

LICENÇA

Autores que publicam nesta revista concordam com os seguintes termos:

- a. Autores mantêm os direitos autorais e concedem à revista o direito de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) que permite o compartilhamento do trabalho com reconhecimento da autoria e publicação inicial nesta revista.
- b. Autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não-exclusiva da versão do trabalho publicada nesta revista (ex.: publicar em repositório institucional ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial nesta revista.
- c. Autores têm permissão e são estimulados a publicar e distribuir seu trabalho online (ex.: em repositórios institucionais ou na sua página pessoal) a qualquer ponto antes ou durante o processo editorial, já que isso pode gerar alterações produtivas, bem como aumentar o impacto e a citação do trabalho publicado (Veja [O Efeito do Acesso Livre](#)).

Fonte:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/3152>.

Acesso em: 8 nov. 2024.

Referência

PRAIA, Pedro; PANTOJA, João da Costa; BUZAR, Marcio Augusto Roma; SILVA, Lenildo Santos da. A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: estudos de casos. **Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 21, n. 3, e3152, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n3-066. Disponível em:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/3152>. Acesso em: 8 nov. 2024.

A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: estudos de casos

The BIM platform in the compatibility of architectural and structural projects: case studies

La plataforma BIM en la compatibilidad de proyectos arquitectónicos y estructurales: casos prácticos

DOI: 10.54033/cadpedv21n3-066

Originals received: 02/16/2024

Acceptance for publication: 03/01/2024

Pedro Praia

Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Instituição: Universidade de Brasília (UNB)

Endereço: Campus Darcy Ribeiro, FAU UnB, Brasília – DF, CEP: 70910-900

E-mail: pedro.praia@aluno.unb.br

João da Costa Pantoja

Doutor em Estruturas

Instituição: Universidade de Brasília (UNB)

Endereço: Campus Darcy Ribeiro, FAU UnB, Brasília – DF, CEP: 70910-900

E-mail: labrac@unb.br

Marcio Augusto Roma Buzar

Doutor em Estruturas

Instituição: Universidade de Brasília (UNB)

Endereço: Campus Darcy Ribeiro, FAU UnB, Brasília – DF, CEP: 70910-900

E-mail: buzar@unb.br

Lenildo Santos da Silva

Doutor em Geotecnia

Instituição: Universidade de Brasília (UNB)

Endereço: Campus Darcy Ribeiro, FAU UnB, Brasília – DF, CEP: 70910-900

E-mail: lenildo@unb.br

RESUMO

Este estudo objetiva uma investigação comparativa do processo tradicional de compatibilização em um escritório de arquitetura em contraste com a metodologia automatizada implementada através da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), com ênfase em projetos estruturais. O propósito é avaliar as implicações da sistematização e automatização no processo de compatibilização e discernir sua relevância e impacto no contexto operacional de

firmas especializadas em Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) que empregam a plataforma BIM. A pesquisa envolve uma análise do procedimento corrente de compatibilização em uma firma de arquitetura, confrontando-o com um processo automatizado examinado por meio de dois estudos de caso concretos, executados pela referida firma. Tais estudos de caso foram empregados como instrumentos para evidenciar a superioridade, em termos de eficácia, do processo de compatibilização utilizando ferramentas de detecção automática em comparação com o método híbrido adotado atualmente pelo escritório. Os resultados obtidos indicam que a implementação exclusiva do BIM por um escritório de arquitetura não é suficiente para capitalizar plenamente as potencialidades oferecidas pelas funcionalidades avançadas de detecção de conflitos automáticos inerentes às ferramentas BIM. Este achado sublinha a necessidade de uma abordagem integrada e colaborativa no setor de AEC para maximizar os benefícios da compatibilização automatizada e promover uma maior eficiência e precisão nos projetos de construção.

Palavras-chave: Compatibilização. BIM. Interoperabilidade.

ABSTRACT

This study aims for a comparative investigation of the traditional compatibility process in an architectural firm as opposed to the automated methodology implemented through Building Information Modeling (BIM) technology, with an emphasis on structural projects. The purpose is to assess the implications of systematization and automation in the compatibility process and discern its relevance and impact in the operational context of firms specializing in Architecture, Engineering, and Construction (AEC) that employ the BIM platform. The research involves a analysis of the current compatibility procedure in an architectural firm, contrasting it with an automated process examined through two concrete case studies, executed by the said firm. These case studies were employed as tools to demonstrate the superiority, in terms of efficacy, of the compatibility process using automatic detection tools compared to the hybrid method currently adopted by the office. The findings indicate that the exclusive implementation of BIM by an architectural office is not sufficient to fully capitalize on the potential offered by the advanced functionalities of automatic conflict detection inherent in BIM tools. This finding underscores the need for an integrated and collaborative approach in the AEC sector to maximize the benefits of automated compatibility and promote greater efficiency and precision in construction projects.

Keywords: Compatibility. BIM. Interoperability.

RESUMEN

Este estudio pretende llevar a cabo una investigación comparativa del proceso de compatibilidad tradicional en un estudio de arquitectura en contraste con la metodología automatizada implementada a través de la tecnología Building Information Modelling (BIM), haciendo hincapié en los proyectos estructurales. El objetivo es evaluar las implicaciones de la sistematización y la automatización en el proceso de compatibilidad y discernir su relevancia e impacto en el contexto

operativo de las empresas especializadas en Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) que utilizan la plataforma BIM. La investigación consiste en analizar el procedimiento actual de compatibilización en una empresa de arquitectura, comparándolo con un proceso automatizado examinado a través de dos estudios de casos concretos llevados a cabo por dicha empresa. Estos casos prácticos se utilizaron como herramientas para demostrar la superioridad, en términos de eficiencia, del proceso de compatibilización mediante herramientas de detección automática frente al método híbrido adoptado actualmente por el estudio. Los resultados obtenidos indican que la implantación exclusiva de BIM por parte de un estudio de arquitectura no basta para aprovechar plenamente el potencial que ofrecen las funcionalidades avanzadas de detección automática de conflictos inherentes a las herramientas BIM. Este hallazgo subraya la necesidad de un enfoque integrado y colaborativo en el sector AEC para maximizar los beneficios de la compatibilización automática y promover una mayor eficiencia y precisión en los proyectos de construcción.

Palabras clave: Compatibilización. BIM. Interoperabilidad.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais benefícios do uso da tecnologia BIM (Building Information Modeling) na fase de projeto é a colaboração antecipada entre todas as camadas envolvidas. Apesar de a colaboração usando desenho também ser possível, ela é inerentemente mais difícil e demorada do que trabalhar com um ou mais modelos 3D coordenados nos quais o controle de modificações possa ser bem gerenciado. (EASTMAN *et al.* 2014)

O processo de construção digital proporcionado pela tecnologia BIM possibilita a detecção de falhas e incongruências entre os projetos envolvidos que normalmente só seriam percebidas no canteiro de obras, dessa forma a aplicação do BIM proporciona a economia de gastos e a diminuição do custo final da obra. Ao mesmo tempo que os projetos feitos nessa plataforma acabam onerando o projeto, a minimização de erros e desperdícios acabam por diminuir o custo global da edificação.

Nesse sentido, a tecnologia BIM pode ter grande valor para escritórios de projeto, tanto de arquitetura como de engenharia, construtoras e incorporadoras também.

Ainda são raras as iniciativas de parceria entre empresas privadas junto à academia no campo da AEC (Arquitetura Engenharia e Construção). Tais

fatores levaram o interesse para um estudo aprofundado sobre plataforma BIM aplicada ao processo de modelagem e compatibilização de projetos estruturais nos projetos desenvolvidos pelo mercado imobiliário. A análise minuciosa dos processos de projeção e compatibilização de sistemas estruturais para edifícios comerciais pode ser de grande valia para essas empresas na busca por uma solução mais vantajosa através de processos de análises compartilhadas, multidisciplinaridade e sistematização de processos.

2 METODOLOGIA

Neste estudo serão empregados modelos simulados no *Autodesk Revit*, apresentado como ferramenta ágil na modelagem e simulações de projetos e análises no software *Navisworks*. A metodologia do estudo consiste nos seguintes passos detalhados em seguida:

- revisão bibliográfica, reunindo temas relativos a projeto e compatibilização, e às tecnologias utilizadas no desenvolvimento do processo de projeto, conceituando o BIM e sua utilização no mercado nacional e internacional;
- levantamento das ferramentas que suportam o conceito BIM disponíveis no mercado brasileiro;
- realização de estudo de caso, através de um modelo BIM de um edifício comercial que inclua projetos de Arquitetura e Estrutura, dentro de um processo de compatibilização, ao longo de diferentes fases de projeto, com objetivo de identificar possíveis interferências físicas, e produzir um relatório de compatibilização;
- caracterização do processo de compatibilização de projetos com emprego dos recursos de ferramentas que suportem modelos de informação da construção;
- elaboração de análise comparativa, quantitativa e qualitativa, entre as interferências físicas encontradas no modelo BIM e no método de compatibilização 2D/3D tradicional, e classificação dos problemas quanto à sua origem. Segundo Aroucha Junior (2024), essa evolução vai além da

simples automação de tarefas existentes; ela representa uma mudança paradigmática na abordagem da engenharia civil.

A compatibilização de projetos com a técnica de modelagem de informações traz ganhos em segurança e eficiência para a edificação. No mundo ideal, todos os profissionais deveriam manter uma comunicação constante para checar as interferências entre projetos e promover alterações, após o estudo de diversos cenários e seus impactos.

No entanto, sabemos que no dia a dia da construção civil isso não é possível, seja pelos prazos apertados ou pela forma tradicional de se trabalhar, com softwares não preparados para projetos em BIM e “*workflow*” não colaborativo.

A interoperabilidade é crítica para o sucesso do BIM. O desenvolvimento de padrões de dados abertos e o acesso “não-proprietário” para os dados do BIM é uma prioridade urgente para a indústria se quisermos evitar as ineficiências e os problemas recorrentes de reentrada de dados. A interoperabilidade permitirá o reuso de dados de projeto já desenvolvidos e assim garantindo consistência entre cada um dos modelos para as diferentes representações do mesmo edifício. Dados consistentes, acurados e acessíveis por toda a equipe de projeto irão contribuir significativamente para mitigar os atrasos e os custos adicionais. (Howell; Batcheler, 2004)

A ferramenta de detecção de choques e interferências entre projetos baseada em BIM, durante a realização da compatibilização das disciplinas oferece muitas vantagens quando comparada aos métodos tradicionais. Essas ferramentas desempenham um papel crucial no processo de projeto, facilitando a integração e o compartilhamento eficaz de informações ao longo do ciclo de vida do projeto (Ruschel *et al.*, 2013). O método antigo da sobreposição das pranchas sobre uma mesa de luz é impreciso, demorado, susceptível a erros e requer que todos os desenhos estejam atualizados. O processo atualmente mais utilizado no mercado brasileiro baseado na utilização de ferramentas CAD 2D para sobrepor camadas e identificar choques e interferências também se mostra ineficaz e lento.

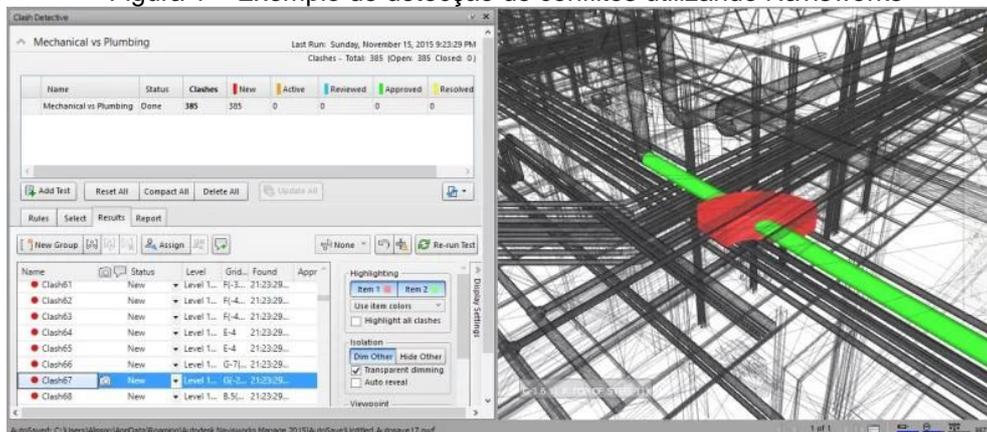
Pereira (2016) corrobora afirmando que o processo de detecção de conflitos utilizando simplesmente modelos de geometria 3D contendo informação

geométrica (CAD 3D) na maioria das vezes, detecta um grande número de interferências sem sentido. Por exemplo; a identificação de choques entre superfícies poderia ser causada por uma parede unida a outra, ou mesmo por uma tubulação que atravessa uma parede. Outra situação que poderia causar falha na detecção por métodos tradicionais seria no caso das geometrias não serem sólidas.

Neste caso, a ferramenta de detecção de interferência não será capaz de identificar conflitos entre os objetos que estão no interior de outros objetos. Além disso, a qualificação dos conflitos em categorias que fazem sentido é fortemente inibida devido à falta de informação embutida nesses simples modelos de geometria 3D. (EASTMAN *et al.*, 2011).

Já as ferramentas e programas informacionais de identificação de conflitos baseadas em BIM como o *Navisworks*, permitem que a detecção automática de interferências geométricas seja combinada com análises baseadas em regras e semânticas, e assim, a detecção de conflitos ocorre de forma qualificada e estruturada (Figura 1).

Figura 1 – Exemplo de detecção de conflitos utilizando Navisworks



Fonte: BIMExperts (2015)

Esses *softwares* e ferramentas BIM possibilitam que os coordenadores de projeto (BIM Manager) analisem e chequem os conflitos entre diversas disciplinas de maneira seletiva, como a checagem de choques e interferências entre os projetos estruturais e hidrossanitário, pois cada componente no modelo é associado com uma específica disciplina.

Conseqüentemente, o processo de detecção de conflitos pode ser realizado em qualquer nível de detalhamento e em qualquer número de especialidades. É possível também utilizar essas classificações de componentes para verificar outros fatores. Por exemplo, o coordenador pode buscar por condições nas quais o espaçamento entre componentes hidráulicos e o contrapiso não respeitam as distâncias mínimas. Análises desse tipo somente são possíveis com modelos bem definidos e estruturados. (EASTMAN *et al.*, 2011).

Como não foram adotados critérios específicos para relacionar as interferências no processo de compatibilização realizado no estudo de caso em análise, foram adotados critérios próprios dessa pesquisa para regulamentar os processos de detecção de conflitos entre os elementos estruturais. Os e-mails trocados entre os escritórios de projeto foram utilizados como base para a categorização dos tipos e para a montagem da matriz comparativa entre elementos construtivos manualmente o que foi denominado como processo híbrido.

Neste estudo de caso o processo de detecção de conflito foi feito diretamente no *software Navisworks Manage 2019*. Já no estudo de caso dois foi utilizada primeiro a ferramenta de detecção de conflitos presente no *software Revit* e posteriormente testada e analisada a ferramenta “*clash detection*” presente no *software Navisworks Manage 2019*.

As principais diferenças entre o processo híbrido utilizado no escritório e o processo BIM utilizado nessa pesquisa é que no primeiro foram categorizados e sistematizados manualmente os tipos de conflitos e os grupos de elementos a serem checados (método visual de busca). No processo BIM isso é feito de modo automático (*clash detection*).

3 RESULTADOS

O estudo de caso presente nesse artigo serve como material de comparação entre o método visual de busca por interferências em modelos 3D e o método digital de detecção de conflitos “*clash detection*”.

O escritório ‘Fittipaldi Arquitetura’ utilizou um método híbrido de conferência dos choques e interferências, uma vez que não foram usados

programas de detecção automática dessas incompatibilidades. Foi usado o método visual através de modelos tridimensionais. Um misto da técnica tradicional 2D de checagem, porém utilizando modelos e visualizações tridimensionais.

O escritório encontra-se ainda no processo de transição total de processos do método tradicional para o BIM (Nível de maturidade 1). Apesar de todo o processo de criação e execução dos projetos de arquitetura serem em BIM, os projetos complementares ainda são recebidos em formato CAD algumas vezes, o que impossibilita a aplicação total do processo BIM completo abrangendo a fase de compatibilização.

4 ESTUDO DE CASO

A Portaria do Condomínio Jardim Genebra se encontra na fase de construção. Apesar de ser uma portaria de condomínio, trata-se de um edifício de porte médio por apresentar um programa extenso, se contarmos com o salão de festas, cozinha gourmet, sala da administração, sala do arquiteto, sanitários, guarita central, CFTV, almoxerifado, refeitório de funcionários, vestiário para funcionários, ferramentaria e garagem.

Figura 2 – Imagem renderizada à partir do modelo BIM

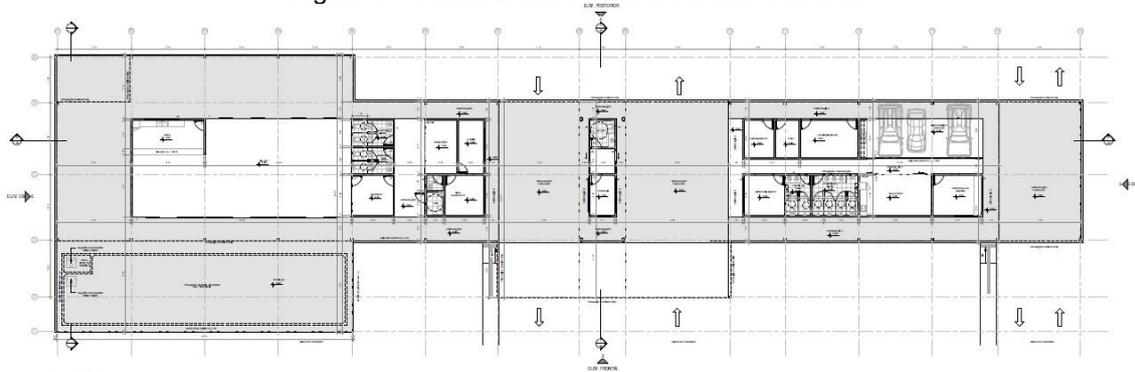


Fonte Fittipaldi Arquitetura (2018)

O edifício térreo possui estrutura mista e cobertura de água com inclinação de 8%. Seu partido arquitetônico tem pilares nas extremidades da cobertura, que possui uma viga perfil 'I' em todo seu bordo.

Possui a cobertura e pilares externos em estrutura metálica e pilares e vigas internas em concreto armado moldado “*in loco*”. Telhas termoacústicas e fechamentos em alvenaria. Uma edificação térrea de aproximadamente 2.650m², com um partido horizontalizado, e desenvolvido em cima de uma malha estrutural modular. Todo o edifício é cercado por uma generosa varanda que cumpre papel de beiral diminuindo a radiação solar direta nos cômodos.

Figura 3 – Planta Baixa Portaria Jardim Genebra



Fonte: Fittipaldi (2018)

5 CARACTERIZAÇÃO DA EQUIPE E DOS ESCRITÓRIOS DE PROJETO

Nesse primeiro estudo de caso o todos os escritórios contratados pela incorporadora desenvolveram seus projetos utilizando programas BIM. Fornecendo tanto os projetos em 2D CAD como modelos BIM de cada disciplina com suas informações não geométricas. Foram recebidos tanto arquivos em formato IFC (Industry Foundation Classes) modelados em diferentes *softwares* como também modelos do próprio Revit.

Para este estudo de caso, haja vista o enfoque da pesquisa, serão analisados e compatibilizados os projetos de arquitetura, concreto e metálica confrontando os elementos construtivos de cada disciplina.

Todos os projetos envolvidos nessa edificação foram concebidos e modelados dentro de “*softwares*” da plataforma BIM. Os projetos foram

recebidos tanto em formato RVT (feitos no Revit como em formato IFC) quanto modelados em outros programas BIM. Um modelo central federado contendo todas as disciplinas foi gerado dentro do *software Revit* e posteriormente importado para o *software Navisworks* para o processo de detecção de conflitos.

Como mostram os estudos de Souza (2009), uma das principais dificuldades encontradas na implantação do BIM nos escritórios de arquitetura é o treinamento dos profissionais e o uso do *software* pelos agentes envolvidos no projeto.

No escritório Fittipaldi arquitetura, a principal dificuldade encontra-se no uso limitado dos *softwares* de compatibilização e suas ferramentas de detecção de conflitos. O que faz com que o processo de compatibilização seja feito de forma visual, ainda que utilizando maquetes eletrônicas em BIM.

Os principais recursos e vantagens da compatibilização digital (detecção de conflitos) não são aproveitados nesse método. Porém, já se trata de um passo à frente em relação ao método tradicional 2D (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo de resultado da compatibilização Híbrida



Fonte: Fittipaldi Arquitetura (2018)

O processo de compatibilização foi definido como híbrido pelo fato de mesclar a técnica puramente visual dos processos de compatibilização em duas dimensões, porém, com modelos tridimensionais e a busca por choques e interferências estritamente visual. A comunicação é feita a partir de imagens extraídas do modelo federado onde estão inseridas todas as disciplinas simultaneamente. Abaixo, seguem exemplos de imagens de comunicação no processo híbrido.

Para efeito de pesquisa, neste estudo de caso foram sobrepostos somente os projetos estruturais ao projeto de arquitetura, tendo em vista o recorte em estruturas desse artigo.

A compatibilização dos projetos de estrutura metálica, concreto e arquitetura feita no escritório, teve a verificação de interferências físicas (IF's) feita visualmente e manualmente como no processo tradicional 2D de compatibilização. Abaixo, temos a relação das interferências física relatadas pelo escritório de arquitetura.

Tabela 1 – Relatório de Compatibilização Híbrida

Nº	PROJETO LEGAL	
	TIPO	DESCRIÇÃO
01	COMPATIBILIZAÇÃO	Alinhar as cintas estruturais com a inclinação da cobertura e fechamentos.
02	COMPATIBILIZAÇÃO	Ajustar a altura das lajes nos projetos de metálica e concreto.
03	COMPATIBILIZAÇÃO	Corrigir a altura dos enchimentos de laje em relação projeto de arquitetura.
04	COMPATIBILIZAÇÃO	Alinhar a face externa as vigas metálicas de bordo com os pilares estruturais.
05	COMPATIBILIZAÇÃO	Mover porta da guarita em função do pilares P22
06	COMPATIBILIZAÇÃO	Mover porta da guarita em função do pilares P23
07	COMPATIBILIZAÇÃO	Reposicionar veneziana 01 de acesso a laje técnica abaixo da cinta.
08	COMPATIBILIZAÇÃO	Reposicionar os perfis metálicos que margeiam o acesso veicular principal
09	COMPATIBILIZAÇÃO	Retirar o reservatório inferior localizado em frente ao salão de festas.
10	COMPATIBILIZAÇÃO	Substituir o guardacorpo da oficina pela viga VC1.
11	COMPATIBILIZAÇÃO	Rever altura dos guardacorpos em relação ao nível do piso acabado.
12	COMPATIBILIZAÇÃO	Reposicionar janela J5 em função do pilar de concreto P40
13	COMPATIBILIZAÇÃO	Ajustar a altura da cortina de vidro CVT03 em função da viga V19
14	COMPATIBILIZAÇÃO	Ajustar a altura da cortina de vidro CVT05 em função da viga V9
15	COMPATIBILIZAÇÃO	Ajustar altura dos pontalões metálico da cobertura na estrutura de concreto
16	COMPATIBILIZAÇÃO	Ajustar altura do forro de madeira em função dos pilares metálicos.
17	COMPATIBILIZAÇÃO	Retirar lajes e pilares de concreto do modelo estrutural metálico.
01	COORDENAÇÃO	Ajustar altura do pé direito mínimo da cobertura metálica pela NT10-CBMDF
02	COORDENAÇÃO	Rever a inclinação das rampas em função das normas de acessibilidade NBR9050.
00	CONSTRUTIBILIDADE	Não se aplica a essa fase
00	ESPECIFICAÇÃO	Não se aplica a essa fase

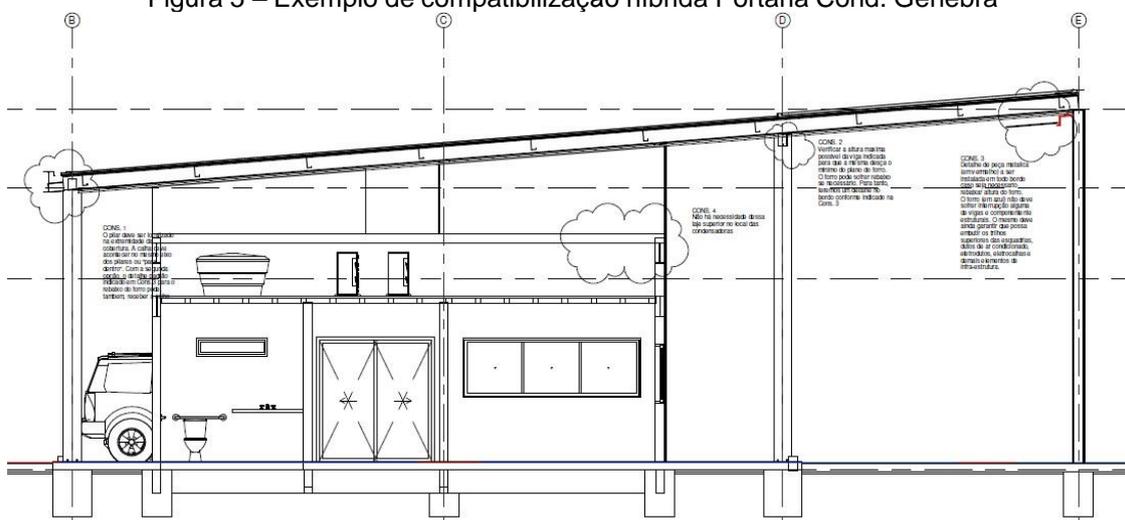
Fonte: Autor (2022)

Os conflitos detectados foram comunicados através tanto de arquivos em DWG acrescidos de comentários, com imagens bidimensionais e modelos IFC sobrepostos (Figura 5). Não foram geradas listas nem relatórios oficiais do processo de compatibilização. Todas as interferências foram reportadas por imagens e comunicadas e documentadas via e-mail.

Neste primeiro estudo de caso, as buscas por interferências feitas pelo método híbrido detectaram mais interferências na categoria compatibilização e coordenação. Em sua maioria, são incompatibilidades entre o projeto de arquitetura e os projetos de estrutura. Foi gerado um quadro geral relacionando a categoria de arquitetura a uma categoria única de estrutura contendo os dois projetos (concreto e metálica).

Seguem exemplos de imagens para a comunicação referente as interferências físicas (IF's) das categorias de compatibilização e coordenação detectadas manual e visualmente a partir do modelo federado BIM pelo processo híbrido de compatibilização.

Figura 5 – Exemplo de compatibilização híbrida Portaria Cond. Genebra



Fonte: Fittipaldi Arquitetura (2022)

Foram detectados um total de 19 interferências, sendo 17 na categoria Interferências Físicas, 02 na categoria Coordenação e nenhuma interferência nas outras categorias, tendo em vista o fato do projeto ainda estar em fase de projeto legal. Como mostra o quadro de total de interferências abaixo.

Tabela 2 – Total de Interferências no Processo Híbrido

TOTAL DE INTERFERÊNCIAS PROJETO LEGAL	
TIPO	INTERFERÊNCIAS
COMPATIBILIZAÇÃO IF'S	17
COORDENAÇÃO	02
CONSTRUTIBILIDADE	00
ESPECIFICAÇÃO	00
TOTAL	19

Fonte: Autor (2022)

Abaixo segue a matriz que relaciona as Interferências (IF's) encontradas a partir da sobreposição dos projetos e busca manual e visual por interferências entre elementos construtivos, realizado a partir da matriz proposta por Ramirez (2018).

Tabela 3 – Matriz de Compatibilização Híbrida

		ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS			
		PAREDES	PORTAS	JANELAS	FORRO
ELEMENTOS ESTRUTURAIS	PILARES	PAR 00 IF's PIL	POR 02 IF's PIL	JAN 03 IF's PIL	FOR 01 IF's PIL
	VIGAS	PAR 02 IF's VIG	POR 01 IF's VIG	JAN 02 IF's VIG	FOR 01 IF's VIG
	LAJES	PAR 02 IF's LAJ	POR 00 IF's LAJ	JAN 02 IF's LAJ	FOR 01 IF's LAJ

Fonte: Autor (2022)

6 COMPATIBILIZAÇÃO VIA PROCESSO BIM

Os principais conflitos detectados pelo processo de compatibilização BIM foram encontrados entre o projeto de estrutura de concreto e as demais disciplinas de projeto.

Segundo Goes (2011), mesmo os modelos centrais de compatibilização quando submetidos ao processo de detecção de conflitos, necessitam de uma checagem visual do modelo 3D, pois, muitas vezes as interferências e incompatibilidades são fruto de um erro no modelo tridimensional.

A compatibilização no processo BIM pelo *software Navisworks* mostrou exatamente a quantidade de conflitos gerados pela imprecisão na modelagem das disciplinas, principalmente de arquitetura.

Foram compatibilizados apenas os elementos das disciplinas que dizem respeito à categoria de Interferências Físicas (IF's).

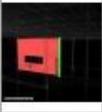
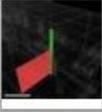
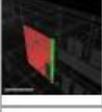
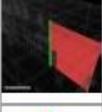
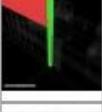
O relatório foi gerado à partir dos conflitos detectados entre elementos estruturais e arquitetônicos conferidos sob a sistematização proposta na matriz de compatibilização e organizados com imagens extraídas do modelo federado.

A seguir temos o exemplo da primeira página do relatório gerado automaticamente pelo *software Navisworks Manage 2019*. Podem ser configurados dados que serão inseridos na tabela como o nível onde se encontra o conflito, imagem, orientação no espaço tridimensional, e nome dos elementos em conflito, por exemplo: (Tabela 4).

Tabela 4 – Relatório de Compatibilização *Navisworks*

AUTODESK®
NAVISWORKS® Clash Report

PIL/PAR	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.010m	25	0	25	0	0	0	Hard (Conservative)	OK

Image	Clash Name	Distance	Grid Location	Clash Point	Layer	Item 1		Item 2		
						Item Name	Item Type	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	-0.147	B-05 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:-4.868, y:-26.131, z:0.000	PLANTA BAIXA TÉRREO	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200
	Clash2	-0.147	B-02 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:-24.068, y:-26.145, z:4.095	PLANTA BAIXA TÉRREO	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200
	Clash3	-0.147	B-03 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:-17.814, y:-26.119, z:0.000	PLANTA BAIXA TÉRREO	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200
	Clash4	-0.143	C-13 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:45.632, y:-30.943, z:2.850	PLANTA BAIXA TÉRREO	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200
	Clash5	-0.143	C-12 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:39.232, y:-30.948, z:2.571	PLANTA BAIXA TÉRREO	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200
	Clash6	-0.138	C-11 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:32.689, y:-30.939, z:4.368	PLANTA BAIXA TÉRREO	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200
	Clash7	-0.132	C-13 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:45.689, y:-30.939, z:2.798	PLANTA BAIXA TÉRREO	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200
	Clash24	-0.068	C-13 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:45.489, y:-30.789, z:3.026	PLANTA BAIXA 1° PAV.	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200
	Clash8	-0.062	C-11 : PLANTA BAIXA 2° SUB.	x:32.889, y:-30.794, z:0.000	PLANTA BAIXA TÉRREO	Paredes: básica	Paredes: Paredes: básica: básica 15cm	<No level>	200X200	Colunas: 200X200: 200X200

file:///C:/Users/arpq/Desktop/relat%20comp.%20NAVISWORKS%20portailia.html 1/11

Fonte: O Autor (2022)

Abaixo temos a matriz de compatibilização com todas as *interferências físicas encontradas pelo processo de “clash detection” do software Navisworks 2019*. Foram conflitados os elementos arquitetônicos: paredes, portas, janelas e forros e os elementos estruturais: Pilares, Lajes e Vigas.

Tabela 5 – Matriz de Compatibilização BIM

MATRIZ DE COMPATIBILIZAÇÃO BIM		ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS			
		PAREDES	PORTAS	JANELAS	FORRO
ELEMENTOS ESTRUTURAIIS	PILARES	PAR 25 IF's PIL	POR 05 IF's PIL	JAN 03 IF's PIL	FOR 02 IF's PIL
	VIGAS	PAR 47 IF's VIG	POR 02 IF's VIG	JAN 05 IF's VIG	FOR 08 IF's VIG
	LAJES	PAR 08 IF's LAJ	POR 00 IF's LAJ	JAN 00 IF's LAJ	FOR 02 IF's LAJ

Fonte: Autor (2022)

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO 1

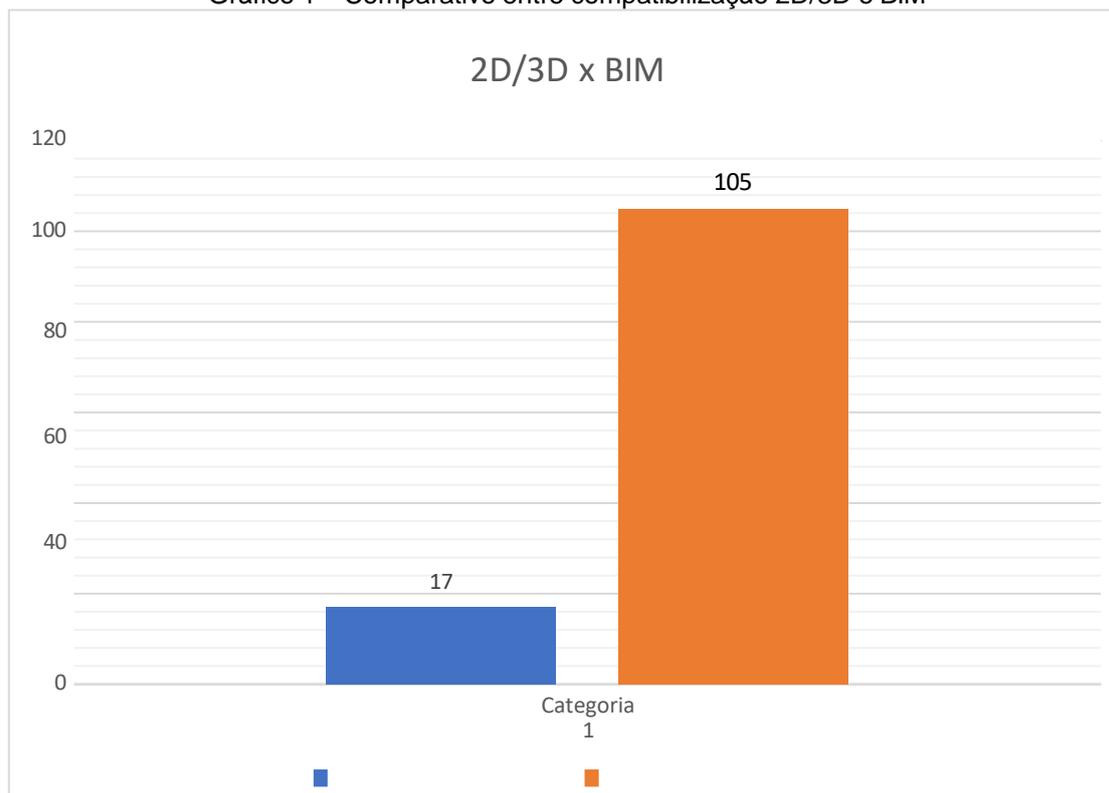
Abaixo vemos o quadro de comparação entre a quantidade de Interferências encontradas pelo método Híbrido e pelo método BIM. O método híbrido detectou 17 interferências no primeiro estudo de caso e 107 interferências no segundo estudo de caso. Essas foram as interferências encontradas na categoria compatibilização, abaixo vemos o gráfico comparativo entre os dois métodos. Foram comparados entre si todos os elementos construtivos analisados no processo de detecção de conflitos.

No projeto de arquitetura foram considerados os elementos Paredes, Portas, Janelas e Forros. Nota-se que todas as interferências físicas encontradas pelo método híbrido também foram detectadas pelo método automático.

O software Navisworks triangula as superfícies curvas e as transforma em planos retas e pontos. A regulagem da tolerância e do tipo de colisão se faz importante para se evitar os falsos positivos e falso negativos. Foram realizados 12 testes de acordo com a tabela matriz de relação entre elementos arquitetônicos e estruturais.

Os testes foram feitos na categoria *Hard* com tolerância de 0,01m. O número alto de interferências entre os elementos paredes e vigas e paredes e pilares se deve ao processo de modelagem, em que as paredes são modeladas previamente à inserção do modelo estrutural.

Gráfico 1 – Comparativo entre compatibilização 2D/3D e BIM



Fonte: Autor (2022)

8 CONCLUSÕES

O principal objetivo desse trabalho foi analisar o processo de projeto e comparar o processo de compatibilização automático presente na plataforma BIM com a execução utilizada atualmente pelo escritório Fittipaldi Arquitetura em dois estudos de caso.

O processo de compatibilização de projetos têm fundamental importância na ampliação da visão geral do edifício, integrando todos os projetos envolvidos na construção. Traz à visão um apanhado geral de todo o processo de concepção e documentação de um projeto de arquitetura no campo da AEC. A

compatibilização tem importância pois aborda não só aspectos geométricos relativos às interferências físicas, mas também aspectos legais, normativos e construtivos. O processo de compatibilização otimiza, racionaliza e acelera o processo de construção através da construção digital, antecipando erros e incompatibilidades entre projetos, que muitas vezes só seriam percebidos no canteiro de obras.

Os estudos de caso mostraram que o processo automático de detecção de conflitos tem muito mais precisão e eficácia em detectar falhas e interferências entre os diversos projetos envolvidos na construção de um edifício.

Ficou claro que a maioria dos conflitos ocorre entre os elementos estruturais, vigas e pilares e os elementos arquitetônicos; paredes e cortinas de vidro. Isso se deve à fatores como imprecisão na modelagem e tipologias estruturais com elementos (pilares e vigas) embutidos na alvenaria.

O projeto estrutural precisa ser modelado em BIM para que seja possível a utilização das ferramentas automáticas de detecção de choques e interferências entre elementos construtivos e estruturais.

Os resultados comparativos dos dados mostram que a adoção do BIM somente pelo escritório de arquitetura traz ganhos significativos e vantagens no processo de concepção, modelagem e documentação, mas não para o processo de compatibilização de projetos, pois inviabiliza a utilização de todas as vantagens dos métodos de detecção de conflitos automáticos presentes nas ferramentas BIM.

Em suma, vale ressaltar que os resultados mostram que o BIM não se restringe a o uso de *softwares* dessa plataforma. A pesquisa mostra que o processo BIM prescinde de uma integração real entre os projetistas e não apenas entre modelos e arquivos.

REFERÊNCIAS

AROUCHA JUNIOR, J. A. M., SOARES, W. M., PIRES, M. S., LEITE NETO, S. T. (2024). Automação aplicada na engenharia civil: a otimização de softwares e sua aplicação no campo da construção civil. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 1, p. 294–306.

AYRES F., C.; SCHEER, S. **Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico**. Curitiba, 2009.

EASTMAN, C; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LISTON, K; **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação.**, Porto Alegre: Bookman, 2014.

GOES, R. H D. T. B; **Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM**. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, SP. 2011.

HOWELL, I.; BATCHELER, B. **Building Information Modeling Two Years Later**. Huge Potential, Some Success and Several Limitations. 2004.

KIERAN, S. TIMBERLAKE, J. Refabricating Architecture – How Manufacturing.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age: design and manufacturing**. Nova York: Spon Press, 2003.

METHODOLOGIES are Poised to Transform Building Construction, McGraw-Hill Education, 2003

RUSCHEL, R. C. *et al.* O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil. [s.d.]

SILVA, L. S.; ZANONI, V. A. G.; PAZOS, V. C.; SANTOS, L. M. A.; JUCÁ, T. R. P. **Fotogrametria com imagens adquiridas com drone: do plano de voo ao modelo 3D**. Brasília: LaSUS FAU – Universidade de Brasília, 2022.