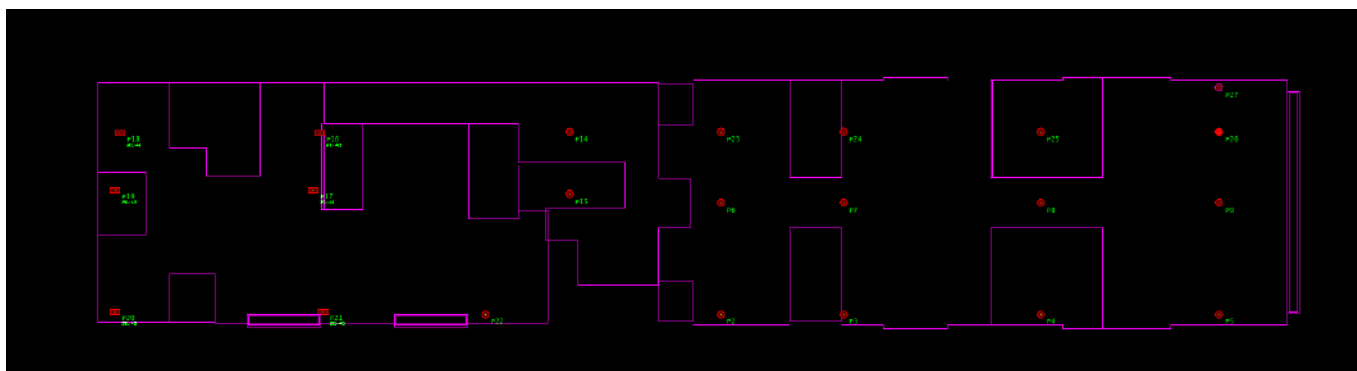
Figura 38 – Pavimento Tipo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Na Figura 39, mostra-se o pavimento tipo sem a arquitetura, realçando as linhas de delimitação das lajes.

Figura 39 – Delimitação das lajes – Pavimento Tipo

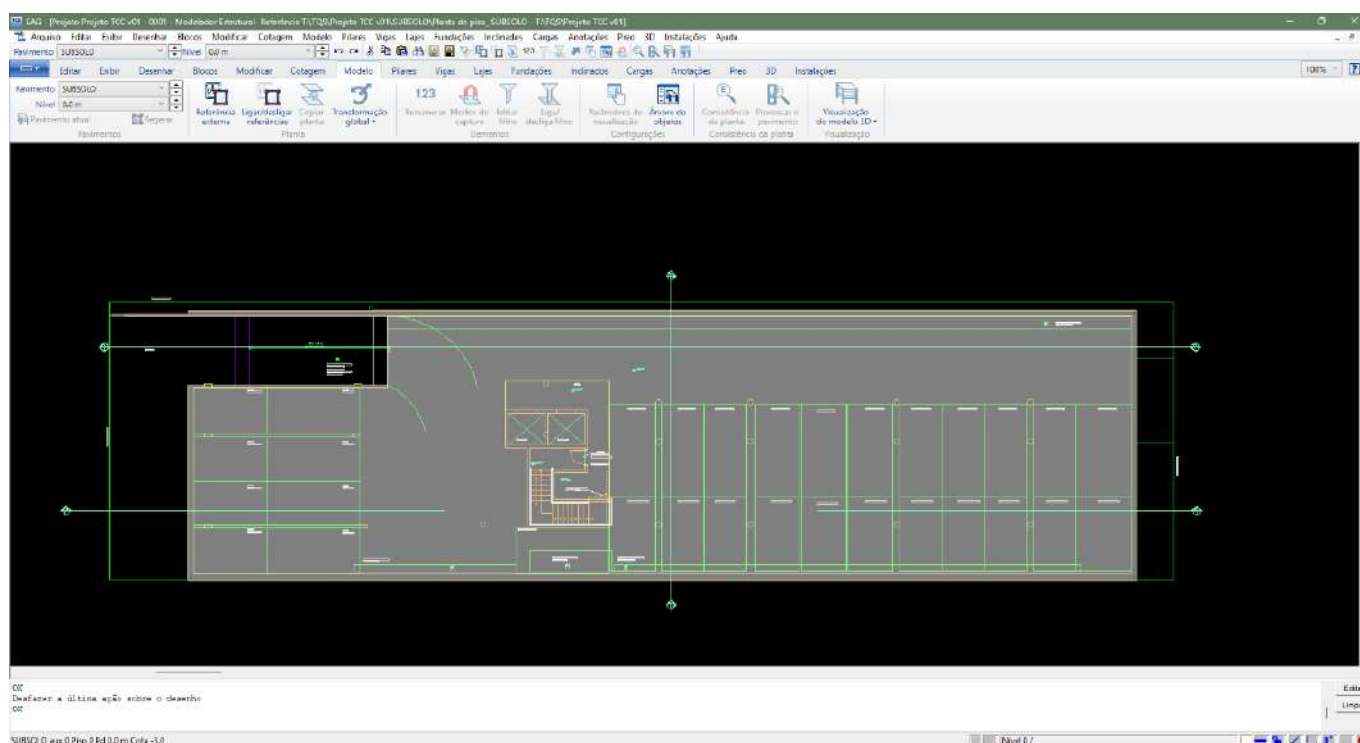


Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Conforme pode ser observado nas figuras anteriores, algumas partes da laje não estão completamente fechadas, ficando sem linhas. Esse é outro erro que pode ocorrer durante a importação.

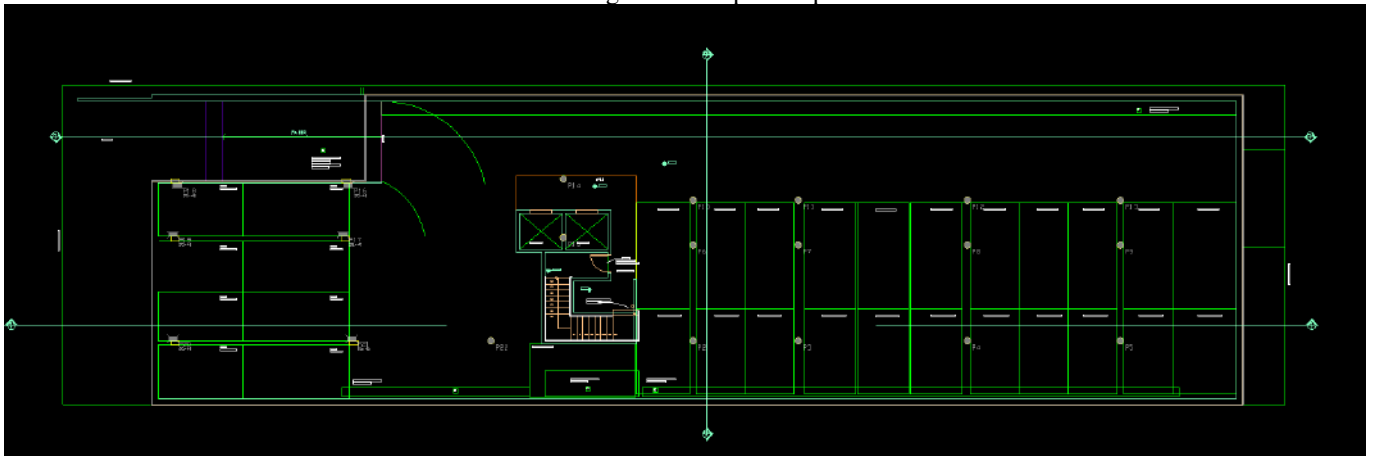
A hachura presente no pavimento subsolo será removida diretamente no TQS, abrindo o desenho referenciado e excluindo o elemento, conforme ilustrado nas Figuras 40 e 41.

Figura 40 – Limpeza de hachura - Subsolo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

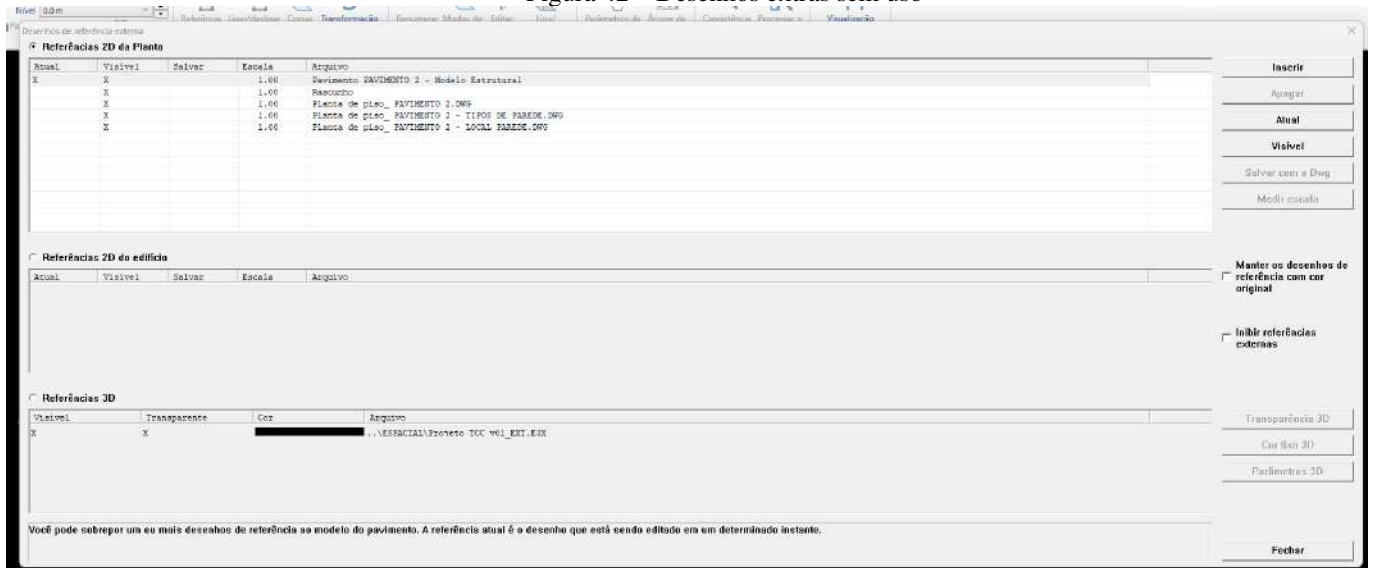
Figura 41 – Após limpeza



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

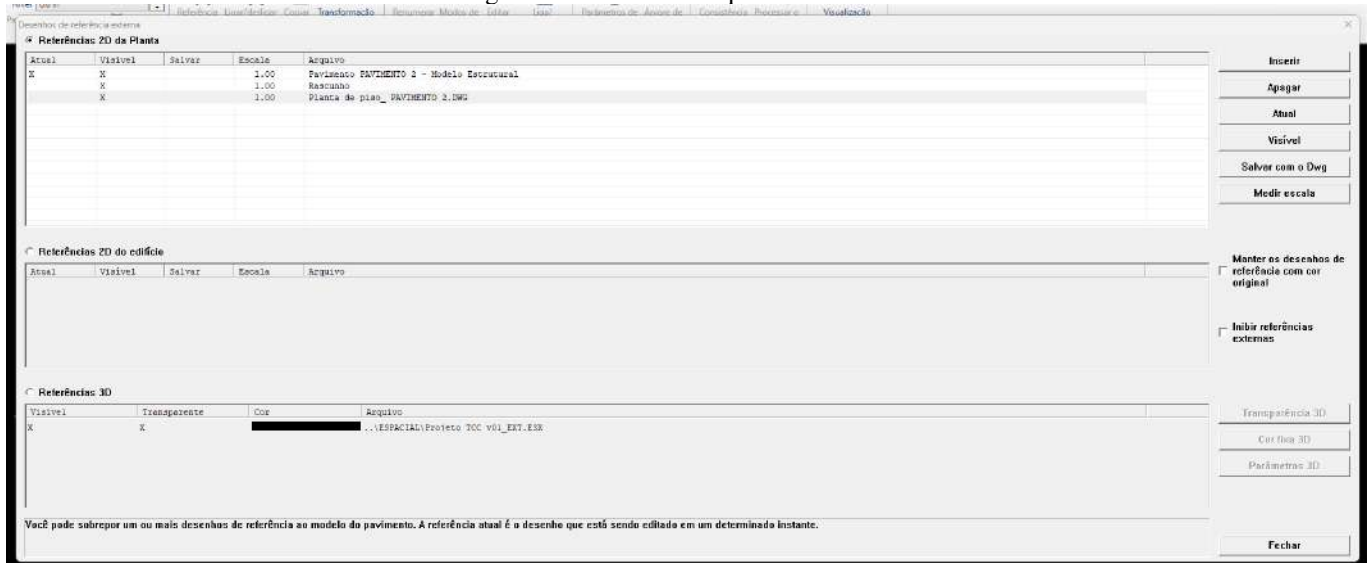
No caso do pavimento tipo (como visto na Figura 38), o desenho do nível térreo está sendo exibido nele, o que não é adequado. Ao acessar a opção "Referências Externas", é possível identificar a presença de outros desenhos carregados, como mostrado na Figura 42, que não são necessários para os respectivos pavimentos. Portanto, esses desenhos podem ser excluídos (Figura 43).

Figura 42 – Desenhos extras sem uso



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

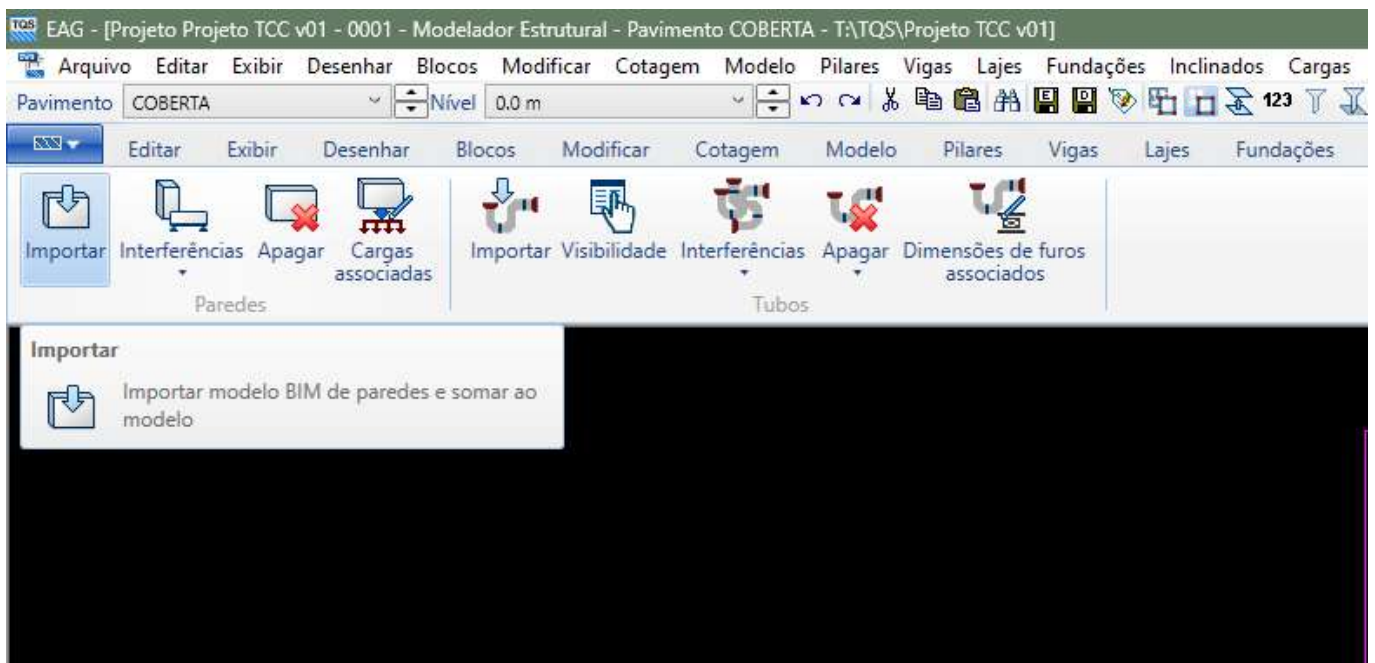
Figura 43 - Referências que devem ter o desenho



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

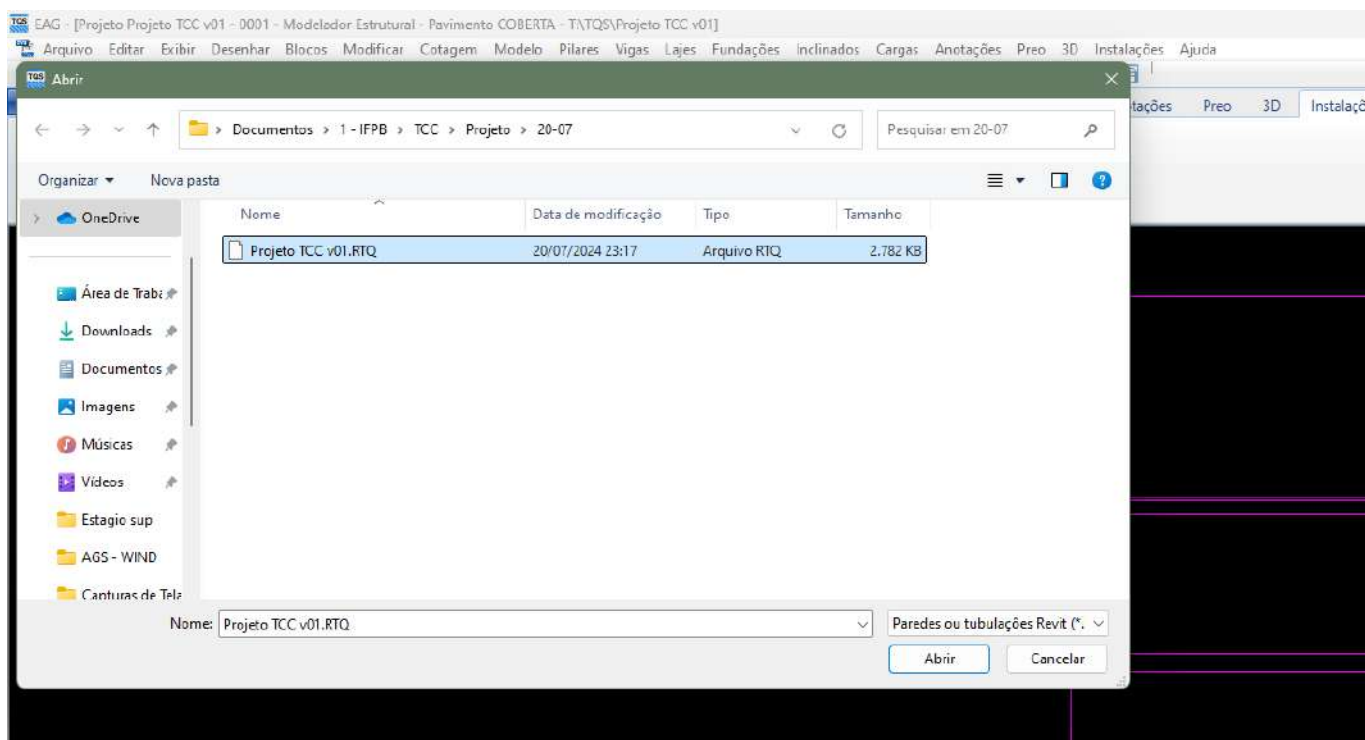
Após a verificação das arquiteturas, é possível importar as cargas das paredes (Figura 44). Para isso, deve-se acessar a aba "Instalações" e selecionar "Importar" na seção de paredes, utilizando o mesmo arquivo RQT (Figura 45)

Figura 44 - Importar Cargas de parede



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 45 - Importar carga de parede



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Com isso, o TQS irá identificar todos os tipos de parede presente no modelo do Revit, conforme Figura 46 a seguir, permitindo a definição da carga de cada uma conforme a espessura. A carga final total será calculada automaticamente, levando em conta a altura da parede no modelo arquitetônico.

Figura 46 - Definir quais são as cargas de acordo com a espessura das paredes

Tipo de parede	Carga de parede tf/m2	Desativar
Genérica_10cm_Interna	0.000	☐
Genérica_15cm	0.000	☐
Genérica_15cm_Externa	0.000	☐
Genérica_20cm	0.000	☐
Genérica_30cm	0.000	☐
Genérica_40cm	0.000	☐
painel metalico	0.000	☐
painel metálico	0.000	☐
Vidro	0.000	☐

Marque para evitar que esta classe de parede seja considerada no Modelador

Arquivo: T:\TQS\Projeto TCC v01\TABCARPAR.DAT

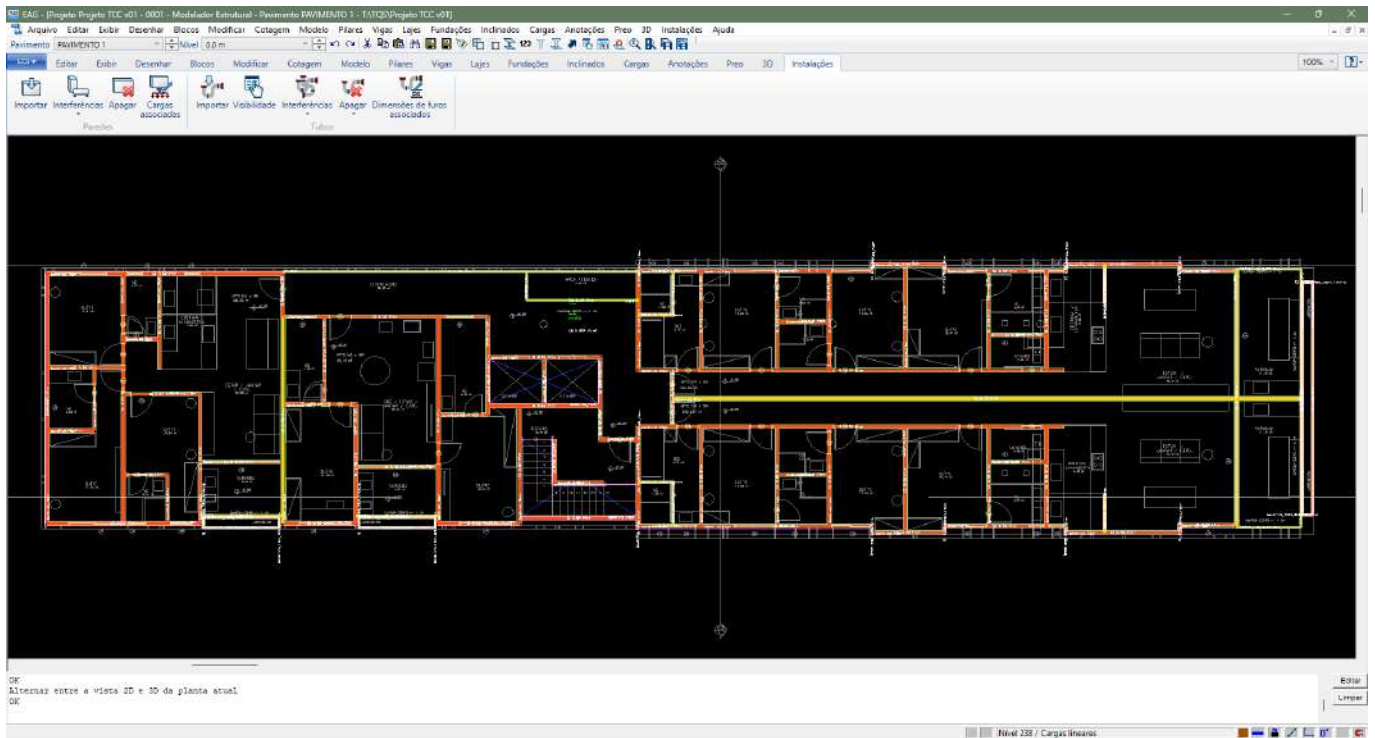
As paredes serão geradas com as cargas distribuídas definidas aqui. Se não definidas, serão inicialmente inválidas, e terão que ser alteradas depois uma a uma.

OK Cancelar

Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

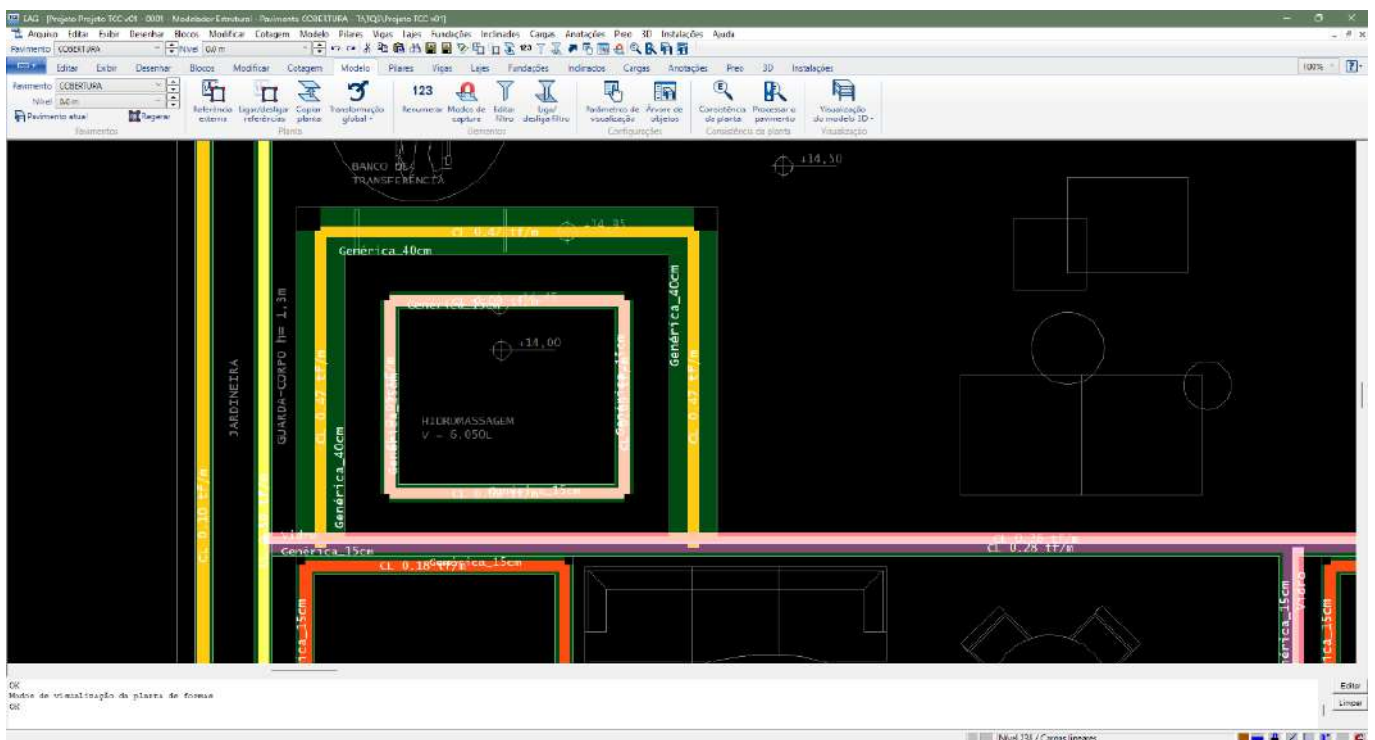
Após inserir os valores das cargas, que correspondem apenas ao peso por metro quadrado, elas serão automaticamente calculadas e posicionadas no desenho, de acordo com o que foi definido no modelo arquitetônico, como é possível visualizar nas Figuras 47 e 48.

Figura 47 - Cargas de paredes automáticas – Pavimento Tipo



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 48 - Cargas de paredes automáticas - cobertura

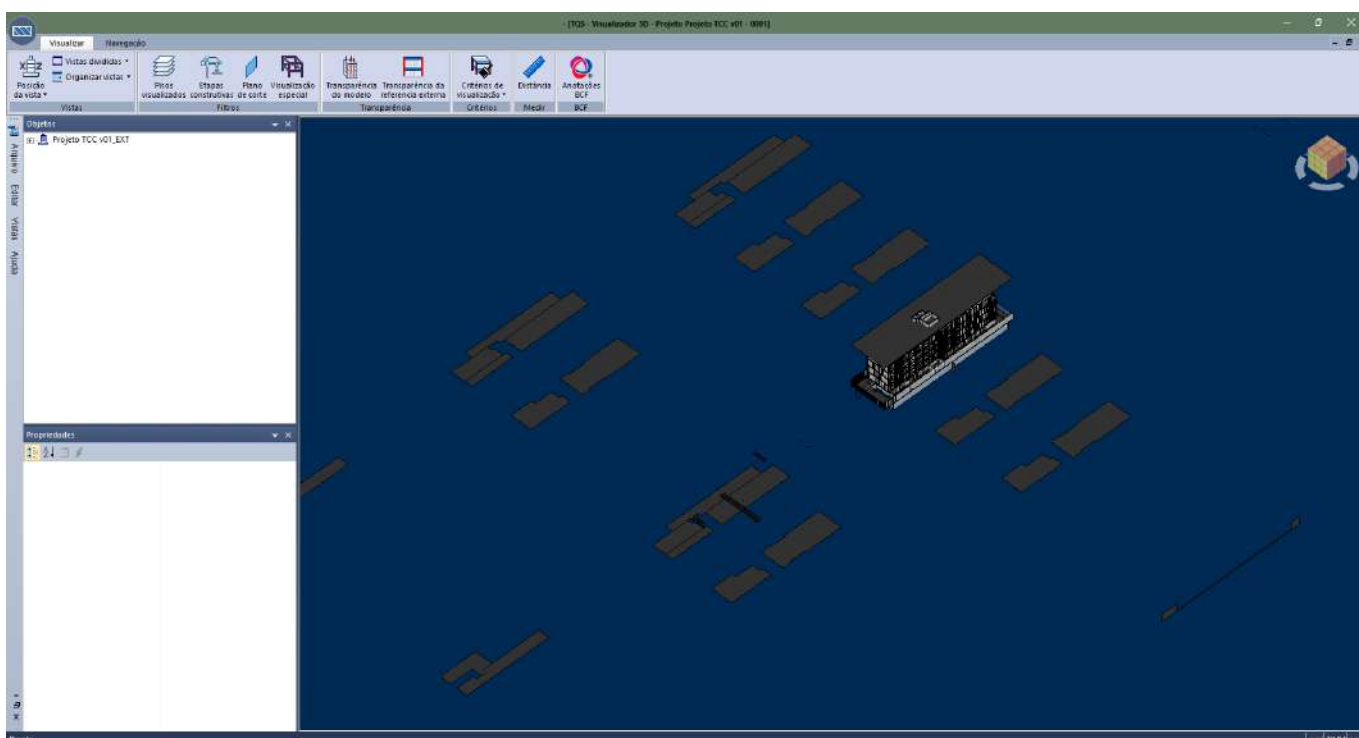


Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Outro aspecto a ser considerado é a visualização 3D no TQS. Sendo o arquivo da arquitetura oriundo do Revit, é possível incluir a arquitetura no modelo 3D, porém todos os elementos da arquitetura ficarão visíveis, inclusive os ocultos, como mostrado na Figura 49, que apresenta os elementos que estavam ocultos no modelo original no Revit (Figura 50). Isso evidencia o excesso de informações, ou seja, não necessárias ao modelo original, o que prejudica a integração com o modelo estrutural, pois o arquivo gerado a partir desse 3D se torna “pesado”, resultando em uma visualização lenta. No entanto, é possível realizar alterações nas configurações para evitar ou mitigar problemas como esse.

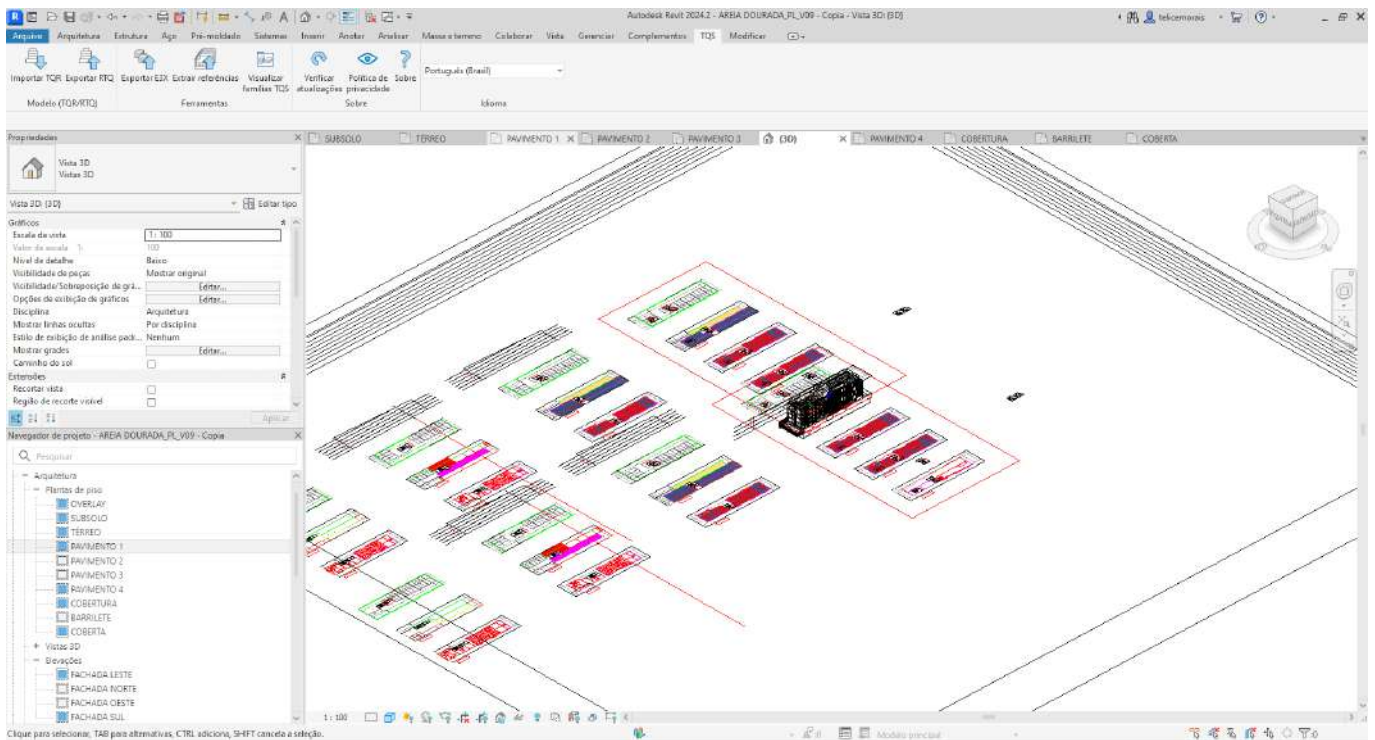
Antes de gerar o arquivo em RQT, deve-se selecionar a opção "Exporta apenas visíveis", como mostrado na Figura 51. Dessa forma, todos os elementos ocultos, tanto os que foram inicialmente ocultados quanto os removidos durante a limpeza, não serão transferidos para o TQS, facilitando ainda mais o desenvolvimento do projeto.

Figura 49 - Desenho sujo, mesmo após limpeza - Elementos ocultos



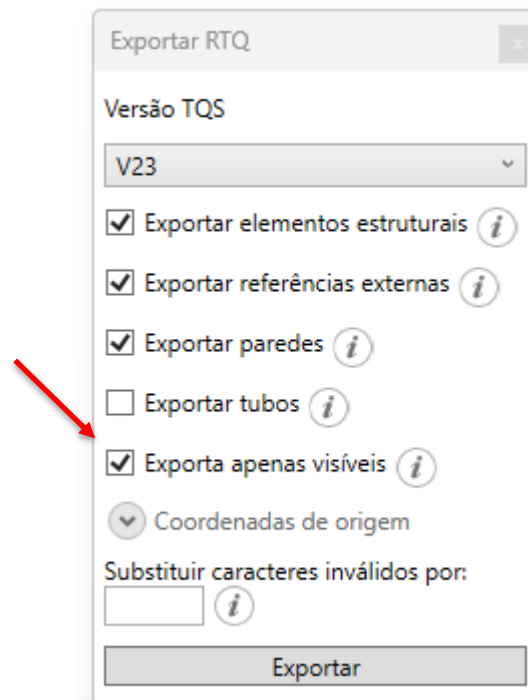
Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 50 - Elementos ocultos desnecessários - Revit



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Figura 51 - Outra configuração de importação



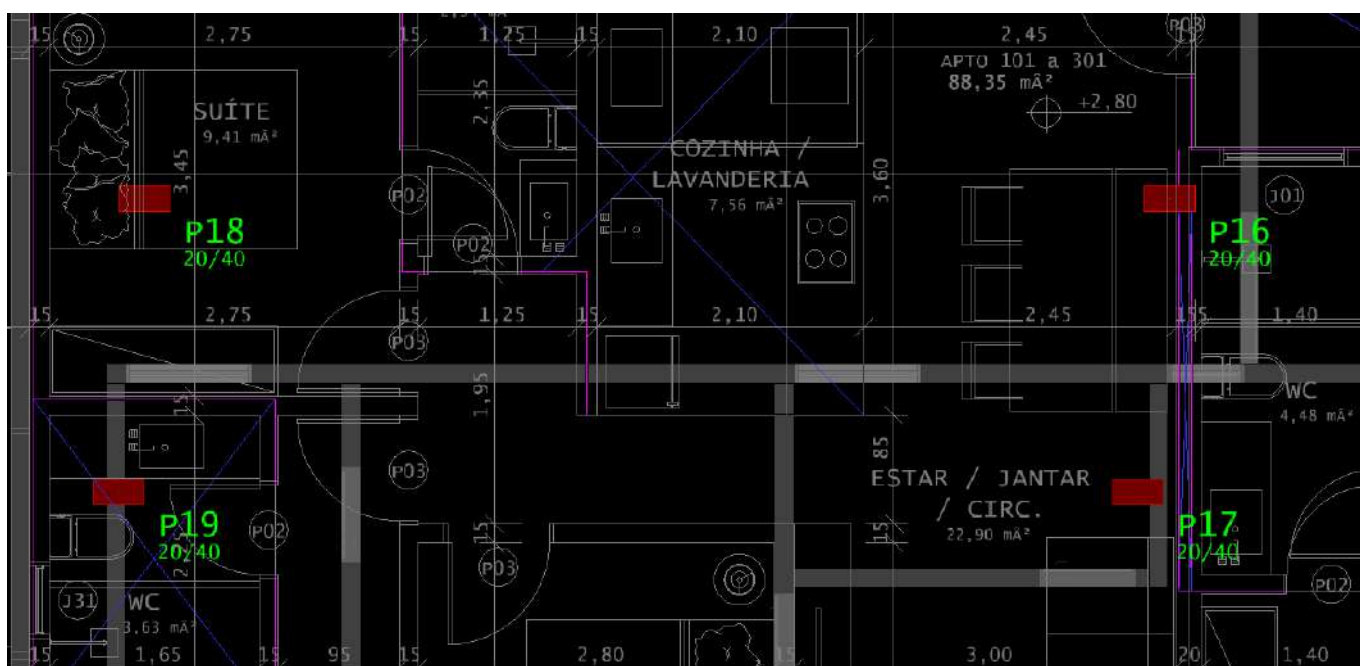
Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

Ao concluir a etapa de conferência das arquiteturas e importação de cargas, é necessário verificar como as lajes foram importadas. No Revit, o arquiteto normalmente desenha um tipo de piso para cada ambiente (como áreas molhadas e áreas secas), resultando em elementos separados entre si. No entanto, para a estrutura, o piso deve ser considerado como um único elemento, sem essa separação. Isso exige um trabalho adicional para consolidar o piso em um único elemento utilizável. Ao retornar às Figuras 18 e 20, é possível observar claramente esse problema, onde várias linhas delimitam diferentes blocos de piso, quando na verdade deveria haver apenas a delimitação ao redor do pavimento.

O ajuste dessas lajes irá demandar mais tempo, pois é uma atividade inteiramente manual e também deve considerar os revestimentos dos elementos de fachada.

Outro aspecto importante a ser observado é quanto à localização dos pilares pré-locados pela arquitetura. Esse dado pode ser de valiosa contribuição para o lançamento estrutural, pois evidenciaria as preferências por parte da arquitetura, com relação ao posicionamento dos pilares da estrutura. Porém, é possível perceber que vários desses elementos estão causando conflitos com a própria arquitetura, como mostrado na Figura 52. Nesses casos, é possível excluir os pilares que estão mal posicionados e posicioná-los alguns de maneira mais adequada, a fim de realizar um pré-dimensionamento mais realista.

Figura 52 - Pilares com conflito



Fonte: arquivo do escritório de projeto estrutural

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão apresentados os resultados da comparação entre as metodologias CAD e BIM no desenvolvimento de projetos estruturais, evidenciando as principais vantagens e os desafios de cada abordagem. A análise será focada na eficiência, e na produtividade a partir das características de cada uma delas.

7.1 Comparação entre CAD e BIM

Ao comparar as metodologias CAD e BIM no desenvolvimento de projetos estruturais, observa-se uma diferença significativa em termos de produtividade, integração e riqueza de informações, mesmo que o projeto em BIM ainda não tenha atingido seu nível ideal de refinamento.

A metodologia CAD, amplamente utilizada por décadas, continua sendo eficaz para a criação de desenhos técnicos 2D detalhados. No entanto, apresenta limitações consideráveis, a exemplo de uma maior dificuldade na interpretação dos projetos, na leitura dos elementos e na compatibilização entre as disciplinas. Além disso, o volume de informações que o CAD pode conter é relativamente restrito, o que exige maior cuidado manual para evitar inconsistências e erros no desenvolvimento do projeto.

Por outro lado, a metodologia BIM traz avanços notáveis, especialmente na visualização, modelagem da edificação e, compatibilização entre disciplinas. O modelo BIM permite uma leitura muito mais intuitiva, proporcionando uma visualização clara e detalhada da estrutura. Além disso, o BIM oferece uma quantidade significativamente maior de informações, facilitando a identificação rápida dos elementos e promovendo uma integração mais eficiente entre as disciplinas envolvidas no projeto.

7.2 Eficiência e Produtividade

É esperado que a metodologia BIM seja significativamente mais eficiente do que a metodologia CAD. Contudo, no dia a dia, essa diferença de eficiência e produtividade nem sempre é evidente. Para atingir o máximo potencial de ambas as metodologias e evidenciar essa diferença, é fundamental que os modelos e desenhos sejam detalhados, classificados e refinados desde as primeiras etapas do projeto.

Esse refinamento precoce reduz o tempo gasto em diversas fases, resultando em um projeto mais organizado, claro e coerente. Quando o modelo BIM não é devidamente refinado,

como visto nesse estudo, a eficiência esperada se perde, pois é necessário corrigir diversos elementos para garantir uma importação correta. Esse desafio que também ocorre no CAD, embora com implicações diferentes. No CAD, os ajustes manuais são comuns e até esperados, enquanto no BIM, a expectativa de automatização pode ser frustrada se o modelo não estiver bem estruturado desde o início. Portanto, o nível de refinamento do projeto é determinante para que o BIM realmente entregue os benefícios prometidos em termos de produtividade e eficiência.

7.3 Refinamento de projeto em BIM

Como dito anteriormente, um dos principais pontos identificados durante este estudo foi a importância do refinamento contínuo dos modelos BIM. Embora o BIM ofereça ferramentas avançadas de modelagem, muitos projetos são enviados em um formato bruto, sua versão completa, contendo uma grande quantidade de informações irrelevantes para o desenvolvimento estrutural. Esse excesso de dados acaba prejudicando o processo, pois o projetista de estruturas perde tempo fazendo ajustes e removendo informações desnecessárias.

Verificou-se que as falhas de modelagem, ou até mesmo a ausência de certos detalhes, podem levar ao retrabalho e comprometer a eficiência e a produtividade. Um exemplo claro mostrado é o desenho das lajes, que quando modeladas de forma segmentada (muito provavelmente por causa da diferença de materiais, entre áreas secas e molhadas), elas são interpretadas como elementos separados pelo TQS, porém na vida real, a laje do pavimento é uma só. Esse tipo de segmentação, comum em projetos que não foram devidamente refinados, exigiu ajustes manuais, aumentando o tempo necessário para o desenvolvimento estrutural, e diminuindo a produtividade, além de torná-lo mais suscetível a erros. Por outro lado, um ponto positivo é a inserção de cargas de parede, que pode ser feita de forma automatizada e, por seus elementos estarem devidamente modelados, padronizados e coerentes.

Um outro aspecto relevante para o refinamento de projetos em BIM, que não foi visto diretamente neste estudo, porém é interessante discutir, é a modelagem correta dos elementos, utilizando famílias adequadas para cada elemento. Quando elementos são modelados como componentes e não como famílias, as informações são perdidas, causando inconsistências no processo de importação e compatibilização com outros sistemas. Isso acontece com frequência quando o projeto arquitetônico é desenvolvido em outro software e depois transformado em IFC, para em seguida ser levado ao Revit. Nesses casos é preciso ter ainda mais cuidado ao modelar para que esses elementos sejam extraídos corretamente.

A Tabela 1 a seguir sintetiza a comparação entre as metodologias CAD e BIM vistas neste estudo em termos de produtividade. Embora o BIM ainda apresente um desempenho superior, ainda é necessário que exista uma modelagem e refinamento adequado para garantir que ele atinja o seu potencial máximo.

Tabela 1 - Resumo de produtividade entre metodologias CAD e BIM

Etapa	CAD	BIM
Estudo do projeto arquitetônico	Maior dificuldade para entender	Mais facilidade para entender
Limpeza	Manual, com maior dificuldade para entender elementos	Manual, porém de fácil entendimento
Inserção da arquitetura no TQS	Manual	Automatizada
Inserção dos elementos estruturais para pré-dimensionamento	Manual	Automatizada, porém necessitou ser refeito.
Cargas das paredes	Manual	Automatizada
Compatibilização entre disciplinas	Suscetível a conflitos entre disciplinas	Deteção automática de interferências
Quantitativos	Extração Manual	Automático e integrado ao modelo

Fonte: Autoria própria, 2024

7.4 Modelo Idealizado

Tanto a metodologia CAD quanto a BIM possuem suas vantagens e desvantagens. No CAD, o processo é mais manual e requer maior atenção para que nenhuma informação seja perdida ou excluída. Já o BIM, embora automatize várias etapas, exige um refinamento contínuo e sensibilidade para interpretar e estruturar o projeto de forma eficaz.

No estudo de caso, um desafio encontrado foi o uso de um modelo arquitetônico bruto, completo, enviado pelo escritório de arquitetura. Esse modelo incluía todos os detalhes da edificação, muitas vezes com informações que não eram relevantes para o desenvolvimento do projeto estrutural, além de elementos modelados de forma inadequada. Isso resultou em um grande esforço por parte do projetista, que precisou gastar muito tempo realizando a limpeza do modelo e ajustando elementos, comprometendo assim a produtividade.

Para melhorar o fluxo desse desenvolvimento do projeto como um todo, é necessário a criação de um modelo mais enxuto. Esse modelo deve conter apenas os elementos essenciais ao desenvolvimento do projeto estrutural, sem deixar de lado a importância de ter uma visão completa da edificação. O ideal é encontrar o equilíbrio entre um modelo completo, que abrange toda a edificação, o modelo bruto, e um modelo limpo, livre de informações supérfluas e com os elementos modelados corretamente (como elementos únicos, como no caso das lajes, e em famílias, e não em componentes)

O refinamento deve começar nas fases iniciais do projeto, considerando:

- **Desenhos enxutos e precisos:** evitar a inclusão de informações desnecessárias ou duplicadas, para facilitar a leitura e análise estrutural;
- **Verificação e limpeza antes do envio:** o modelo final enviado ao escritório de projeto de estruturas deve ser coerente, atualizado e limpo, para evitar retrabalho;
- **Envio de arquivos:** além do modelo, é interessante enviar os arquivos em PDF, como fonte de informação caso surjam dúvidas durante o desenvolvimento do modelo estrutural. Os arquivos em PDF são as melhores fontes para isso, além do DWG;
- **Padronização de elementos estruturais:** classificar de forma correta e padronizar elementos importantes para o cálculo estrutural para garantir a consistência e integridade do modelo, conforme sugestões a seguir:
 - **Paredes:** ao modelar, dar nome aos tipos de parede, se são de uso interno ou externo, até mesmo o tipo de material pode ser interessante dizer no título da família, ajudando a calcular a carga com mais precisão;
 - **Lajes/Pisos:** ao modelar, fazer com que seja um elemento único, lembrando que ele é feito de uma vez. Na prática, para o projeto estrutural, independe se a área é seca ou molhada já que será um único piso, mas com acabamentos diferentes.

- **Pilares:** precisam ser modelados como um elemento contínuo, desde o pavimento em que se inicia até aquele onde termina, e não de pavimento em pavimento.

Em síntese, esse modelo padrão idealizado seria aquele que consegue manter o equilíbrio entre o simples e o completo, eliminando excessos e contendo uma modelagem precisa e padronizada.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar e comparar as metodologias CAD e BIM no desenvolvimento de projetos estruturais, destacando os benefícios e desafios de cada abordagem. Através da análise realizada, foi possível constatar que a metodologia BIM, apesar de apresentar uma curva de aprendizado e exigir maior refinamento inicial dos projetos, oferece significativas vantagens em termos de produtividade, eficiência e coordenação entre disciplinas.

A transição do CAD para o BIM representa um avanço considerável na forma como os projetos estruturais são desenvolvidos, mas também demanda uma capacitação técnica adequada e uma revisão constante do modelo para que o potencial da tecnologia seja plenamente utilizado. A principal vantagem do BIM reside na sua capacidade de integrar todas as informações do projeto em um único modelo tridimensional, facilitando a detecção de conflitos e a coordenação entre as diferentes áreas envolvidas.

Por outro lado, o uso do BIM sem o devido refinamento pode levar a problemas semelhantes aos observados na metodologia CAD, como o retrabalho e a falta de coordenação adequada entre disciplinas. Portanto, o sucesso da implementação do BIM depende não apenas da adoção da tecnologia, mas também da qualidade do desenvolvimento dos modelos e da experiência dos profissionais envolvidos.

Em conclusão, o BIM se destaca como uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de projetos estruturais, especialmente quando comparado ao CAD. No entanto, para usufruir plenamente de seus benefícios, é necessário um maior nível de detalhamento e refinamento dos modelos, além de uma integração efetiva entre todas as disciplinas desde as fases iniciais do projeto.

Este trabalho resultou das experiências da autora em um escritório de projetos estruturais de concreto armado, e com isso, deseja contribuir para o desenvolvimento de outros trabalhos, de outros profissionais, e mais efetivamente com a implantação do BIM e com a qualidade de projetos da área da construção civil.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Guia de contratação BIM - Conceitos básicos e requisitos para contratação BIM**. São Paulo: BIM Forum Brasil, vol. 1. 1.ed., 2023.

AMORIM, Sérgio R. Leusin de; KASSEN, Mohamad. **BIM - Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Projeto de Apoio aos Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/CEE – 134: Modelagem de Informação da Construção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009 – 2022.

_____. **ABNT NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **ABNT NBR ISO 12006: Construção de edificação – Organização de informação da construção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____. **ABNT NBR ISO 19650: Organização da informação acerca de trabalhos da construção- Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BELK, Abram; SILVA, Agnaldo Pereira da; **Produção de projeto estrutural no ambiente BIM – Uma visão TQS**. São Paulo: TQS/ABECE.

BRASIL. Decreto N° 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, 2020.

BRASIL. Decreto N° 11.888, de 22 de janeiro de 2024. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR. Brasília, 2024.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília, 2020.

DANIELS, Julie W. (Ed.). **Building Information Modelling (BIM): Industry Trends, Benefits and Challenges**, 2023.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Obras e Infraestrutura. **Manual BIM para desenvolvimento de projetos de urbanismo e infraestrutura**. Distrito Federal, 2022.

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA. **Introdução à Interoperabilidade - Módulo 1: Introdução**. Brasília: Enap, 2015.

NAWARI, Nawari O.; KUENSTLE, Michael. **Building Information Modeling: Framework for Structural Design**, 2015.

NOLETO, Amanda. **Método ROPPE**, 2021.

ÖZENER, Ozan Önder; ISIKDAG, Umit; OFLUOGLU, Salih (Ed.). **Advances in Building Information Modeling: Second Eurasian BIM Forum, EBF 2021, Istanbul, Turkey, November 11–12, 2021, Revised Selected Papers**, 2022.

PARANÁ (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Logística, Departamento de Gestão da Inovação para Planos, Projetos e Obras. **Caderno BIM – Edificações**. Curitiba, 2023.

RIBEIRO, Sidnea E. C.; COSTA, Giovani C. R. da; FIGUEIREDO, Sílvia Haueisen. **Estudo comparativo da tecnologia CAD com a tecnologia BIM**. Revista de Ensino de Engenharia, Minas Gerais, v.34, n. 2, p. 11-18, 2015.

ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS. **Plan of Work**. Londres, 2020.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; LEE, Ghang; TEICHOLZ, Paul. **BIM Handbook – A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2018.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; LEE, Ghang; TEICHOLZ, Paul. **Manual de BIM – Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008/2014.

SIMÕES, Carolina de Stefano; NETO, Januário Pellegrino. **BIM no projeto de estruturas de concreto em edifícios**. Escola de Engenharia Mauá, 2019.

SANTOS, Eduardo Toledo. **Building Information Modeling and Interoperability**. Universidade de São Paulo, 2010.

TABELAS DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS. **TCPO**, São Paulo, ed. 15, 2017.

THE INSTITUTION OF STRUCTURAL ENGINEERS. **An introduction to building information modeling (BIM)**. Inglaterra, feb.2021.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalho de Conclusão de Curso

Assunto:	Trabalho de Conclusão de Curso
Assinado por:	Telice Saldanha
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Telice Morais Saldanha, ALUNO (201922220020) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - JOÃO PESSOA, em 02/04/2025 19:12:53.

Este documento foi armazenado no SUAP em 02/04/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1445719
Código de Autenticação: 0a9800d47a

