PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

VICTOR HUGO ALMEIDA DE OLIVEIRA

Análise de interoperabilidade entre softwares de modelagem BIM: estudo de caso de interface entre TQS e REVIT

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Orientadora: Jaqueline Passamani Zubelli Guimarães

Rio de Janeiro
Julho de 2023

Agradecimentos

À minha família, meu porto seguro e fonte inesgotável de amor e apoio, expresso minha profunda gratidão. O incentivo incansável, encorajamento e crença em mim foram pilares essenciais para minha perseverança durante os momentos mais desafiadores. Sou imensamente grato pela confiança depositada em mim e pelo suporte incondicional que me deram ao longo dessa jornada. Agradeço por nunca terem desistido de mim e por sempre acreditarem.

À minha namorada, por sempre me motivar e estar ao meu lado nos momentos mais difíceis dentro e fora da universidade, por acreditar em mim e no meu potencial. Agradeço profundamente por ter compartilhado comigo os altos e baixos dessa jornada acadêmica. Nas noites de estudo, nos momentos de estresse e nas incertezas, você esteve lá me incentivando.

Aos meu chefes e colegas de estágio, por terem me dado a oportunidade de aprender. Cada um contribuiu de forma única para o meu aprendizado técnico, crescimento profissional e aprimoramento das minhas *soft skills*.

Aos meus professores, cujo conhecimento, dedicação e orientação foram fundamentais para o meu crescimento intelectual e desenvolvimento acadêmico. Seus ensinamentos inspiradores, apoio constante e desafios acadêmicos moldaram meu percurso educacional e ampliaram minha visão de mundo. Cada lição aprendida e cada conselho compartilhado contribuíram para minha formação como profissional e ser humano.

Um agradecimento especial ao Endowment PUC-RIO pelo suporte financeiro durante e após pandemia do COVID-19.

Resumo

O BIM (*Building Information Modeling)* tem se estabelecido como uma abordagem revolucionária na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) ao adotar um modelo digital colaborativo que integra informações e processos ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento, oferecendo uma série de benefícios e oportunidades.

Para isso, o objeto principal que possibilita a criação de um ambiente integrado e colaborativo é o *Industry Foundation Classes* (IFC). Todavia, a qualidade e a preservação da informação são pontos importantes quando se trata de intercâmbio de plataformas e de elementos relacionados às diferentes disciplinas envolvidas durante as fases de projeto.

Este trabalho tem como objetivo a avaliação da interoperabilidade entre *softwares* que possibilitam a metodologia BIM com base em um modelo de estrutura de concreto armado utilizando o IFC como formato de intercâmbio. Foi realizado um estudo de caso com uma análise de forma quantitativa do volume de concreto e qualitativa na eficiência com que as informações são trocadas entre a plataforma BIM e a ferramentas de análise estrutural.

Palavras-chave: *Building Information Modeling*; BIM; Projeto estrutural; Interoperabilidade; IFC

Abstract

BIM (Building Information Modeling) has established itself as a revolutionary approach in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry by adopting a collaborative digital model that integrates information and processes throughout the entire lifecycle of a project, offering a range of benefits and opportunities.

To achieve this, the main object that enables the creation of an integrated and collaborative environment is the Industry Foundation Classes (IFC). However, the quality and preservation of information are important factors when it comes to exchanging platforms and elements related to different disciplines involved during the design phases

This work aims to evaluate the interoperability among software that enables the BIM methodology, based on a reinforced concrete structure model using IFC as the exchange format. A case study was conducted, including a quantitative analysis of the concrete volume and a qualitative assessment of the efficiency with which information is exchanged between the BIM platform and structural analysis tools.

Keywords: Building Information Modeling; BIM; structural; Interoperability; IFC

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
2. CONTEXTO 3
3. SOFTWARES DIPONÍVEIS 13
4. METODOLOGIA E OBJETIVO 16
5. ESTUDO DE CASO 18
5.1. PROCESSO DE MODELAGEM 18
5.2. RESULTADO E DISCUSSÕES 27
6. CONCLUSÃO 35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 37

NOTAÇÃO

γ_z: coeficiente para estimar a magnitude dos efeitos de 2ª ordem

α: coeficiente para classificação da estrutura em nós fixos ou móveis

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1.1: Comparativo de volume de concreto **.....34**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Níveis de maturidade BIM em um projeto **6**
Figura 2.2: Resultado Lod e LOI **7**
Figura 2.3: Níveis de LOD **8**
Figura 5.1.1: Modelo 3D do projeto arquitetônico .RVT **18**
Figura 5.1.2: Planta baixa do pavimento tipo **19**
Figura 5.1.3: Conversão dos arquivos DWG-CAD para DWG-TQS **19**
Figura 5.1.4: Interface do menu dentro modelador do TQS **20**
Figura 5.1.5: Modelador com referência externa da arquitetura **21**
Figura 5.1.6: Interface da aba de pilares **21**
Figura 5.1.7: Interface da aba de vigas **22**
Figura 5.1.8: Interface da aba de lajes **22**
Figura 5.1.9: Interface da aba de cargas **22**
Figura 5.1.10: Relatório de estabilidade global do prédio **23**
Figura 5.1.11: Estabilidade global, gamaZ **24**
Figura 5.1.12: Verificação da deformação **24**
Figura 5.1.13: Quadro de configuração para exportar o IFC **25**
Figura 5.1.14: Modelo estrutural 3D criado no TQS **26**
Figura 5.1.15: Modelo estrutural 3D importado no Revit **26**
Figura 5.2.1: Forma do primeiro pavimento .DWG gerado no TQS **28**
Figura 5.2.2: Forma do primeiro pavimento importado no Revit **28**
Figura 5.2.3: Menu de propriedades do elemento **29**
Figura 5.2.4: Exemplo de dados de laje no Revit **30**
Figura 5.2.5: Exemplo de dados de viga no Revit **30**
Figura 5.2.6: Exemplo de resultado do *clash detective* **32**
Figura 5.2.7: Resultado do quantitativo dos pilares no Revit **32**
Figura 5.2.8: Resultado do quantitativo das lajes no Revit **33**
Figura 5.2.9: Resultado do quantitativo das vigas no Revit **33**

1. INTRODUÇÃO

A utilização de tecnologias de informação na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC) tem sido apontada como um dos caminhos para reduzir os desperdícios e ineficiências característicos desta indústria (Patacas, 2012).

Atualmente, na construção civil, o processo de materialização de um projeto, em sua grande maioria, é resultado da fragmentação da informação em diversas pranchas CAD (*Computer Aided Design*) 2D e dependente da comunicação de todas as disciplinas envolvidas. Embora o uso da tecnologia CAD ainda seja predominante no mercado, é importante notar que existem outras soluções tecnológicas igualmente eficazes e importantes para a área de projetos. A Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling* – BIM) em 2008 já era considerada por Eastman et al. como um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria AEC.

Com a competitividade cada vez mais acirrada no mercado, as empresas estão buscando a otimização dos processos e custos mais enxutos, sem a surpresa de uma despesa desnecessária e não prevista na fase de projeto. Como foi mencionado anteriormente, os entregáveis são fragmentados e as informaçãos são dispersas, gerando bastante vulnerabilidade. Um dos problemas mais comuns associados à comunicação é o tempo considerável e o gasto requerido para gerar informações críticas para avaliação (Eastman et al., 2008). Este problema ainda permanece no cenário atual de desenvolvimento de projetos, uma vez que ainda nos deparamos com perda e incompatibilidade de informação.

Com o aumento da demanda por integração e compatibilidade, surgiu o conceito BIM, uma técnica de modelagem virtual integrada ao gerenciamento das

atividades inerentes ao projeto. Esta metodologia de projeto cria um modelo computacional preciso que contém informações construtivas e dados relevantes para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários.

Percebe-se, então, a necessidade de um ambiente de trabalho colaborativo e iterativo em que todas as disciplinas e as partes envolvidas durante o desenvolvimento do projeto possam ter um fluxo de informação e de processos efetivos.

Com isso, surge o conceito de interoperabilidade que tem como base que todos os envolvidos na execução trabalhem de forma colaborativa e na produção de um modelo tridimensional e parametrizado (BIM), que permita extrair informações para tomada de decisões.

A escolha do *software* de modelagem estutural do TQS se deu pelo fato do uso diário e conhecimento adquirido durante o processo estágio. Além disso, toda a análise estrutural, dimensionamento e detalhamento é feito na própria ferramente não precisando de nenhum *plug-in* ou exportar para outro aplicativo. A adoção do *software* Autodesk Revit para o estudo de caso foi por ser consolidado no mercado e como principal ferramenta que viabiliza a metodologia BIM. Outro ponto importante é todo ambiente de integração que a Autodesk proporciona com outros aplicativos da própria empresa, como por exemplo, AutoCAD, Navisworks e Robot.

2. CONTEXTO

A construção civil é uma das atividades humanas mais antigas e remonta há milhares de anos. Desde a antiguidade, diversas técnicas e materiais foram utilizados para construir edificações, pontes, estradas e outras estruturas. Com o passar dos séculos, houve um grande avanço tecnológico e científico no setor, com a utilização de novos materiais, processos mais arrojados para dimensionamento, técnicas mais sofisticadas e execução com equipamentos cada vez mais avançados.

No entanto, o uso de softwares específicos para a construção civil só começou a se popularizar na década de 1980, com o surgimento de computadores pessoais e o desenvolvimento de programas voltados para a modelagem e análise de estruturas. O AutoCAD, lançado em 1982, foi um dos primeiros softwares de modelagem 2D amplamente utilizados na indústria da construção. Já nessa época acontecia o intercâmbio entre aplicativos. O *Drawing Exchange Format* (DXF) é um formato de arquivo usado para trocar dados de desenho entre diferentes programas de CAD (*Computer Aided Design*). Ele foi desenvolvido pela Autodesk e é amplamente utilizado na indústria de projeto e engenharia. Esta extensão é uma forma de converter desenhos e modelos criados em um software CAD em um formato que pode ser aberto e editado por outros programas CAD.

A partir dos anos 1990, com a popularização da internet e o aumento da capacidade de processamento dos computadores, surgiram novos programas voltados para a modelagem e análise de estruturas em 3D, como o Revit e o ArchiCAD. Ambos os softwares permitem aos profissionais criar modelos 3D

detalhados de edifícios e estruturas, fornecendo uma ampla gama de ferramentas para projetar, documentar e visualizar projetos arquitetônicos. Suportam a criação de elementos como paredes, pisos, portas, janelas, telhados, bem como sistemas MEP (mecânica, elétrica e hidráulica) e possibilitam a modelagem paramétrica, permitindo aos usuários criar elementos inteligentes e editar suas propriedades de forma eficiente.

Com o surgimento da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) na década de 2000, os *softwares* de construção civil tiveram um grande avanço. O BIM permite que todas as informações de um projeto estejam integradas em um único modelo virtual, o que possibilita a colaboração entre equipes. A principal característica desta metodologia é a sua abordagem baseada em dados e informações, que promove uma colaboração mais eficiente entre as equipes de projeto, construção e operação. Ao utilizar o BIM, é possível realizar análises mais precisas, identificar conflitos, como *clash detective* que será abordado mais a frente, e incompatibilidades antes da construção física, obtendo um melhor controle sobre o processo de construção e manutenção.

Com isso, para a criação de um ambiente totalmente colaborativo e integrado, foi consolidado pela *buildingSmart* o formato neutro *Industry Foundation Classes* (IFC). Dessa forma, qualquer projeto e qualquer disciplina pode ter acesso ao arquivo, mesmo sendo utilizado *softwares* diferentes. Vale ressaltar que, para que o segmento de arquitetura e construção se beneficie ao máximo do IFC, é necessário haver uma implementação robusta em softwares disponíveis para os usuários em suas respectivas regiões e mercados. A *buildingSmart International* fornece uma plataforma e um processo contínuos

para certificar os aplicativos.

Dessa forma, surge o conceito de *openBIM* que enfatiza a importância da interoperabilidade, compartilhamento de informações e da colaboração entre diferentes partes envolvidas em um projeto de construção utilizando formatos de arquivo abertos e padrões de dados comuns. O objetivo é garantir que as informações do projeto sejam acessíveis e utilizáveis por todas as partes interessadas ao longo do ciclo de vida da construção, desde o planejamento e projeto até a construção, operação e manutenção. Segundo a *buildingSmart*, *openBIM* garante:

- **Interoperabilidade**: fundamental para a transformação digital na indústria de ativos construídos e refere-se à adição da dimensão temporal ao modelo BIM. Ele envolve a vinculação de informações de programação e cronograma ao modelo 3D, permitindo visualizar a evolução do projeto ao longo do tempo.
- **Aberto**: padrões neutros devem ser desenvolvidos para facilitar a interoperabilidade.
- **Confiabilidade**: as trocas de dados dependem da qualidade de *benchmarks* independentes.
- **Colaboração**: os fluxos de trabalho são aprimorados por meio de formatos de dados abertos e ágeis.
- **Flexibilidade:** escolha da tecnologia cria mais valor para todas as partes interessadas.

- **Sustentabilidade:** é protegida por meio de padrões de dados interoperáveis a longo prazo.

Existem diferentes sistemas de classificação de níveis de maturidade BIM, Figura 2.1. Um dos mais amplamente adotados é o sistema de níveis de desenvolvimento BIM do AIA (*American Institute of Architects*) que são: nível de maturidade BIM 0 ou pré-BIM, nível de maturidade BIM 1, nível de maturidade BIM 2 e nível de maturidade BIM 3.

Figura 2.1: Níveis de maturidade BIM em um projeto
Fonte: AutoDoc

Os parâmetros LoD (*Level of Detail*, em português Nível de Detalhe), LOI (*Level of Information*, em português Nível de Informação) e LOD (*Level of Development*, em português Nível de Desenvolvimento) também servem para descrever o nível de detalhe e o nível de informação contidos em um modelo BIM ou em elementos individuais dentro do modelo. O LoD indica o grau de detalhamento das propriedades geométricas e não geométricas associadas a um

objeto dentro do modelo, por exemplo o nível de representação da forma, tamanho, posição relativa e representação visual do elemento. O LOI refere-se ao nível de informação não geométrica associada a um elemento no modelo BIM, por exemplo a definição de todas as propriedades do elemento, como massa, composição do material, peso, altura e fabricante. Ele descreve a quantidade e a qualidade dos dados não geométricos que acompanham o elemento. Por fim, o LOD que seria o resultado da soma do LoD e LOI, Figura 2.2, refere-se ao nível de detalhe de um elemento no modelo BIM.

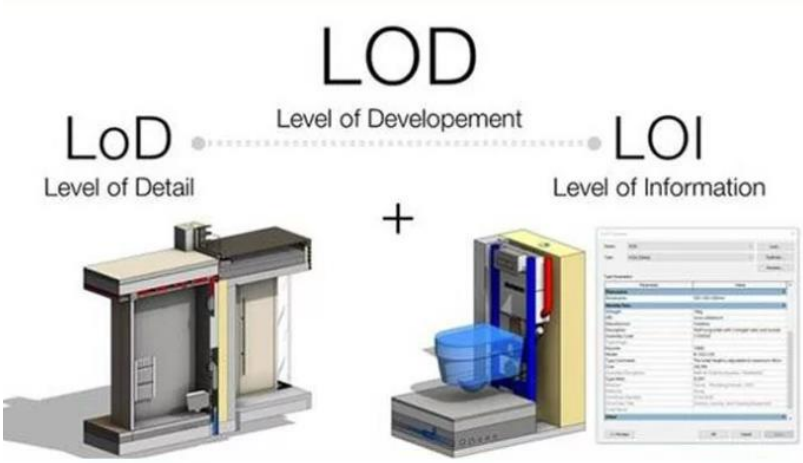

Figura 2.2: Resultado Lod e LOI
Fonte: SPbim

A *American Institute of Architects* também criou o grau de precisão para o Nível de Desenvolvimento (LOD) com que o elemento foi modelado e o quão completo é o seu nível de informação. Geralmente é definido em uma escala numérica que varia de LOD 100 (representação conceitual) a LOD 500 (representação precisa e detalhada, *as built*), com níveis intermediários que correspondem a diferentes graus de detalhamento, conforme a Figura 2.3. Ambos os conceitos ajudam a definir a qualidade e a precisão das informações

representadas no modelo.

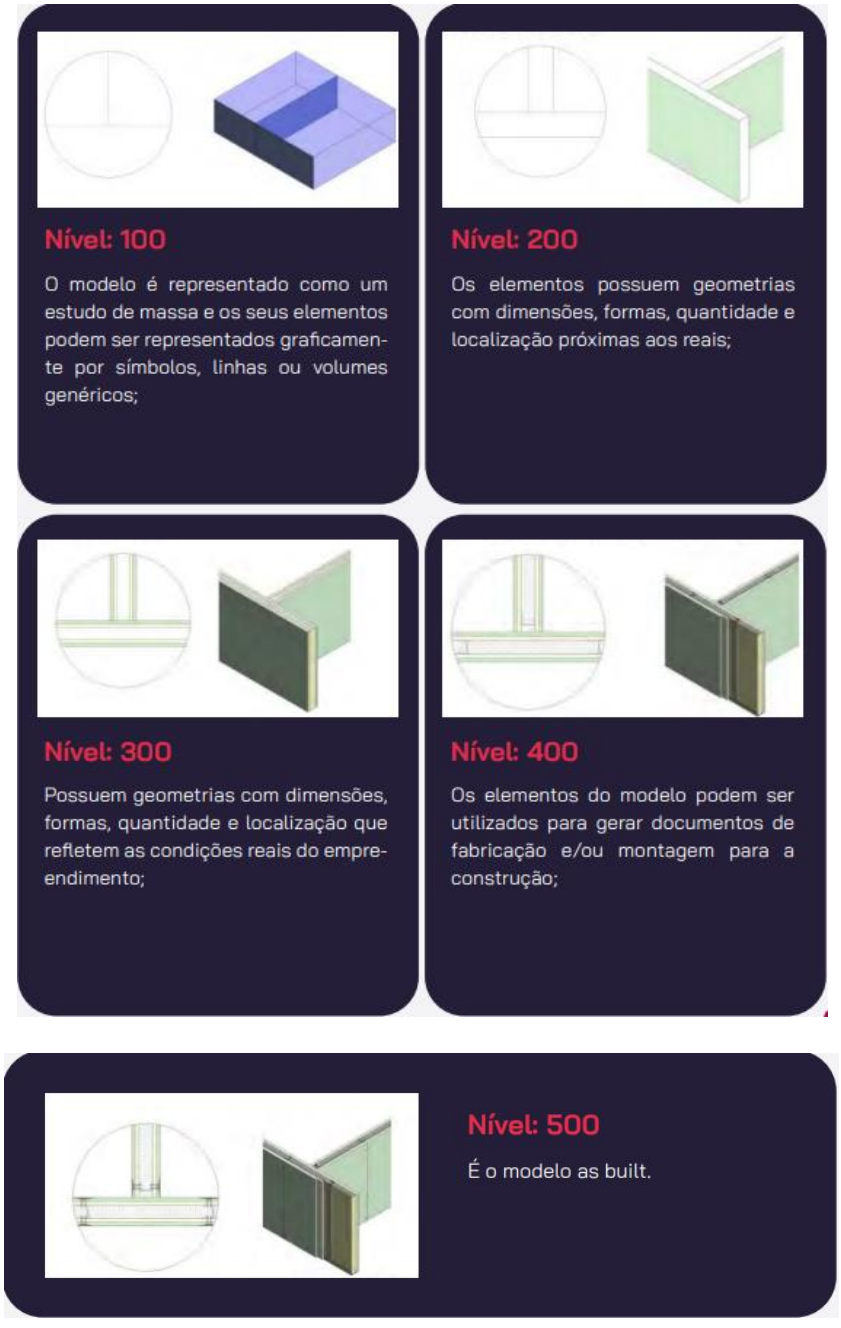

Figura 2.3: Níveis de LOD
Fonte: Autodoc

Atualmante ja é falado em projetos além do 3D que surgiram como extensões do BIM para fornecer mais informações e funcionalidades ao longo do

ciclo de vida dos projetos de construção. Essas extensões adicionam dimensões ao Modelo de Informações da Construção para abordar aspectos como programação, custos e operação e manutenção.

São estas as dimensões:

- **4D**: refere-se à adição da dimensão temporal ao modelo BIM. Ele envolve a vinculação de informações de programação e cronograma ao modelo 3D, permitindo visualizar a evolução do projeto ao longo do tempo.

- **5D**: adiciona a dimensão de custo ao modelo. Ele integra informações de custo e orçamento ao modelo 3D e ao 4D, permitindo a realização de estimativas de custos mais precisas, o acompanhamento dos gastos ao longo do tempo e a análise do impacto de mudanças no custo total do projeto.

- **6D**: introduz a dimensão de operação e manutenção. Ele incorpora dados relacionados à gestão do ciclo de vida do edifício, como informações sobre materiais, componentes, manuais de operação, requisitos de manutenção e informações energéticas. Isso ajuda na gestão eficiente e sustentável dos edifícios ao longo de sua vida útil.

- **7D**: introduz dados relacionados à gestão e manutenção dos ativos da construção ao longo de sua vida útil. A modelagem 7D auxilia na gestão de instalações, manutenção predial, programação de inspeções e substituições, além de fornecer

informações para o planejamento de custos de manutenção.

- **8D**: introduz informações de segurança e saúde no modelo 3D, ajudando a identificar riscos e melhorar a segurança no local de trabalho. Em outros casos, pode se referir à dimensão social, incluindo informações sobre o impacto do projeto nas comunidades e nas interações sociais.

Hoje, os softwares de construção civil são cada vez mais avançados e utilizados em todas as fases do processo de construção, desde o planejamento até a manutenção das edificações. Eles são ferramentas essenciais para a redução de custos, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade das construções.

Em 02 de abril de 2020 foi publicado, no Brasil, o DECRETO Nº 10.306 que estabelece a utilização obrigatória da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, com o âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação da metodologia.

Posteriormente, em dezembro de 2020 e janeiro de 2021, foram publicadas as normas ABNT NBR ISO 19650-1 e a ABNT NBR ISO 19650-2, respectivamente. Tais normas estabelecem as diretrizes para a gestão da informação em projetos de construção e infraestrutura, seguindo as mesmas diretrizes estabelecidas pela norma internacional. A adoção da norma no Brasil pode trazer benefícios para as empresas e organizações do setor, incluindo redução de custos, melhoria da eficiência e redução de riscos em projetos de construção e infraestrutura. Além disso, a conformidade com a norma pode

ajudar as empresas a competirem em mercados globais, uma vez que a norma é reconhecida internacionalmente.

Apesar da metodologia 3D BIM ser uma realidade na fase projetos, o processo de execução ainda é feito com base na leitura de plantas CAD 2D. Com isso, a NBR 6492 estabelece as condições exigíveis para representação gráfica de projetos. A norma define, também, as fases de projeto em quatro etapas:

- **Estudo preliminar:** etapa destinada ao dimensionamento preliminar dos conceitos do projeto arquitetônico da edificação e anexos necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir alternativas de projetos;
- **Anteprojeto:** etapa destinada à concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento do projeto arquitetônico da edificação;
- **Executivo:** etapa destinada à concepção e à representação final das informações técnicas dos projetos arquitetônicos, necessárias e suficientes à licitação ou contratação e à execução dos serviços de obra correspondentes;
- ***As built*:** última revisão do projeto executivo, em que a represetanção gráfica constante no projeto da edificação está condizente com a obra acabada, ou seja, todas as alterações realizadas durante a obra devem estar devidamente registradas neste documento;

Segundo um estudo realizado pelo NIST (*National Institute of Standards*

and Techonolgy) em 2004, os resultados mostraram que interoperabilidade inadequada entre os softwares AEC contribuem para um custo adicional nas construções de US$ 15,8 bilhões (Eastman et al., 2008). Atualmente, segundo Amorim (2020), quando bem implementado e monitorado, o BIM pode reduzir este custo da interoperabilidade ineficiente e trazer inúmeros benefícios, como por exemplo: incremento de produtividade de 25% a 50% após domínio dos processos pela equipe; redução dos prazos totais de serviços em cerca de 25%; diminuição de revisões em até 90%.

Percebe-se a necessidade de buscar uma melhora nos processos BIM e na interoperabilidade entre os softwares da indústria da arquitetura, engenharia e construção com o objetivo de desenvolver a eficiência e a qualidade das construções.

Com isso, a adoção do BIM no Brasil tem como objetivo melhorar a qualidade, eficiência, reduzir custos e prazos das construções, além de aumentar a transparência e a sustentabilidade nas obras públicas. O decreto representa um importante passo para a modernização da construção civil no país e coloca o Brasil em sintonia com as melhores práticas internacionais no setor. Entretanto, pode-se notar que ainda é um assunto carente de informação, treinamento e preparação dos profissionais da área.

3. SOFTWARES DISPONÍVEIS

De acordo com Eastman et al. (2014), é importante destacar que cada software com tecnologia BIM possui funcionalidades e ferramentas específicas direcionadas ao projeto. Ao escolher um deles, é necessário considerar possíveis interferências nas práticas de produção, interoperabilidade e capacidades funcionais da organização em diferentes tipos de projetos, uma vez que não existe uma plataforma ideal para cada empreendimento. Os *softwares* mais comuns são:

- **Autodesk Revit**: um dos *softwares* mais populares, conhecido por sua capacidade abrangente de modelagem 3D, documentação detalhada e colaboração em equipe. É integrado com o Revit Architecture, o Revit Structure e o Revit MEP (mecânica, elétrica e hidráulica), além de uma interface direta com o Robot.

- **Autodesk Navisworks**: *software* de coordenação e revisão de projetos BIM, que permite a detecção de conflitos e análise de interferências. É responsável por realizar o *clash detective* que consiste na verificação das posições relativas dos elementos e se eles se sobrepõem ou estão muito próximos. Após a validação, são gerados relatórios detalhados que destacam as colisões encontradas, indicando a localização e o tipo de conflito.

- **ArchiCAD**: é um software BIM líder desenvolvido pela Graphisoft, conhecido por sua interface intuitiva e recursos

avançados de modelagem e documentação.

- **Bentley Architecture**: oferece recursos avançados de modelagem, documentação e análise, além de integração com outras soluções do Bentley Systems. Seu suporte bidirecional a desenhos permite a geração e o gerenciamento de informações com base em atualizações tanto do desenho quanto de vistas do modelo.

Segundo Martha (2010), a análise estrutural é a etapa do projeto estrutural na qual é realizada uma previsão do comportamento da estrutura. Nela são utilizadas todas as teorias físicas e matemáticas resultantes da formalização da engenharia estrutural como ciência. Os *softwares* de modelagem estrutural permitem a criação de representações precisas e detalhadas das estruturas, aplicação de cargas, análises estruturais, simulações e obtenção de resultados para avaliar o comportamento e a resistência das estruturas. Existem diversos programas de modelagem estrutural disponíveis no mercado, tais como:

- **Robot Structural Analysis**: software abrangente de análise estrutural que permite a modelagem e análise de estruturas complexas. Ele oferece recursos para modelagem de estruturas, análise estática e dinâmica, dimensionamento de elementos estruturais, verificação de códigos e normas, simulações de carregamento.

- **SAP2000**: software de análise estrutural amplamente utilizado para análise estática e dinâmica de estruturas.

- **CYPECAD:** é um software para projeto e cálculo estrutural em concreto armado, pré-moldado, protendido e misto de concreto e aço que engloba as etapas de lançamento do projeto, análise e cálculo da estrutura, dimensionamento e detalhamento final dos elementos.

- **TQS**: software para projeto e cálculo estrutural em concreto armado, pré-moldado, protendido e alvenaria estrutural. Realiza cálculos de esforços, verificações de dimensionamento, análises de estabilidade, análises de deslocamentos e proporciona agilidade no detalhamento.

4. METODOLOGIA E OBJETIVO

No mercado atualmente existem diversos tipos de software relacionados principalmente à Modelagem arquitetônica/estrutural e Análise Estrutural. Este trabalho terá como objetivo analisar a interoperabilidade e dimensionamento estrutural os softwares Autodesk Revit e TQS, respectivamente.

Será apresentado um estudo de caso que desenvolverá um modelo estrutural de concreto armado para avaliar a interoperabilidade entre a Plataforma BIM de Modelagem e a Ferramenta BIM de Análise Estrutural, utilizando o formato de troca de informação IFC. O objetivo é demonstrar claramente como o formato neutro e sua implementação lidam com as diferentes representações envolvidas. Após a validação do modelo estrutural, o modelo IFC será exportado pela Ferramenta BIM de Análise Estrutural, mencionada anteriormente, para realizar testes de interoperabilidade e documentar possíveis inconsistências que possam surgir no processo de intercâmbio de informações utilizando o formato neutro.

Como foi dito anteriormente, o trabalho será desenvolvido tendo como base os dois *softwares* que viabilizam a modelagem BIM, sendo um deles o *software* TQS, desenvolvido pela empresa brasileira TQS, versão 2023. Segundo o desenvolvedor, o TQS é um programa composto por um conjunto de sistemas que, de forma totalmente integrada e automatizada, fornecem recursos necessários para a concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento e detalhamento de armaduras, geração de desenhos até a emissão de plantas.

Em relação ao *software* Autodesk Revit, desenvolvido pela Autodesk, foi

utilizada a versão estudantil versão 2020. Segundo o desenvolvedor, no programa é possível modelar formas, estruturas e sistemas em 3D com exatidão, simplificar o trabalho de documentação, com revisões instantâneas em plantas, elevações, tabelas e um conjunto de ferramentas especializadas em um ambiente de projeto unificado.

5. ESTUDO DE CASO

5.1. PROCESSO DE MODELAGEM

Como estudo de caso do presente trabalho foi usado o projeto, Figura 5.1.1, que se refere a construção multifamiliar constituído de uma garagem, térreo, oito pavimentos, (sendo seis pavimentos tipos) e cobertura. Os arquivos foram disponibilizados no formato RVT pela construtora responsável pelo projeto e DWG-CAD. A Figura 5.1.2 representa a planta arquitetônica do tipo da edificação.

Figura 5.1.1: Modelo 3D do projeto arquitetônico .RVT

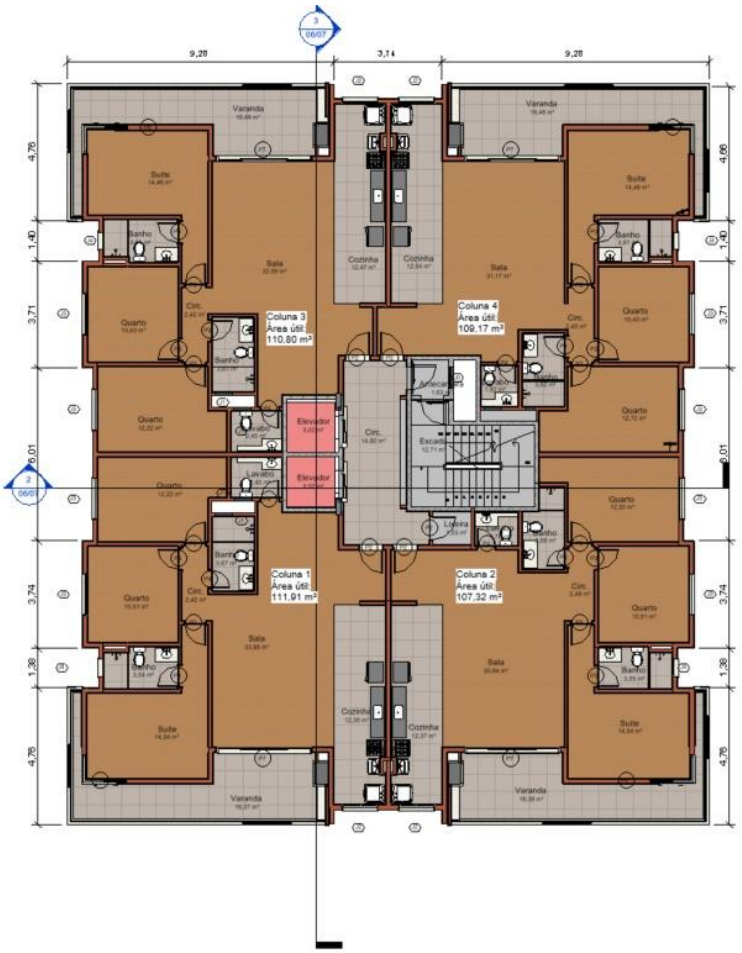

Figura 5.1.2: Planta baixa do pavimento tipo

Foi necessário fazer a conversão das plantas baixas para o formato DWG-TQS para poder inseri-las dentro do modelador estrutural. Esta conversão de arquivos foi realizada no aplicativo dentro do software TQS, Figura 5.1.3.

Figura 5.1.3: Conversão dos arquivos DWG-CAD para DWG-TQS

Posteriormente, com todos os arquivos de arquitetura convertidos, o edifício criado e definidos os parâmetros gerais, como unidades de medida, normas de projeto (NBR 6120:2019 e NBR 6118:2014) e propriedades dos materiais, cobrimento e classe de agressividade ambiental, foi iniciado o processo de modelagem do projeto estrutural do prédio. No software TQS, a modelagem estrutural é realizada de forma intuitiva e eficiente, seguindo um fluxo de trabalho bem definido. A geometria no pré-dimensionamento dos elementos estruturais, como vigas, pilares, lajes, fundações, etc, é definida pelo engenheiro responsável.

Dentro do modelador, Figura 5.1.4, é possivel navegar por todos os pavimentos estruturais do prédio, pelos elementos estruturais, menu de cargas pontuais e distribuídas, visualizar o modelo 3D, inserir referência externa, cortes localizados e global, etc.

Figura 5.1.4: Interface do menu dentro modelador do TQS

A Figura 5.1.5 representa a tela do modelador com a referência externa da planta baixa do pavimento. Com base no posicionamento das paredes, esquadrias e *layout* da arquitetura como referência é possível lançar os pilares.

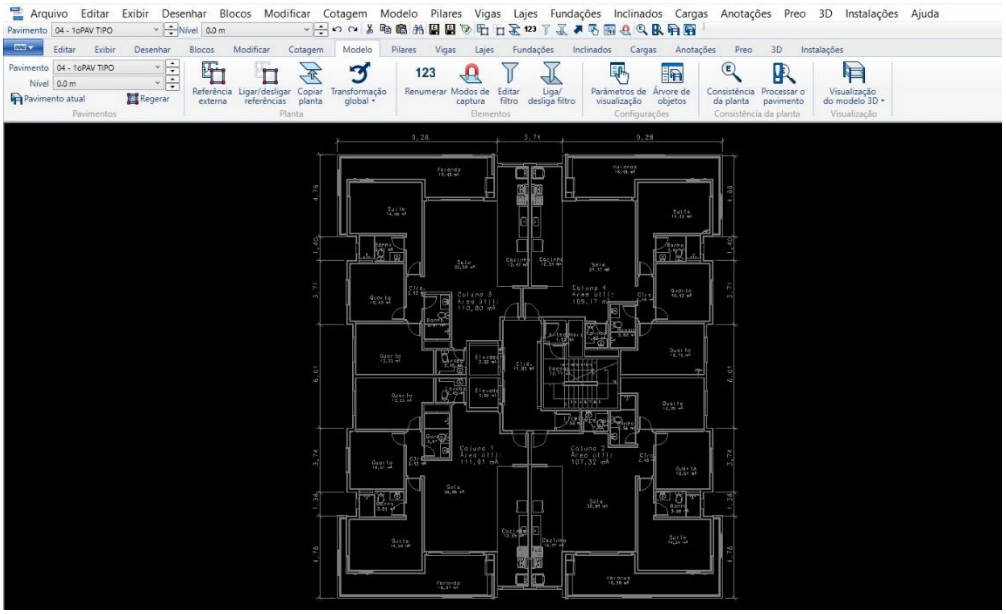

Figura 5.1.5: Modelador com referência externa da arquitetura

Na aba “Pilares, Figura 5.1.6, é possível escolher as dimensões, base e altura, nomeclatura, ângulo de inserção e ler dados de algum pilar de referência.

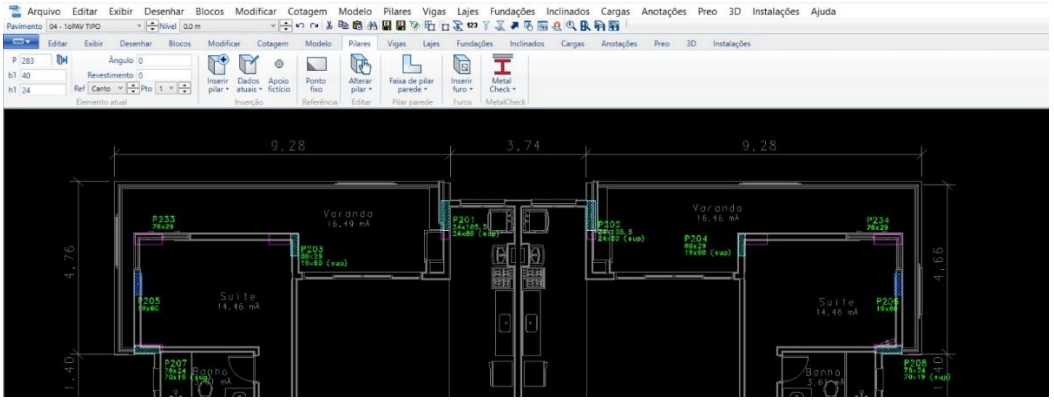

Figura 5.1.6: Interface da aba de pilares

Em seguida, na aba “Vigas”, Figura 5.1.7, é possível também escolher as dimensões, base e altura, nomeclatura, realizar rebaixo, pré-determinar alguma carga distribuída, determinar o cruzamento de vigas (sistema de apoios), inserir furos e ler dados de alguma viga de referência.

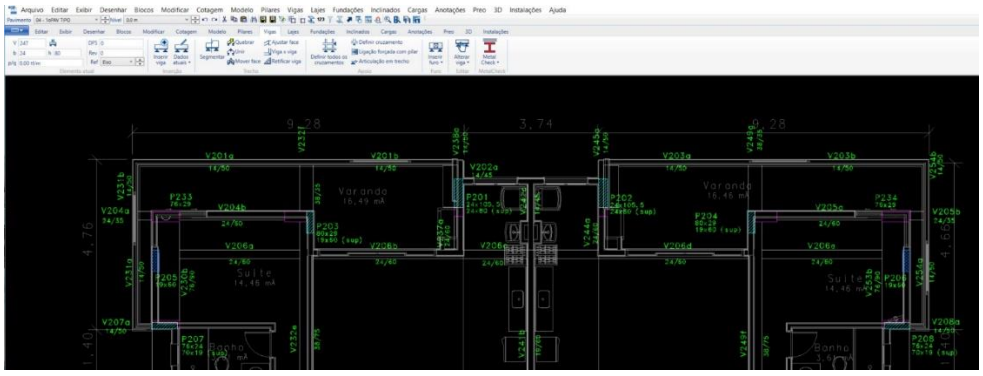

Figura 5.1.7: Interface da aba de vigas

Na sequência, na aba “Lajes”, Figura 5.1.8, é possível escolher o tipo de laje, maciça, nervurada ou treliçada, nomeclatura, realizar rebaixo, inserir carga permanente e acidental, inserir *shaft* e ler dados de alguma viga de referência.

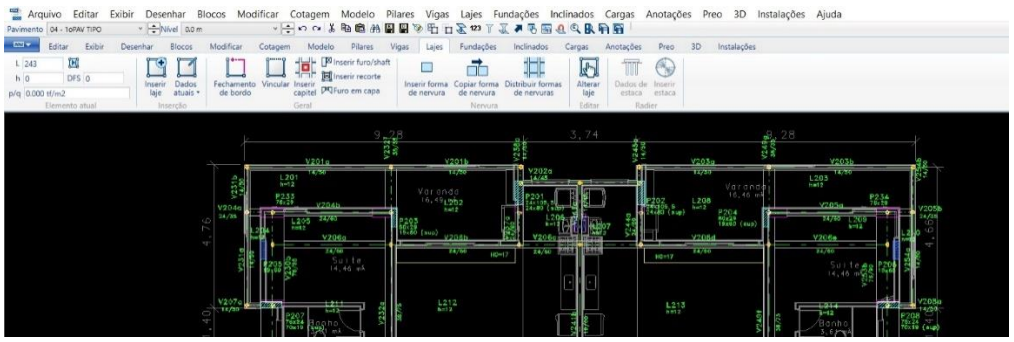

Figura 5.1.8: Interface da aba de lajes

Na aba “Cargas”, Figura 5.1.9, é possível inserir manualmente cargas pontuais, cargas distribuídas de alvenaria e eventuais cargas adicionais de projeto. Nota-se a diferença de coloração para facilitar visualmente a indentificação de diferença de cargas adotadas entre as lajes.

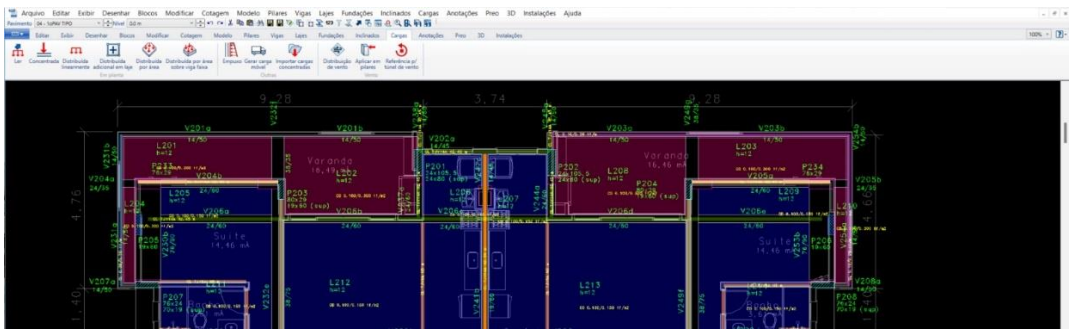

Figura 5.1.9: Interface da aba de cargas

Em seguida, o TQS realiza a análise estrutural utilizando métodos de cálculo avançados. Ele considera as características geométricas, propriedades dos materiais e carregamentos para determinar as respostas estruturais, como esforços, deslocamentos e deformações. Com base nos resultados da análise estrutural, o TQS realiza o dimensionamento dos elementos estruturais, verificando se estão dentro dos limites de segurança estabelecidos pelas normas de projeto. Após o processamento da estrutura, é possivel verificar a estabilidade global do prédio através do relatório gerado, Figura 5.1.9.

Figura 5.1.10: Relatório de estabilidade global do prédio

Por fim, é realizada uma análise e um refinamento dos resultados obtidos. Caso necessário, realizar ajustes ou refinamentos no modelo, garantindo a integridade estrutural. Uma das verificações feitas é a estabilidade global (coeficiente γ_z e coeficiente α), conforme a Figura 5.1.11, que é um requisito de grande importância na elaboração do projeto estrutural de um edifício de concreto armado, e visa garantir a segurança da estrutura perante o Estado Limite Último de Instabilidade, situação na qual a capacidade resistente da estrutura é inferior ao incremento das solicitações à medida que as deformações aumentam. Outra análise feita são os e efeitos de 2ª ordem que são aqueles que são adicionados aos obtidos numa análise de 1ª ordem, quando a análise do equilíbrio passa a ser efetuada considerando a configuração deformada da estrutura.

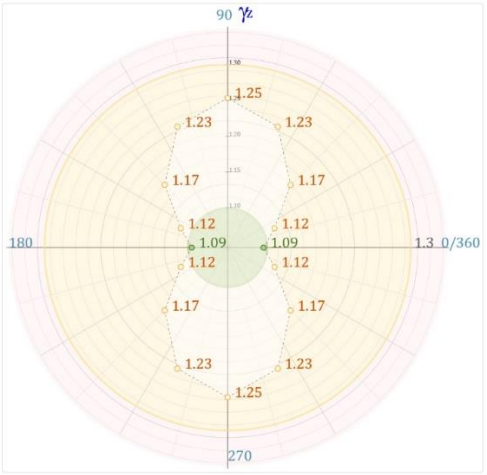

Figura 5.1.11: Estabilidade global, gamaZ
Fonte: TQS Docs

Outro ponto importante a ser analisado é a deformação do pavimento, Figura 5.1.12, e verificar se está dentro dos limites estipulados pela norma.

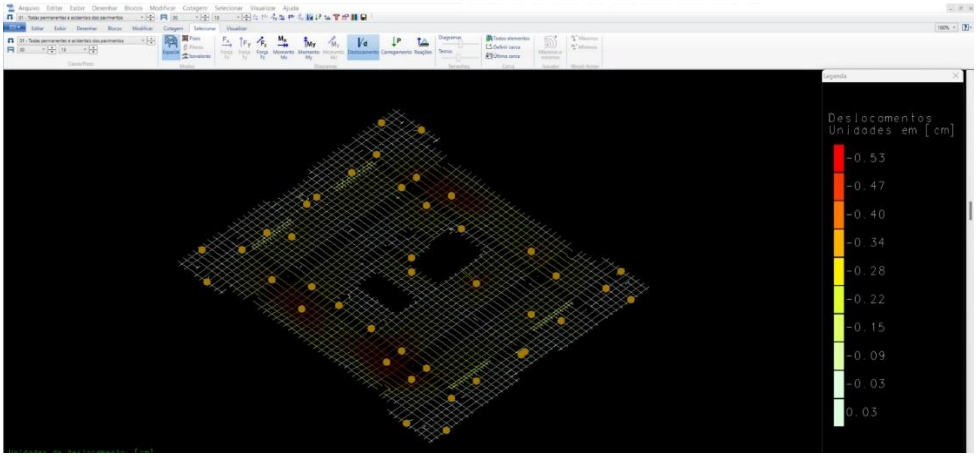

Figura 5.1.12: Verificação da deformação

Após a conclusão do projeto estrutural, este foi exportado no formato IFC a partir do TQS para o Autodesk Revit, Figura 5.1.13. Por meio da lista de quantitativo gerado para o prédio (volume de concreto) foi realizada uma comparação entre os valores obtidos da lista de material geradas pelos aplicativos.

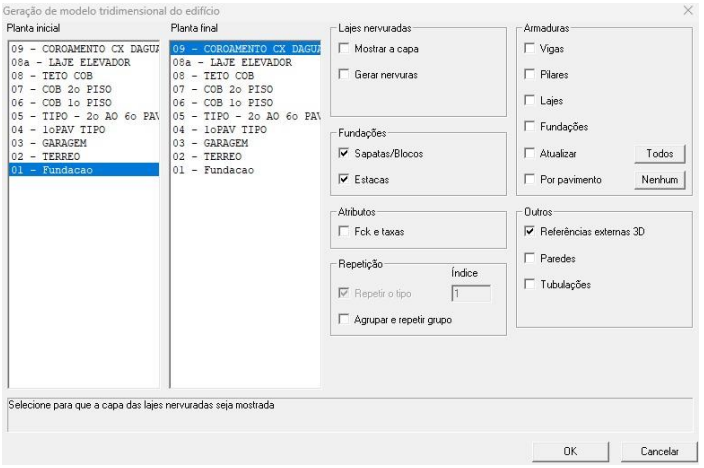

Figura 5.1.13: Quadro de configuração para exportar o IFC

A Figura 5.1.14 representa o modelo estrutural 3D desenvolvido no TQS e a Figura 5.1.15 representa o modelo importado no Revit. Pode-se perceber a diferenciação dos elementos estruturais pelas cores, sendo a cor azul representando as vigas, a cor verde representando os pilares, a cor cinza representando as lajes e a cor roxa representando as sapatas.

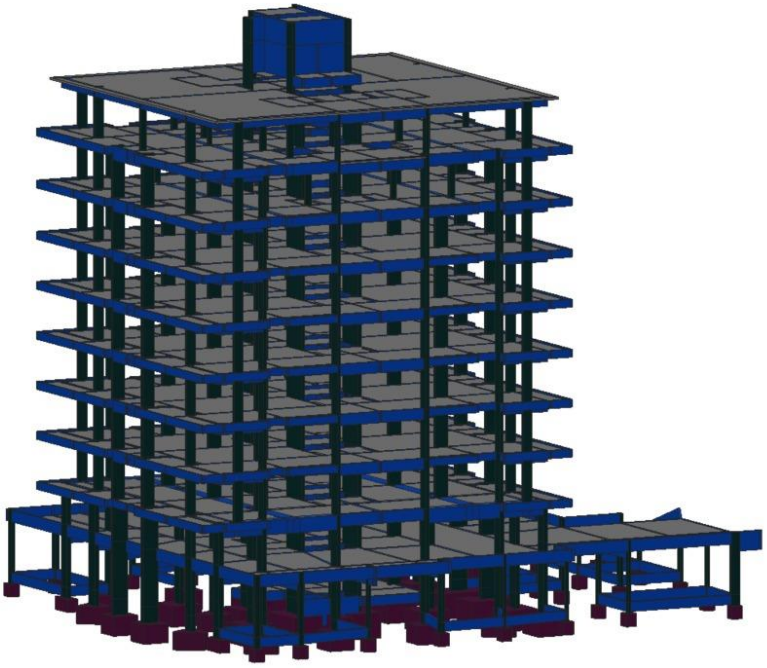

Figura 5.1.14: Modelo estrutural 3D criado no TQS

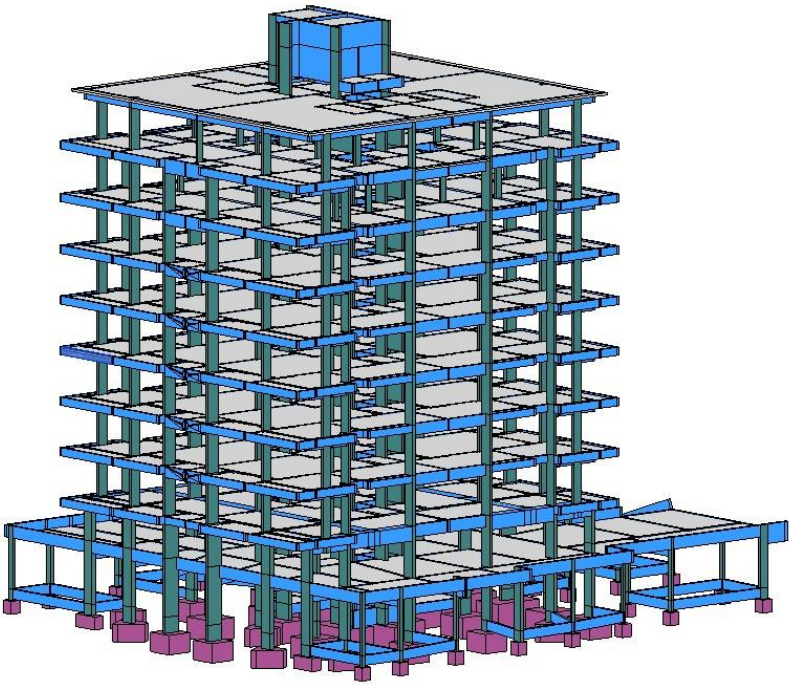

Figura 5.1.15: Modelo estrutural 3D importado no Revit

5.2. RESULTADO E DISCUSSÕES

Inicialmente, foi realizada uma análise da geometria global do modelo IFC e da presença de todos os elementos originalmente modelados utilizando o TQS, conforme mostrado na Figura 5.1.14 e Figura 5.1.15. Após verificar o modelo nessa primeira parte, o próximo passo foi analisar manualmente as propriedades inerentes aos elementos contidos no modelo, uma vez que não havia um método automatizado disponível para essa verificação. Esse processo de validação é caracterizado como iterativo, pois, caso o modelo não seja validado, é necessário revisá-lo em busca de uma solução melhor para gerar um modelo IFC consistente.

A Figura 5.2.1 representa a estrutura do primeiro pavimento, por exemplo, da edificação com o modelo estrutural. Através de análise da Figura 5.2.2, que representa o modelo IFC importado no Revit, é possível perceber visualmente que o nível 2D houve uma transferência parcial dos elementos, uma vez que a mudança de seção da viga e alguns pilares não foram representados em planta, por exemplo. Entretando, ao observar a Figura 5.1.15 nota-se a representação completa do modelo 3D do edifício.

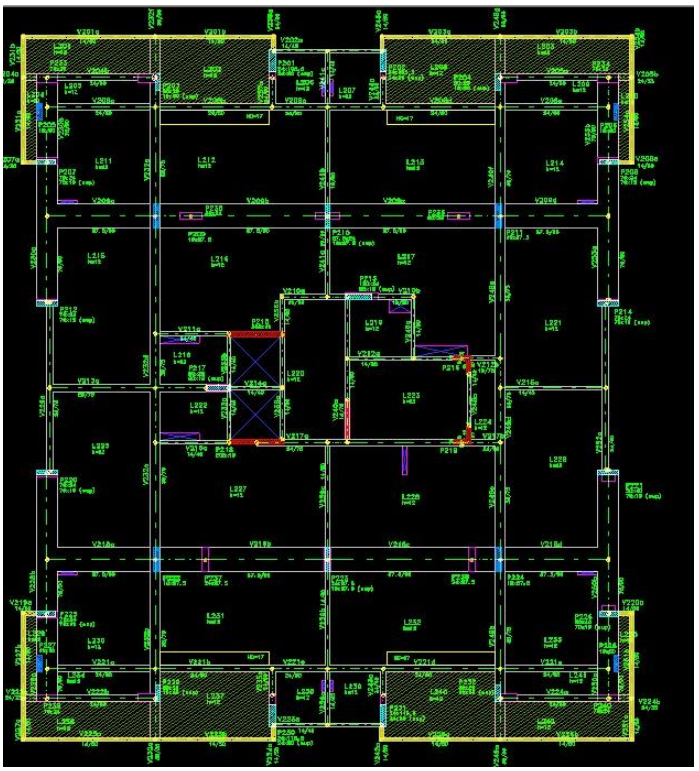

Figura 5.2.1: Forma do primeiro pavimento .DWG gerado no TQS

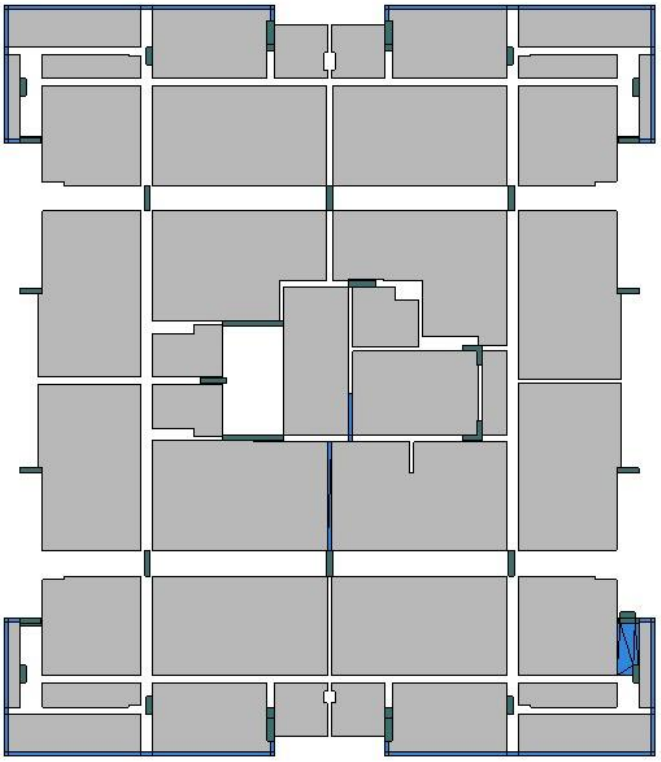

Figura 5.2.2: Forma do primeiro pavimento importado no Revit

Foi possível observar que, ao selecionar qualquer elementro estrutural em qualquer um dos pavimentos criados para modelagem o menu de propriedades, Figura 5.2.3, não era apresentava nenhuma característica paramétrica do elemento, dando a entender que se tratava de um objeto genérico e que a infomação teria se perdido no caminho.

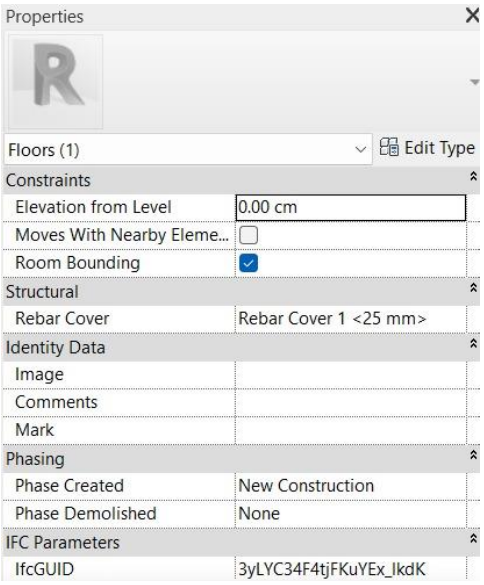

Figura 5.2.3: Menu de propriedades do elemento

Contudo, ao clicar em *Edit Type* foi possível verificar todos os dados referentes ao objeto, como por exemplo o tipo de elemento estrutural, sua nomeclatura, sua dimensão, cobrimento adotado, se possui algum rebaixo e qual a resistência à compressão caracterísitca adotada. As Figuras 5.2.4 e 5.2.5, respectivamente, são exemplos de dados de lajes e vigas do primeiro pavimento.

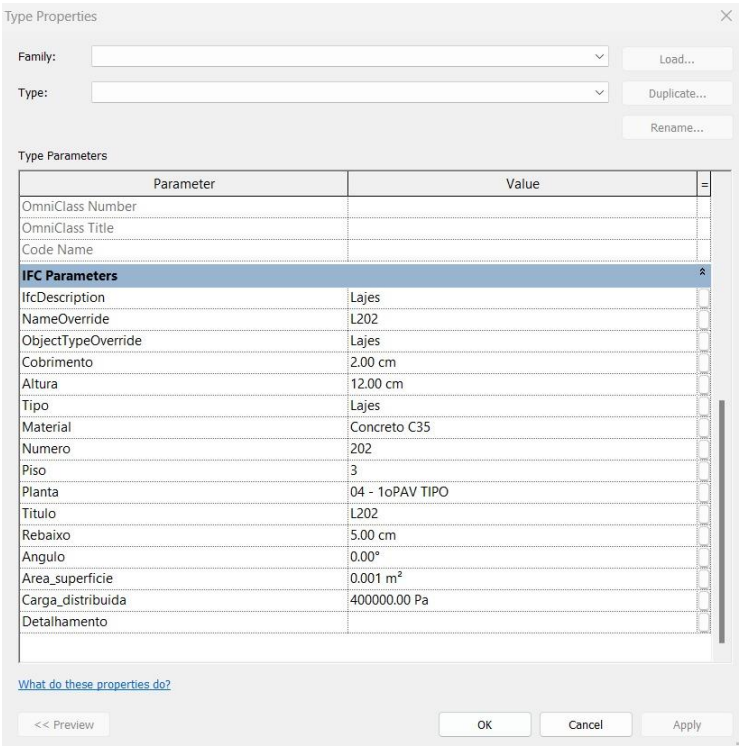

Figura 5.2.4: Exemplo de dados de laje no Revit

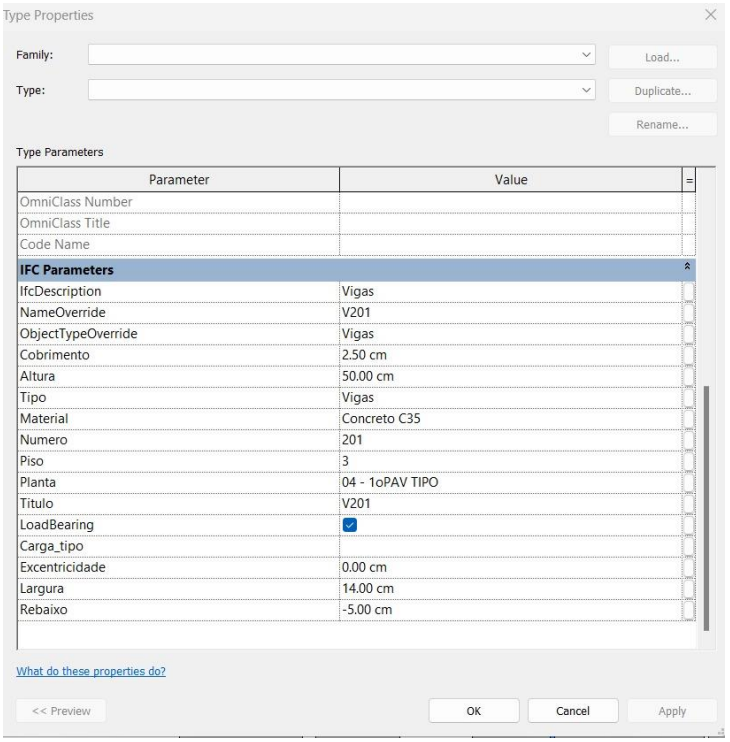

Figura 5.2.5: Exemplo de dados de viga no Revit

Vale ressaltar que, apesar da importação preservar os dados originais do objeto, como por exemplo sua nomeclatura e sua dimensão, não foi possível realizar qualquer alteração no projeto, pois as informações não eram parametrizadas no objeto. A interoperabilidade é uma das premissas fundamentais para que uma ferramenta seja considerada como BIM, pois envolve a transmissão e a preservação de informações ao longo do processo.

Contudo, essa manuenção relativa do nível de informação é crucial para realizar análises de incompatibilidades com outras disciplinas, como por exemplo paisagismo, instalações hidrossanitárias, dentre outras, além de possibilitar o planejamento e controle nas simulações 4D e custos em formato 5D. Um exemplo de análise é a verificação de interferência da estrutura com a instalação de água ou de esgoto que pode ser feita por meio do comando *clash detective* utilizando a ferramenta Navisworks, desenvolvida pela própria Autodesk. O *Model Checking*, que é a possibilidade de verificação dos modelos de diferentes disciplinas torna-se uma poderosa ferramenta de qualidade e eficiência.

Com base nos relatórios de conflitos, a equipe de projeto identifica as melhores soluções para resolver os problemas detectados. Isso pode envolver ajustes na geometria dos elementos, realocação de elementos, revisão de sistemas ou coordenação entre diferentes disciplinas. Após a implementação das modificações necessárias, é realizada uma nova verificação para garantir que os conflitos tenham sido resolvidos corretamente. A Figura 5.2.6 mostra o relatório com todos os conflitos encontrados e um exemplo de conflito interdiciplinar, neste caso uma tubulação passando dentro de um perfil metálico.

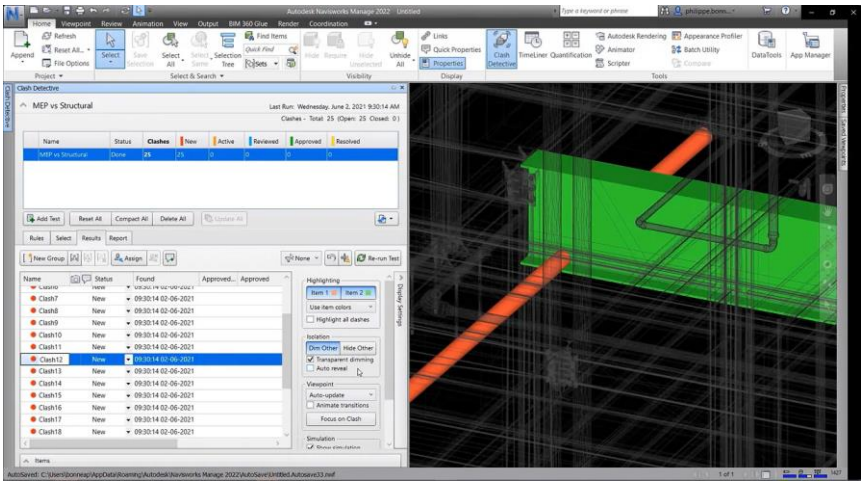

Figura 5.2.6: Exemplo de resultado do *clash detective*
Fonte: AutoDesk

No estudo de caso em questão, ao tentar gerar o quantitativo de volume de concreto dos pilares pelo Revit, foi possível notar inconsistência. Na Figura 5.2.7, percebe-se que foi preservada parte das informações do pilares, como por exemplo o tipo de elementro estrutural, sua nomeclatura, dimensão e o lance, porém o software não foi capaz de calcular ou preservar a informação de volume.

Column Material Takeoff

A	B	C	D	E	F
Material: Name	NameOverride	Dimensao_b1	Dimensao_h1	Material: Volume	Planta
Pilares	P201	24.0 cm	105.5 cm	0.000 m³	02 - TERREO
Pilares	P201	24.0 cm	105.5 cm	0.000 m³	03 - GARAGEM
Pilares	P201	24.0 cm	105.5 cm	0.000 m³	04 - 1oPAV TIPO
Pilares	P201	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P201	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P201	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P201	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P201	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P201	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	06 - COB 1o PISO
Pilares	P201	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	07 - COB 2o PISO
Pilares	P202	24.0 cm	105.5 cm	0.000 m³	02 - TERREO
Pilares	P202	24.0 cm	105.5 cm	0.000 m³	03 - GARAGEM
Pilares	P202	24.0 cm	105.5 cm	0.000 m³	04 - 1oPAV TIPO
Pilares	P202	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P202	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P202	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P202	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P202	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P202	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	06 - COB 1o PISO
Pilares	P202	24.0 cm	80.0 cm	0.000 m³	07 - COB 2o PISO
Pilares	P203	80.0 cm	29.0 cm	0.000 m³	02 - TERREO
Pilares	P203	80.0 cm	29.0 cm	0.000 m³	03 - GARAGEM
Pilares	P203	80.0 cm	29.0 cm	0.000 m³	04 - 1oPAV TIPO
Pilares	P203	19.0 cm	60.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P203	19.0 cm	60.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P203	19.0 cm	60.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P203	19.0 cm	60.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P203	19.0 cm	60.0 cm	0.000 m³	05 - TIPO - 2o AO 6
Pilares	P203	19.0 cm	60.0 cm	0.000 m³	06 - COB 1o PISO
Pilares	P203	19.0 cm	60.0 cm	0.000 m³	07 - COB 2o PISO
Pilares	P203	19.0 cm	60.0 cm	0.000 m³	08 - TETO COB

Figura 5.2.7: Resultado do quantitativo dos pilares no Revit

Por outro lado, ao tentar gerar o quantitativo de volume de concreto das lajes e das vigas pelo Revit houve certa preservação dos dados. Na Figura 5.2.9 e Figura 5.2.9, nota-se que as informações das lajes e das vigas não se perderam, sendo possível gerar o volume de concreto.

<Floor Schedule>

A	B	C	D
NameOverride	Altura	Volume	Planta
L207	12.0 cm	1.161 m³	02 - TERREO
L204	12.0 cm	1.458 m³	02 - TERREO
L202	20.0 cm	0.644 m³	02 - TERREO
L205	20.0 cm	0.644 m³	02 - TERREO
L201	12.0 cm	0.562 m³	02 - TERREO
L208	12.0 cm	3.225 m³	02 - TERREO
L209	12.0 cm	2.514 m³	02 - TERREO
L203	12.0 cm	0.084 m³	02 - TERREO
L206	12.0 cm	0.468 m³	02 - TERREO
L209	14.0 cm	3.270 m³	03 - GARAGEM
L205	14.0 cm	2.093 m³	03 - GARAGEM
L207	14.0 cm	0.992 m³	03 - GARAGEM
L213	12.0 cm	0.932 m³	03 - GARAGEM
L227	14.0 cm	4.350 m³	03 - GARAGEM
L223	12.0 cm	1.026 m³	03 - GARAGEM
L229	12.0 cm	3.690 m³	03 - GARAGEM
L234	14.0 cm	3.122 m³	03 - GARAGEM
L233	14.0 cm	2.813 m³	03 - GARAGEM
L219	12.0 cm	2.904 m³	03 - GARAGEM
L210	12.0 cm	1.523 m³	03 - GARAGEM
L221	13.0 cm	1.592 m³	03 - GARAGEM
L215	12.0 cm	0.517 m³	03 - GARAGEM

Figura 5.2.8: Resultado do quantitativo das lajes no Revit

<Structural Framing Schedule>

A	B	C	D	E
NameOverride	Largura	Altura	Volume	Planta
V206	19.0 cm	60.0 cm	0.136 m³	02 - TERREO
V206			0.016 m³	02 - TERREO
V240	19.0 cm	60.0 cm	0.469 m³	02 - TERREO
V240	19.0 cm	170.0 cm	0.578 m³	02 - TERREO
V240	19.0 cm	170.0 cm	0.594 m³	02 - TERREO
V240			0.022 m³	02 - TERREO
V240			0.045 m³	02 - TERREO
V237	19.0 cm	170.0 cm	0.554 m³	02 - TERREO
V237	19.0 cm	170.0 cm	0.570 m³	02 - TERREO
V210	14.0 cm	170.0 cm	0.428 m³	02 - TERREO
V210	14.0 cm	40.0 cm	0.122 m³	02 - TERREO
V210			0.012 m³	02 - TERREO
V243	14.0 cm	60.0 cm	0.150 m³	02 - TERREO
V243	14.0 cm	60.0 cm	0.079 m³	02 - TERREO
V243	14.0 cm	60.0 cm	0.175 m³	02 - TERREO
V243			0.016 m³	02 - TERREO
V243			0.012 m³	02 - TERREO
V208	14.0 cm	60.0 cm	0.189 m³	02 - TERREO
V208	14.0 cm	60.0 cm	0.115 m³	02 - TERREO
V208			0.012 m³	02 - TERREO
V245	14.0 cm	60.0 cm	0.033 m³	02 - TERREO
V245	14.0 cm	60.0 cm	0.126 m³	02 - TERREO
V245			0.016 m³	02 - TERREO
V248	19.0 cm	60.0 cm	0.125 m³	02 - TERREO
V248	19.0 cm	60.0 cm	0.052 m³	02 - TERREO
V248	19.0 cm	60.0 cm	0.217 m³	02 - TERREO
V248	19.0 cm	60.0 cm	0.039 m³	02 - TERREO

Figura 5.2.9: Resultado do quantitativo das vigas no Revit

Através da análise da Tabela 5.2.1 é possível observar um comparativo entre os resumos globais de cada elemento estrutural gerados no TQS e no Revit após a importação do arquivo IFC. Nota-se que não há a transmissão de uma parcela significativa de informações para as vigas e lajes e para os pilares a informação se perdeu totalmente. Observa-se uma grande diferença gerada no resulado final, chegando a ter uma diferença de volume de concreto de 18,5% a menos para lajes e 4,3% a menos para vigas no quantitativo gerado no Revit. Se considerarmos os pilares, assumindo como uma perda total da informação, a diferença final de volume de concreto é de menos 32,2%.

	TQS	Revit	Diferença
Elemento	**Volume (m3)**	**Volume (m3)**	
lajes	674,43	569,32	18,5%
vigas	422,07	404,53	4,3%
pilares	191,38	0	100%
Total	1287,88	973,85	32,2%

Tabela 5.2.1: Resumo geral do volume de concreto

Ao perceber a significativa perda de informações, buscou-se identificar as possíveis causas, uma vez que o problema é a perda de elementos ao importar o modelo IFC. Ao clicar em qualquer elemento estrutural todas as propriedades estão localizadas na subcategoria *Type Properties*. Portanto, compreende-se que não houve perda de informações do elementos, mas sim uma transmissão dessas informações em um formato que o Revit não consegue reconhecer para a geração do quantitativo de materiais. Seria necessário, então, realizar estudos aprofundados para explorar a viabilidade e tornar essas informações legíveis para o software em questão.

6. CONCLUSÃO

O BIM tem se estabelecido como uma abordagem revolucionária na indústria da AEC ao adotar um modelo digital colaborativo que integra informações e processos ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento, oferecendo uma série de benefícios e oportunidades. A metologia possui como um dos pilares a criação de um ambiente colaborativo e a interoperabilidade entre todos os envolvidos no projeto.

A busca por maior eficiência nos processos de Modelagem da Informação da Construção por meio da adoção do formato neutro e de código aberto IFC (*Industry Foundation Classes*), tem como objetivo melhorar significativamente os fluxos de trabalho no setor. Entretanto, foi possível notar que a sigla "I" do BIM se perdeu durante o processo de intercâmbio entre plataformas, onde a informação de alguns elementros estruturais não foram preservadas.

Através da análise de interoperabilidade entre as ferramentas TQS e Revit, observou-se que, em termos qualitativos, é possível transferir os elementos estruturais com suas coordenadas de um *software* para outro. Por outro lado, em termos quantitativos, nota-se uma grande diferença gerada no resultado final, chegando a ter uma diferença de volume de concreto de 18,5% para lajes, 4,3% para vigas.

A tendência com a prática de *openBIM* e a utilização do IFC como formato universal para troca de informações, assim como foi DXF na época do desenho 2D, traz uma significativa melhoria na compatibilização, na construção e no fluxo de trabalho. Os processos desta prática que podem ser definidos como informações de projeto compartilháveis que suportam colaboração contínua para todos os participantes do projeto é uma tendência de integração e automação dos processos do projetos da indústria AEC.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e documentar a eficiência na troca de informações entre uma plataforma BIM de modelagem e ferramentas de análise estrutural. Esse contexto envolve diferentes representações de um mesmo projeto, com o intuito de

demonstrar, de certa forma, que há uma limitação na capacidade do formato IFC e sua implementação nos softwares em lidar com a variedade de informações presentes na indústria.

Pode-se concluir que interoperabilidade entre *softwares* na metodologia BIM ja é uma realidade. Entretanto, o futuro do intercâmbio usando IFC ou outras extensões vai depender de capacidade do formato em conseguir guardar as informações originais e transferir sem perda de dados.

Vale ressaltar que, os aplicativos utilizados são promissores para metodologia. A troca de informação entre a ferramenta de Modelagem Estrutural e de Modelagem BIM demonstrou-se bastante eficaz e confiável. Apesar da perda de parte das informações, o BIM *manager* responsável pelo projeto deve ser capaz de avaliar o grau de perda, impacto dessa informação e quais medidas cabíveis para tornar o modelo consistente.

Como sugestão para futuras pesquisas, seria interessante explorar possibilidades de validar o TQS na lista de *softwares* exportadores e importadores do formato IFC da *buildingSmart*. Além disso, é importante ressaltar que melhorias contínuas na ferramenta são necessárias para que ela possa ser efetivamente comercializada como um software BIM. Isso implica em aprimorar sua capacidade de intercâmbio de dados com outros softwares e garantir que as informações sejam transmitidas corretamente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOSTILA BIM EXPERT. **Caderno de estudos**, Módulo 0 e Módulo 1.

ASSOCIAÇAÕ BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **2014, "Projeto de estruturas de concreto armado - Procedimento"**, NBR 6118. 238p.

ASSOCIAÇAÕ BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **2019, "Ações para cálculo de estruturas de edificações"**, NBR 6120. 60p.

ASSOCIAÇAÕ BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **2021, "Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos – Requisitos"**, NBR 6492.40p.

AUTODOC. **Ebook BIM Brasil e Mundo**, Vol.1e Vol.2.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Hathleen. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. [S. l.]: BOOKMAN, 2008. 503 p.

FREIRE, G; MARTHA, L; SOTELINO, E. **Interoperabilidade entre plataforma bim e ferramenta de análise estrutural utilizando Industry Foundation Classes (IFC)**. Congress on Computational Methods in Engineering, 2015. 18 p.

GOVERNO FEDERAL: **Decreto BIM** <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946> Acessado 17 abr.23

MARTHA, L. F. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos**. Editora Campos, 2010. 541 p.

MEIRELES, H; GALVÃO, S; FERREIRA, J. **Impactos da aplicação da metodologia bim no planejamento e gerenciamento de empreendimentos do mercado AEC**, 2021. 20 p.

PATACAS, J. L. M. d. L. **Metodologia para suporte de processos colaborativos na indústria daconstrução baseada em interoperabilidade e bim**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.

TQS <https://www.tqs.com.br/tqsabout/company> Acessado 19 abr.23

SMARTBUILDING < https://www.buildingsmart.org/ > Acessado 17 abr.23

SPBIM <https://spbim.com.br/> Acessado 19 abr.23