



DETECÇÃO DE INCOMPATIBILIDADES DE PROJETOS ENTRE METODOLOGIA CONVENCIONAL 2D E BIM: UM ESTUDO COMPARATIVO

DETECTION OF DESIGN INCOMPATIBILITIES BETWEEN TRADITIONAL 2D AND BIM METHODOLOGY: A COMPARATIVE STUDY



Ana Carolina Fernandes Maciel

Doutora

Universidade Federal de Uberlândia - UFU.

Uberlândia, MG – Brasil.

anamaciel@ufu.br



Dogmar Antonio de Souza Junior

Doutor

Universidade Federal de Uberlândia - UFU.

Uberlândia, MG – Brasil.

dogmar@ufu.br



Pedro Henrique Oliveira

Graduação

Universidade Federal de Uberlândia - UFU.

Uberlândia, MG – Brasil.

Resumo

A compatibilização de projetos objetiva encontrar e corrigir as incompatibilidades entre as diferentes disciplinas de projeto de um empreendimento, e é tida como uma etapa de grande relevância para o processo construtivo das edificações. Atualmente, na Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC), a compatibilização ainda é realizada predominantemente da maneira convencional: sobreposição de plantas baixas em sistemas CAD 2D. A metodologia BIM (*Building Information Modeling* - Modelagem da Informação da Construção) apresenta solução mais viável e produtiva para projetistas e coordenadores de projetos. Este artigo teve como objetivo comparar duas metodologias, e para isso, foi utilizado o método de pesquisa comparativo, onde a detecção de incompatibilidades foi realizada no método convencional em CAD 2D, por meio de checagem de interferência em aplicativo de modelagem BIM (Revit®) e compatibilização em aplicativo de coordenação de projetos BIM (Navisworks®), em uma edificação residencial multifamiliar. Com os resultados constatou-se vantagens no uso de aplicativos específicos de coordenação de projetos, como o Navisworks® para o processo de compatibilização, além de significativo acréscimo da detecção de interferências utilizando a tecnologia BIM em relação ao método convencional em 2D.

Palavras chaves: BIM. Modelagem da informação da construção. Compatibilização projetos. Detecção de interferências. CAD 2D.

Abstract

Project compatibilization aims to find and correct the incompatibilities between the different design disciplines of a project, and is considered a phase of great relevance for the construction process of a building. At present days, in the Architecture, Engineering and Civil Construction Industry (AEC), this task still is performed predominantly in the conventional manner: overlay of floor plans in 2D CAD systems. The BIM methodology (Building Information Modeling) presents a more viable and productive solution for designers and project coordinators. This article aimed to compare and analyze two methodologies, and for that, the comparative research method was used, where the detection of incompatibilities was performed between: conventional method in 2D CAD, interference checking in BIM modeling software (Revit®) and compatibility in BIM project coordination software (Navisworks®), on a multifamily residential building. The results showed advantages in the use of specific project coordination software, such as Navisworks® for the compatibilization process, in addition to a significant increase of interference detection using BIM technology compared with the conventional 2D method.

Keywords: BIM. Building information modeling. Project compabilization. Interference detection. 2D CAD.

Cite como

American Psychological Association (APA)

Maciel, A. C. F., Souza Junior, D. A., & Oliveira, P. H. (2022, set./dez.). Detecção de incompatibilidades de projetos entre metodologia convencional 2D E BIM: um estudo comparativo. *Revista de Gestão e Projetos (GeP)*, 13(3), 97-116. <https://doi.org/10.5585/gep.v13i3.22337>.

1 Introdução

Os projetos básico e executivo são de suma importância para a execução de uma obra, podendo inviabilizar a construção por inconsistências quantitativas e qualitativas (Lachi, 2016). O processo de elaboração de projetos está em constante evolução, inicialmente feitos a mão com tinta e gabaritos em papel, depois por meio de aplicativos 2D e atualmente reproduzido em 3D. Esta reprodução pode ser realizada de maneira automatizada e promovendo a comunicação entre todos os profissionais envolvidos no projeto, com a utilização do *Building Information Modelling* (BIM) (Coutinho, Moura & Teixeira, 2021). A aplicação do BIM no desenvolvimento dos projetos permite otimizar a compatibilização de projetos em modelos tridimensionais de forma integrada entre as diferentes disciplinas, aumentando a possibilidade de encontrar interferências, uma vez que são visualizadas de forma integral (Melhado, 2005). Ainda, as interferências tendem a reduzir substancialmente, pois durante a modelagem das disciplinas vão sendo visualizadas e resolvidas (Oliveira, Maciel & Souza, 2021).

A metodologia BIM permite a criação de um modelo virtual preciso da edificação, com a geometria exata e inserção de dados relevantes que provêm suporte à construção durante todo o seu ciclo de vida. Entre os benefícios, a verificação automática de interferências nas diferentes disciplinas de projetos se apresenta como um grande avanço em relação aos métodos convencionais de identificação de incompatibilidades, como a sobreposição de plantas em ferramentas de CAD 2D (Eastman, Teilholz, Sacks & Liston, 2014).

Stehling e Arantes (2014) realizaram uma pesquisa com profissionais de arquitetura, engenharia e construção (AEC) constatando que a implantação do BIM em empresas de projetos arquitetônicos se encontrava na etapa de transição entre o modelo 2D convencional e o modelo 3D parametrizado, o que prejudica o processo de compatibilização dos projetos, uma vez que não se extrai todo o potencial da metodologia. Salomão, Costa, Gouvêa, Oliveira e Silva (2019) fizeram um estudo analisando a aplicação do BIM para uma edificação do programa brasileiro “Minha Casa Minha Vida”, concluindo que possui grande relevância na compatibilização dos projetos, reduzindo gastos e retrabalho.

Da Costa, Souza Leite, Virgínio e da Silva (2022) desenvolveram uma análise sobre a redução de custos de construção, por meio da inserção de uma equipe de compatibilização e gestão de projetos que utiliza a tecnologia BIM, em um projeto de um conjunto habitacional na cidade de Timbaúba, Pernambuco, Brasil. Os autores concluíram que a integração da equipe contribuiu de maneira significativa na gestão de projetos, possibilitando grande economia nos

custos de obras, demonstrando assim a importância de se desenvolver e compatibilizar os projetos antes do início da construção.

Diante deste cenário, este trabalho tem como objetivo comparar duas metodologias, e para isso, foi utilizado o método de pesquisa comparativo, onde a detecção de incompatibilidades foi realizada entre método convencional em CAD 2D, checagem de interferência em aplicativo de modelagem BIM (Revit®) e compatibilização em aplicativo de coordenação de projetos BIM (Navisworks®) em uma edificação residencial multifamiliar.

Este trabalho está inserido na linha de pesquisa sobre a usabilidade da metodologia BIM em edificações, da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia e sua relevância é justificada pelo baixo índice de publicações existentes sobre a temática nas bases nacionais, confirmada por De Paula, Rodrigues, Mesquita e Eduardo (2017). Ainda, segundo pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas, apenas 9,2% das empresas do setor da construção haviam adotado o BIM em suas atividades no Brasil (Castelo, Marcellini & Viana, 2018). De acordo com dados da Sienge e Grant Thornton (2020), 61,5% das empresas ainda não utilizam a metodologia BIM. Castelo *et al.* (2018) aponta que entre os motivos das empresas não adotarem o BIM em suas práticas, 33% se devem ao desconhecimento da tecnologia, demonstrando a necessidade de pesquisas de caráter exploratório sobre o tema.

2 Referencial teórico

Nesta seção serão apresentados conceitos teóricos relevantes para o artigo desenvolvido, sendo estes: compatibilização de projetos e sistema de informação BIM. As diversas disciplinas (arquitetônico, estrutural, hidráulico, elétrico entre outras) do projeto de uma obra são compostas por várias pranchas com inúmeros detalhes e são desenvolvidos por profissionais e empresas diferentes, em tempos diferentes, o que, geralmente, faz surgir conflitos entre os sistemas, que, ao serem descobertos apenas na fase de execução, afetam o desempenho da obra (Castelo *et al.*, 2018). A compatibilização de projetos é a atividade integradora que visa obter o perfeito ajuste entre as diversas disciplinas, garantindo uniformidade entre esses, maior qualidade e controle para a obra (Melhado, 2005).

Para Gonçalves (2019), os projetistas utilizam comumente as ferramentas CAD 2D para realizar a compatibilização de projetos, e nesta metodologia, a compreensão ou visualização do projeto como um todo apresenta limitações que dificultam a tarefa e podem comprometer posteriormente o desenvolvimento da obra. Na Tabela 1 são apresentadas cinco características

da representação bidimensional de projetos que podem causar transtornos na compatibilização com outras disciplinas, segundo pesquisa desenvolvida por Ferreira e Santos (2007).

Tabela 1.

Características Da Representação Em 2D Que Podem Gerar Problemas de Análise no Processo de Projeto

Característica	Descrição
Ambiguidade	Idênticas representações podem ser interpretadas de mais de uma forma.
Simbolismo	O objeto é representado por um símbolo, sendo que suas dimensões e formas não têm relação com o objeto real.
Omissão	Com fins tornar o desenho mais sintético, são omitidas informações consideradas “óbvias” para o projetista.
Simplificação	O projetista simplifica determinada representação, alterando o volume real do objeto ilustrado. Ssemelhante ao simbolismo, porém, neste caso, a simplificação guarda algumas relações de forma e dimensão com o modelo real.
Fragmentação	Relacionada à informações separadas em diversas vistas ortográficas (planta, elevação, corte), podendo ser agravada com a representação dessas em pranchas separados.

Fonte: Adaptada de Ferreira e Santos (2007).

As características apontadas por Ferreira e Santos (2007) na Tabela 1 evidenciam que o projeto desenvolvido em 2D é baseado em inferências sobre informações similares, incompletas, duplicadas ou fragmentadas, que podem, potencialmente, ser resolvidas com o emprego de geometrias parametrizadas em uma modelagem BIM.

De acordo com Eastman *et al.* (2014), diversas são as definições para o conceito de BIM, não existindo definição única e amplamente aceita. Para estes autores, o BIM trata-se de uma metodologia de projeto inteligente, onde este deve apresentar seis características principais:

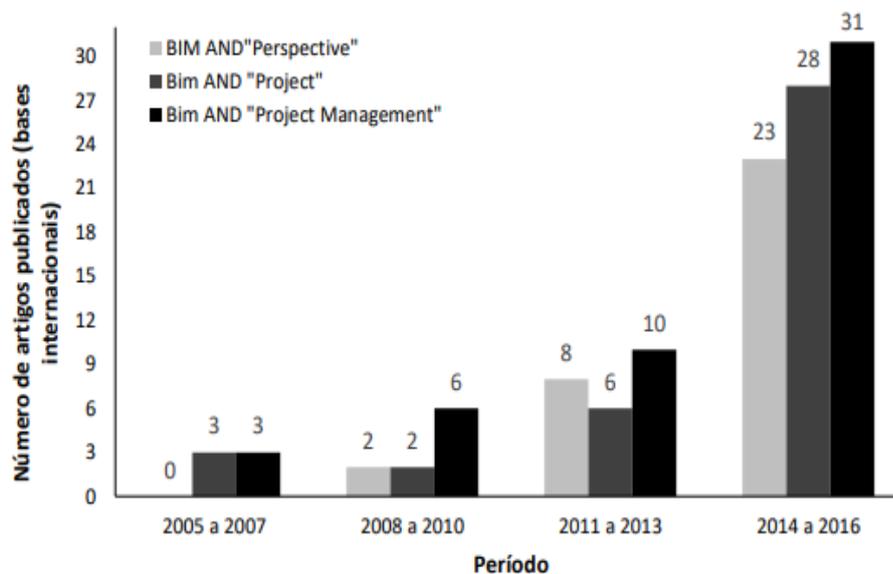
- a) Digital;
- b) Espacial 3D;
- c) Mensurável (quantificável, dimensionável e consultável);
- d) Abrangente (incorporando e comunicando a intenção de projeto, o desempenho da construção, a construtibilidade, aspectos sequenciais e financeiros de meios e métodos);

- e) Acessível (a toda a equipe do empreendimento e ao proprietário por meio de interface interoperável e intuitiva);
- f) Durável (utilizável ao longo de todas as fases da vida de uma edificação).

De Paula *et al.* (2017) realizaram um mapeamento sistemático da literatura (MSL) no qual é possível constatar o aumento de publicações acerca do tema BIM em bases internacionais entre os anos de 2005 e 2016 de forma significativa (Figura 1).

Figura 1

Evolução Anual das Publicações Internacionais de Artigos Por String de Busca

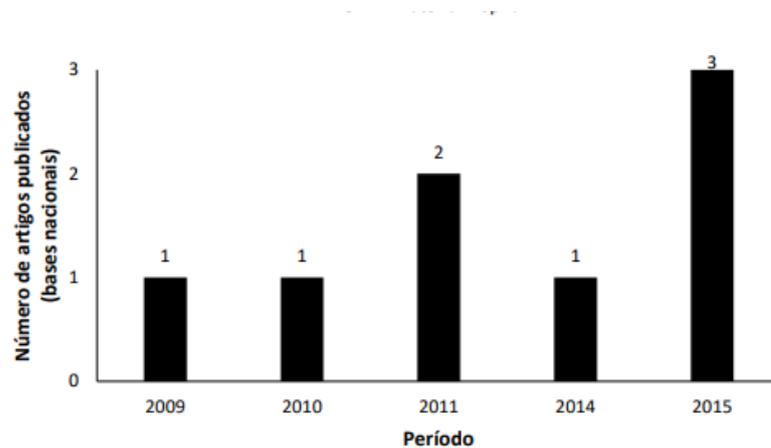


Fonte: De Paula *et al.* (2017).

Os mesmos autores também levantaram a temática em bases nacionais entres os anos de 2009 e 2015 (Figura 2). Nota-se que, no Brasil, a quantidade de publicações envolvendo o tema tem crescido, no entanto, o número ainda era pequeno até o ano de 2015.

Figura 2.

Evolução Anual da Publicação de Artigos em Bases Nacionais



Fonte: De Paula *et al.* (2017).

Underwood e Isikdag (2010) fazem a distinção entre *Building Information Modeling* e *Building Information Model*, sendo o primeiro um processo que permite a modelagem da informação de uma edificação, enquanto o segundo se trata de um conjunto de modelos compartilhados, integrados e digitais.

A criação de um modelo *BIM* pode variar bastante em relação ao seu grau de detalhamento e desenvolvimento, de acordo com a finalidade desejada para o projeto. De acordo com Manziane (2013), esse cenário exigiu tentativa de padronização dos modelos por meio da criação do conceito de *Level of Development* (LOD) ou, em português, Nível de Desenvolvimento, cujo intuito foi criar uma estrutura conceitual para nortear de maneira coordenada o processo de desenvolvimento dos projetos e a evolução do detalhamento das suas informações.

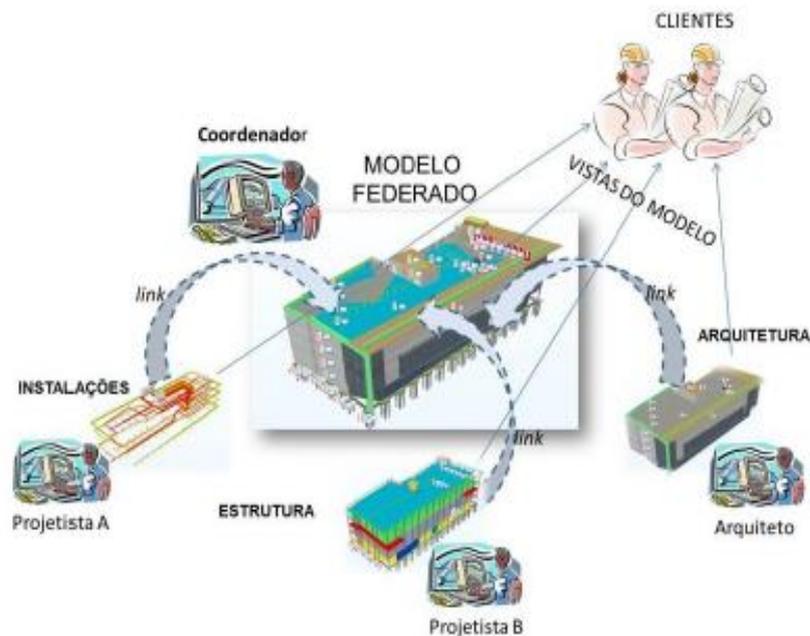
O *American Institute of Architects* [AIA] (2008) definiu o nível de desenvolvimento em cinco graus, que correspondem ao detalhamento que ocorre progressivamente ao longo do projeto, sendo: 100 (fase conceitual), 200 (geometria aproximada), 300 (geometria precisa), 400 (execução ou fabricação) e 500 (obra concluída). Apesar da escala variar em intervalos de 100, é possível encontrar definições que preveem níveis intermediários de LOD.

Para realizar o processo de compatibilização de projetos em BIM, primeiramente é necessário desenvolver a modelagem das diversas disciplinas do projeto em ferramentas específicas para cada uma delas. Em seguida esses modelos são compilados em um único arquivo, chamado de Modelo Federado (Figura 3), utilizando ferramentas específicas para este

objetivo ou no próprio ambiente de desenvolvimento do projeto. Esse arquivo é composto por modelos distintos e ligados logicamente, onde suas fontes de dados não perdem a identidade ou integridade pelo fato de estarem ligadas (Lowe & Muncey, 2009).

Figura 3.

Conceito de Modelo Federado



Fonte: Adaptada de Lowe e Muncey (2009)

Nos modelos desenvolvidos em BIM que possuem todas as informações interligadas entre si, possibilitando verificações sistemáticas (interferências fortes e fracas) e visuais (para outros tipos de erros), o processo de compatibilização de projetos é fácil e confiável (Eastman *et al.*, 2014). Para estes autores, o fato de os projetos estarem em um ambiente integrado facilita a comunicação entre projetistas e possibilita revisões rápidas e assertivas.

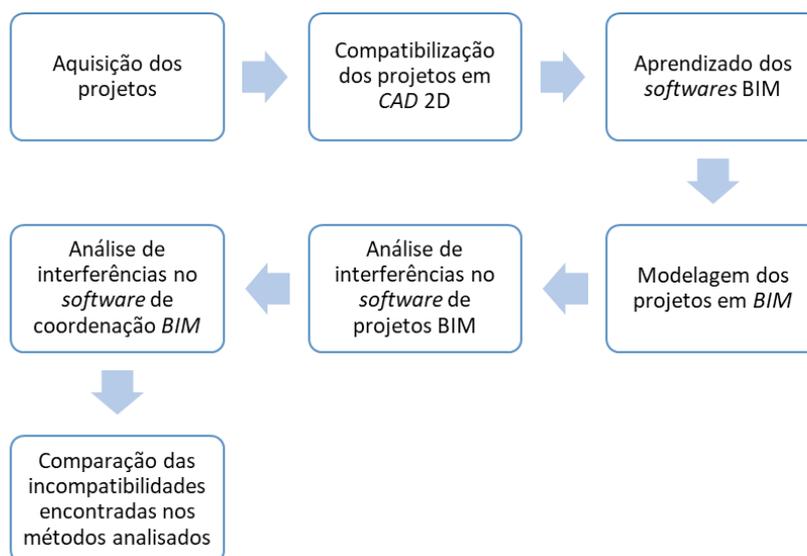
Verifica-se em trabalhos de autores como Goes (2011), Costa (2013), Figueiredo, Mariano, Neto e Resende (2019), Sena e Ferreira (2013), Guido, Neto, Junior, Izquierdo e Serra (2019) e Mesquita (2018), que a facilidade no fluxo de trabalho assim como a visualização 3D integrada dos projetos são grandes diferenciais da compatibilização em BIM.

3 Procedimentos metodológicos

Para alcançar o objetivo deste artigo foi utilizado o método de pesquisa comparativo. De acordo com Fachin (2006), esse método permite o investigador estudar coisas ou fatos e explicá-los a partir de suas semelhanças e diferenças. Ao analisar os resultados obtidos pode-se avaliar a eficiência e as vantagens e desvantagens de cada um dos métodos de detecção de incompatibilidades entre os diversos projetos de uma edificação. A detecção de incompatibilidades entre as diversas disciplinas foi realizada de três maneiras: método convencional em CAD 2D, checagem de interferência em aplicativo de modelagem BIM (Revit®) e compatibilização em aplicativo de coordenação de projetos BIM (Navisworks®). Na Figura 4 são apresentadas todas as etapas empregadas no desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 4.

Fluxograma das Etapas de Desenvolvimento da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Os aplicativos utilizados neste trabalho foram o AutoCAD®, Revit® e Navisworks®, todos desenvolvidos e distribuídos pela Autodesk®. A escolha ocorreu devido a disponibilidade de versão gratuita para estudantes e por serem amplamente difundidos no mercado brasileiro (Goes, 2011).

Para a coleta dos dados de incompatibilidades dos projetos na metodologia convencional, as plantas foram sobrepostas por pares, com camadas em cores distintas (para

facilitar a interpretação de incompatibilidades) em sistema CAD 2D. As análises foram feitas visualmente pelos autores e contabilizadas.

A coleta dos dados de incompatibilidades dos projetos na metodologia BIM, foi realizada de duas formas: relatório de incompatibilidades do aplicativo de modelagem e em aplicativo de coordenação de projetos. A partir desses relatórios, as incompatibilidades encontradas foram analisadas e contabilizadas. Na sequência estas etapas são descritas.

3.1 O projeto escolhido

A primeira etapa dos procedimentos metodológicos adotados foi a obtenção dos projetos das diferentes disciplinas. O projeto escolhido para este estudo de caso foi de uma edificação residencial multifamiliar, de múltiplos pavimentos, de médio padrão, localizada na cidade de Uberlândia, Minas Gerais. A edificação é composta por pavimento térreo, pavimento para estacionamento e sete pavimentos tipo. Os dados das áreas do empreendimento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2.

Dados da Edificação Analisada

Pavimento	Área (m²)
Pavimento térreo	671,95
Primeiro Pavimento (estacionamento)	698,37
Pavimento tipo (×7)	335,46
Total	3718,57

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

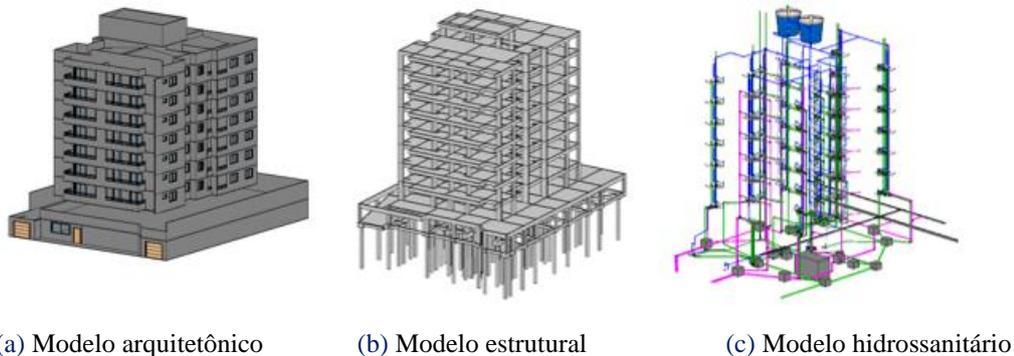
Os projetos fornecidos estavam em sua emissão inicial, ou seja, sem terem passados por qualquer tipo de processo de compatibilização prévia. Essa condição foi adotada para simulação de uma atuação realística do coordenador de projetos na compatibilização.

3.2 Utilização do aplicativo CAD 2D para compatibilização

Para análise das incompatibilidades dos projetos em CAD 2D foi utilizado o método de sobreposição de camadas. Cada projeto foi colocado em uma camada distinta, com coloração única (Figura 5), para favorecer a detecção visual de conflitos. Para beneficiar a identificação das interferências entre os projetos, foi realizada a limpeza de elementos gráficos desnecessários. O relatório de incompatibilidades foi elaborado considerando as análises

Figura 6.

Modelos Desenvolvidos



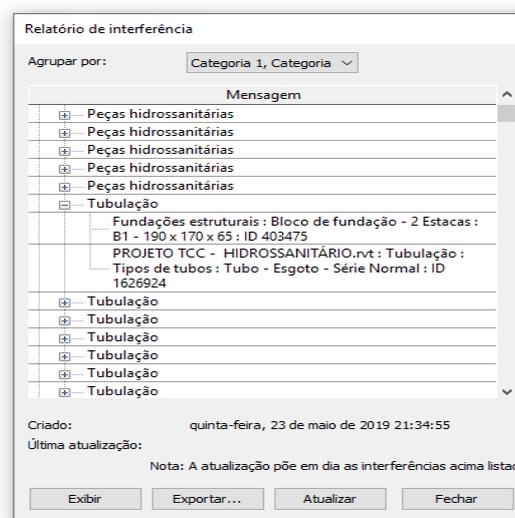
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

3.4 Compatibilização utilizando aplicativo de projeto BIM

Para a primeira verificação de incompatibilidades empregando a metodologia BIM foi utilizado o ambiente de coordenação do aplicativo de modelagem Revit®, por meio do relatório de conflitos gerado (Figura 7) na opção “detecção de interferências” e pela identificação visual enquanto as disciplinas foram sendo modeladas.

Figura 7.

Relatório de Incompatibilidade, Gerado Pelo Aplicativo Revit®, Entre Projetos Estrutural e Hidrossanitário



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Apesar de configurar o Modelo Federado no Revit®, ou seja, integrar todos os projetos em um mesmo arquivo, a compatibilização entre esses não foi possível devido às limitações do aplicativo escolhido. A opção de verificação de interferência permite, apenas, a análise do projeto atual aberto com vínculo conectado a este e não entre vínculos distintos no projeto.

3.5 Compatibilização utilizando aplicativo de coordenação BIM

A compatibilização utilizando o Navisworks® foi realizada a partir dos modelos finalizados, desenvolvidos no ambiente do Revit®. Uma vez que os aplicativos são da mesma desenvolvedora, a integração entre esses ocorreu de forma facilitada sem a necessidade da exportação em formatos .ifc. Como os modelos estavam todos vinculados dentro do mesmo ambiente do aplicativo, foi configurado então o Modelo Federado da edificação (Figura 8).

Figura 8.

Modelo Federado Navisworks®



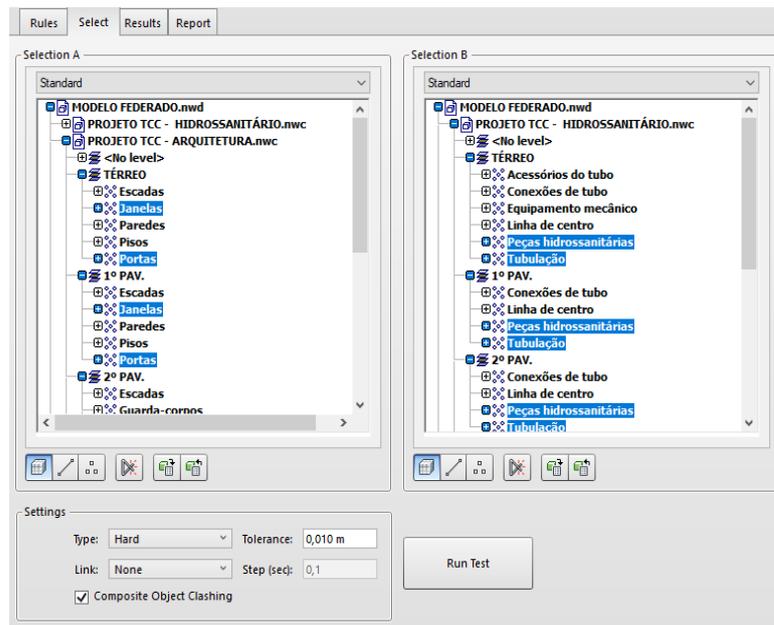
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A ferramenta *clash detective* do próprio aplicativo foi utilizada para a checagem de interferências. As configurações disponibilizadas por essa ferramenta são apresentadas na Figura 9, onde é possível visualizar que de um lado escolhe-se uma disciplina de projeto e do

outro lado escolhe-se outra disciplina. Ainda, é possível escolher elementos de cada disciplina do projeto para checagem de interferências, como tubulações (modelo hidrossanitário) e esquadrias (modelo arquitetônico) ou vigas (modelo estrutural) e tubulações (modelo hidrossanitário).

Figura 9.

Configurações Para Detecções de Interferências - Navisworks®



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

4 Análise e discussão dos resultados

Para proceder com as análises de interferências, os elementos em cada disciplina do projeto foram verificados, conforme Tabela 3.

Tabela 3.

Matriz de Elementos Verificados nas Compatibilizações

Disciplina	Elementos Verificados
Arquitetura	Portas / Janelas / Forros / Paredes / Telhado
Estrutural	Lajes / Vigas / Pilares / Blocos de fundação
Hidrossanitário	Tubulações / Dispositivos hidráulicos (Caixas de passagens, caixas de inspeção, reservatórios)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Para distinção da análise quantitativa das incompatibilidades, foram adotadas as seguintes condições: 1 - Incompatibilidades que apresentassem a mesma solução foram consideradas como uma nos relatórios; 2 - As incompatibilidades encontradas no pavimento tipo foram contabilizadas apenas uma vez. Os resultados das interferências encontradas nos aplicativos AutoCAD®, Revit® e Navisworks®, foram compilados na Tabela 4.

Tabela 4.

Incompatibilidades Encontradas nas Análises

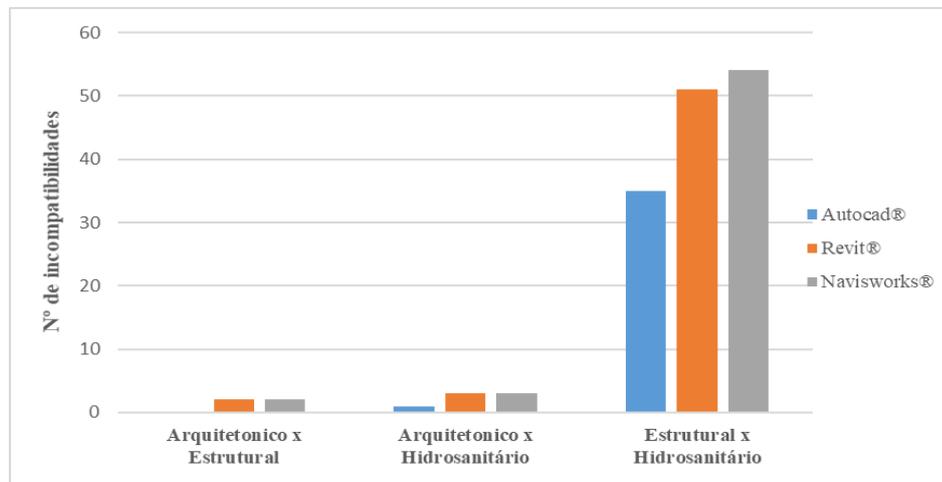
Disciplinas analisadas	Tipo interferência	Nº de conflitos		
		AutoCAD®	Revit®	Navisworks®
Arquitetônico Estrutural ×	Janela × Viga	-	1	1
	Porta × Viga	-	1	1
Arquitetônico Hidrossanitário ×	Janela × Tubulação	-	1	1
	Forro × Tubulação	1	1	1
	Telhado × Dispositivo hidráulico	-	1	1
Estrutural Hidrossanitário ×	Pilar × Tubulação	20	23	22
	Viga × Tubulação	13	24	27
	Blocos de fundação × Tubulação	-	1	1
	Dispositivo hidráulico × Bloco de fundação	2	3	4
TOTAL		36	56	59

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Os resultados obtidos na detecção das incompatibilidades mostram uma diferença significativa nos valores encontrados entre o método convencional em CAD 2D e com a utilização das ferramentas *BIM*. No entanto, entre os dois aplicativos BIM analisados, a quantidade de conflitos encontrados foi similar, como pode ser verificado na Figura 10. No comparativo entre aplicativos 2D e BIM, houve um aumento de 56% e 64% na detecção de incompatibilidades utilizando o Revit® e o Navisworks® em relação ao CAD, respectivamente.

Figura 10.

Comparativo Entre Incompatibilidades Encontradas Entre Métodos

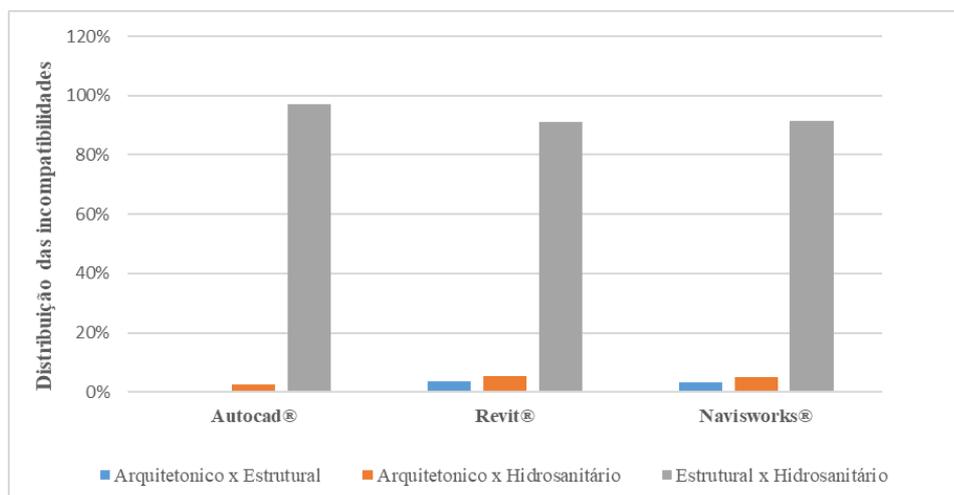


Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

O maior número de incompatibilidades encontradas ocorreu entre a disciplina de estrutura e instalações hidráulicas (Figura 11): 97% no AutoCAD®, 91% no Revit® e 92% no Navisworks®. Compreende-se que a diferença entre as disciplinas estrutural e hidrossanitária pode ter ocorrido devido ao fato de que a compatibilização no método convencional se limita à sobreposição de plantas baixas, o que pode dificultar a detecção de incompatibilidades que não estejam no plano de corte, como é o caso de tubulações e vigas.

Figura 11.

Distribuição das Incompatibilidades Encontradas nas Análises

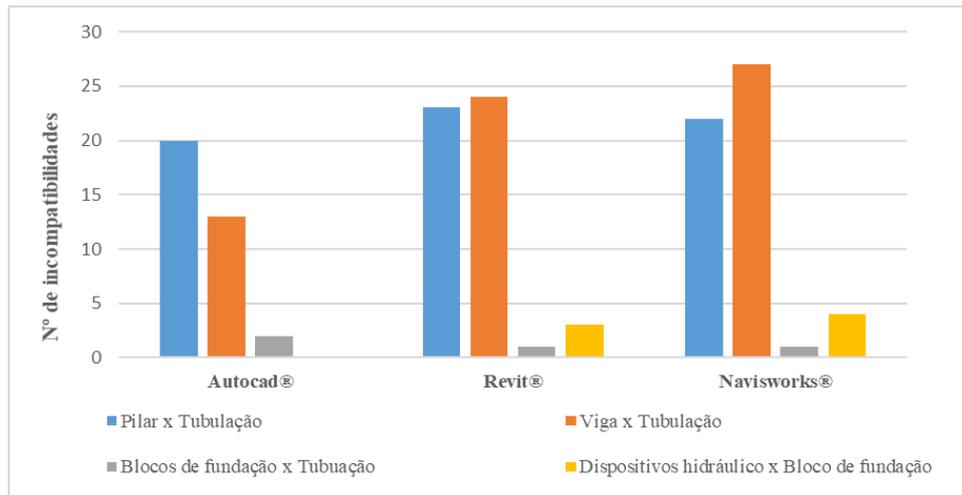


Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

As interferências encontradas entre tubulações e vigas foram as que mais apresentaram diferenças quantitativas entre os métodos, sendo detectadas 13 vezes em CAD 2D, 24 vezes no Revit® e 27 ocorrências no Navisworks® (Figura 12).

Figura 12.

Comparação de Incompatibilidades Entre Projeto Estrutural e Projeto Hidrossanitário



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Além das limitações no método CAD 2D para compatibilização, foi constatado que nesse método, as não conformidades representativas entre projetos podem ser elementos dificultadores para uma análise precisa. Dentre essas, estão a falta de uniformidade de escalas entre projetos e de padronização de camadas em nomenclaturas e cores.

Apesar de não registrarem diferenças significativas entre os aplicativos BIM analisados no quesito quantidade de incompatibilidades, notou-se a importância de se executar a compatibilização em um ambiente específico para coordenação de projetos como o Navisworks®, isto porque, o Revit® não apresenta muitas opções de critérios para caracterização de incompatibilidades, comparativamente ao aplicativo de coordenação, gerando assim, um número elevado de conflitos, sendo necessária análise mais criteriosa e longa do coordenador de projetos.

Notou-se também que, para a solução de incompatibilidades, a metodologia BIM demonstra-se ser rápida e assertiva, uma vez que as informações entre os modelos são compartilhadas, uma alteração realizada é notificada e atualizada nos outros projetos. Essa

comunicação entre modelos pode ocorrer de forma distinta entre aplicativos, porém é uma característica inerente à metodologia BIM.

Apesar desta se apresentar mais eficiente para detecção de incompatibilidades, percebeu-se que o tempo gasto para aprendizado dos aplicativos e modelagem dos projetos pode ser um fator dificultador para adesão da metodologia por parte do mercado de AEC, corroborando com os dados de Castelo (2018) e Sienge e Grant Thorton (2020). A compatibilização em CAD 2D requer ferramentas de uso simples, do ponto de vista técnico e tecnológico, que podem ser determinantes para continuar escolhendo esse método. Assim como Melhado (2005) afirmou que a aplicação do BIM no desenvolvimento dos projetos permite aumentar a possibilidade de encontrar interferências, que são visualizadas de forma integral, neste artigo, infere-se que um processo iniciado desde sua concepção com a metodologia BIM apresenta número reduzido de incompatibilidades, uma vez que o processo é realizado em ambientes compartilhados e as interferências são encontradas ainda na fase de modelagem e solucionadas durante o processo de projeto, corroborando com Salomão *et al.* (2019).

Neste estudo, atribui-se a muitas das incompatibilidades encontradas neste trabalho ao processo de desenvolvimento de projetos em CAD 2D, onde não há informações compartilhadas de forma simultânea. Contudo, de acordo com Stehling e Arantes (2014) que apontaram em seu estudo, que muitas empresas se encontram na transição de metodologias, da convencional para o BIM, entende-se que os problemas em obras devido as incompatibilidades de projeto possuem uma tendência de queda.

5 Conclusões

As análises efetuadas e as considerações realizadas no decorrer do trabalho permitem destacar que a utilização do BIM para compatibilização de projetos apresenta melhores resultados em comparação com o método convencional em 2D. As informações compartilhadas entre os modelos BIM facilitam a comunicação entre projetos, fazendo com que a solução de interferências seja realizada de forma mais rápida e eficiente, implicando em ganho quantitativo (número de interferências) e qualitativo (melhora na qualidade do processo).

É extensa a variedade de aplicativos que utilizam como base a metodologia BIM no mercado, porém, se faz necessária a escolha da ferramenta adequada para compatibilização de projetos. A utilização de aplicativos específicos para coordenação é importante para esse

processo, uma vez que esses conseguem tratar as informações contidas nos modelos de maneira mais eficiente do que em aplicativos que tem como seu foco principal a modelagem de projetos.

Percebe-se que a falta de conhecimento antecipado dos aplicativos foi um limitante no desenvolvimento deste artigo, uma vez que demandou muito tempo para o aprendizado e corrobora com os desafios que tem sido apontados para a implementação da metodologia em grande escala. Sugere-se, para estudos futuros, ampliar a discussão da compatibilização para outras vertentes do uso da metodologia como orçamentação e planejamento.

Agradecimentos

Agradecimento a Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade no desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- American Institute of Architects (2008). AIA Document E202: *Building Information Modeling Protocol Exhibit*. Retrieved from <https://content.aia.org/sites/default/files/2016-09/AIA-E202-2008-Other-Free-Sample-Preview.pdf>
- CBIC (2016). *Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras*. Brasília, DF. Retrieved from <https://cbic.org.br/faca-o-download-da-coletanea-bim-no-site-da-cbic/>
- Castelo, A. M.; Marcellini, L.; Viana, I. (2018, outubro). *A construção digital - Parte 2*. Retrieved from <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital-parte-2>
- COSTA, E. N. (2013). *Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos*. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, SP. Retrieved from <http://www.propec.ufop.br/teses-e-dissertacoes/208/avaliacao-da-metodologia-bim-para-a-compatibilizacao-de-projetos>
- Da Costa, G. M., de Souza Leite, F. R., Virgínio, I. P., & da Silva, E. L., Jr. (2022). Compatibilização de projeto com auxílio do BIM: análise da redução de custos em uma obra de habitação de interesse social. *Research, Society and Development*, 11(1), e16411124625. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24625>.
- Coutinho, A. B., Moura, G. S., & da Costa Teixeira, E. K. (2021). Compatibilização de um projeto arquitetônico e hidrossanitário utilizando a metodologia BIM. *Research, Society and Development*, 10(2), e58610212924. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12924>.

- De Paula, H. M.; Rodrigues, K. C.; Mesquita, H. C.; Eduardo, R. C. (2017). Mapeamento sistemático de referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 13 (1), 219-239.
<https://doi.org/10.5216/reec.v13i1.45014>
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2014). *Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Fachin, O. (2006). *Fundamentos de Metodologia*. 5ª Edição. São Paulo, SP: Saraiva.
- Ferreira, R.; Santos, E. (2007). Características da representação 2d e suas limitações para a compatibilização espacial. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 2(2), 36-51.
<https://doi.org/10.4237/gtp.v2i2.39>
- Figueiredo, L. L. H.; Mariano, L. N.; Neto, L. S. C.; Resende, L. G. S. (2019). Compatibilização de projeto de instalações: Um estudo comparativo entre o método tradicional (2D) e a ferramenta BIM. *O Essencial da Arquitetura e Urbanismo*, 3, 376-383. Retrieved from <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/compatibilizacao-de-projetos-com-metodologia-bim-em-perspectiva-estudo-de-caso-da-aplicacao-em-um-edificio-real>
- Goes, R. H. T. B. (2011). *Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM*. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, SP. Retrieved from https://www.ipt.br/pos_graduacao_ipt/solucoes/dissertacoes/415-compatibilizacao_de_projetos_com_a_utilizacao_de_ferramentas_bim.htm
- Gonçalves, F., Jr. (2019). *Os processos de compatibilização de projetos na construção civil*. Retrieved from <https://maisengenharia.altoqi.com.br/BIM/os-processos-de-compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil/>
- Guido, L. F. M.; Neto, S. A.; Junior, F.N.S.; Izquierdo, I. S.; Serra, S. M. B. (2018, novembro). Tecnologia BIM aplicada a compatibilização de projetos na construção civil. In: Anais do XXV SIMPEP, Bauru, SP.
- Lachi, D. K. M. (2016). *Implantação da modelagem da informação da construção (Building Information Modeling) para elaboração de projetos básicos de obras e serviços de engenharia na UFGD*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS. Retrieved from <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/1350>
- Lowe, R. H.; Muncey, J. M. (2009). Consensus DOCS 301 BIM Addendum. Retrieved from <http://unh.edu/purchasing/CD301%20-%20BIM%20Addendum.pdf>
- Manziona, L. (2013). *Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM*. (Tese de Doutorado). Departamento de

Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. <http://doi.org/10.11606/T.3.2013.tde-08072014-124306>

- McGraw Hill Construction. (2004). *SmartMarket Report on the business value of BIM for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovation with building information modelling*. Bedford, Massachusetts, USA. Retrieved from https://proddrupalcontent.construction.com/s3fs-public/DCN_SMR/BIMConstructionGlobalMarkets_DDA_Secured.pdf
- Melhado, S. B. (2005). *Coordenação de projetos de edificações*. São Paulo, SP: Nome da Rosa Editora.
- Mesquita, H. C. M. (2018). Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM. *Revista Matéria*, 23(3). <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0507>
- Oliveira, P.H.; Maciel, A.C.F.; Souza, D.A., Jr. (2021, agosto) Comparativo entre metodologia tradicional 2D e BIM na detecção de incompatibilidades de projetos. In: *Anais do IV SENGI*, Juazeiro do Norte, CE. <https://doi.org/10.29327/sengi2021.327536>
- Rodríguez, M. A. A.; Heineck, L. F. M. (2003). A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: *Anais do 3º SIBRAGEQ*, São Carlos, SP. Retrieved from <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/8100>.
- Salomão, P. E. A.; Costa, N. C.; Gouvêa, D. L., Oliveira, A. N. S.; Silva, A. J. M. (2019). Modelagem e compatibilização de projetos de uma residência Minha Casa Minha Vida em aplicativo de plataforma BIM. *Research, Society and Development*, 8(8), e33881230. <http://doi.org/10.33448/rsd-v8i8.1230>
- Sena, T. S.; Ferreira, E. A. M. (2013). A aplicação da metodologia BIM para compatibilização de projetos. In: EP-UFBA, *Inovação, Produtividade e Empreendedorismo na Engenharia Civil* (1ª ed., Cap. 2, pp.29-46). Rio de Janeiro, RJ: Kohav Comunicação. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/280295312_A_aplicacao_da_metodologia_BIM_para_a_compatibilizacao_de_projetos.
- Sienge; Grant Thornton (2020). Mapeamento de maturidade BIM Brasil (p 15). Brasil. Retrieved from <https://www.sienge.com.br/relatorio-mapeamento-de-maturidade-bim/>
- Stehling, M. P.; Arantes, E. M. (2014). Análise do processo de implantação de BIM em empresas de projetos industriais e arquitetônicos em Belo Horizonte. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, 5(1), 35-44. <http://doi.org/10.20396/parc.v5i1.8634542>
- Underwood, J.; Isikdag, U. (2010). *Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and technologies*. Hershey, PA, USA: Information Science Reference.