



Revisão dos modelos de compatibilização BIM presentes no mercado

SOUZA, Phelipe¹; FIGUEIREDO Karoline.

¹Pós-graduando em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis, NPPG/POLI – UFRJ.

Informações do Artigo

Histórico:

Recebimento: 07 Out 2020

Revisão: 10 Out 2020

Aprovação: 13 Out 2020

Palavras-chave:

Compatibilização BIM

Softwares BIM

Resumo:

A compatibilização de projetos é uma fase muito importante na concepção de edificações e que pode trazer muitos problemas para a fase de construção, caso não seja bem executada. Por isso, existe uma grande necessidade de se utilizar e aperfeiçoar sistemas de compatibilização, que sejam capazes de integrar as diversas áreas de conhecimento na concepção dos projetos de construção civil. O objetivo deste trabalho é mapear os modelos de compatibilização presentes no mercado, focando nos softwares baseados na metodologia BIM. Isso porque acredita-se que essa metodologia tem o poder de facilitar todas as fases de concepção de projetos de construção, embora ainda exista muito a ser explorado sobre isso na construção civil brasileira. A metodologia utilizada no presente estudo se concentra na elaboração de uma revisão de literatura e um levantamento de programas computacionais existentes, elucidando suas aplicações. A partir da presente pesquisa, foi possível identificar os impactos relacionados a compatibilização dos projetos utilizando a tecnologia BIM, além de comparar o grau de desenvolvimento da tecnologia no Brasil com a de outros países. Espera-se, então, contribuir para a disseminação da aplicação de BIM com o foco em compatibilização de projetos no cenário brasileiro.

1. Introdução

Tradicionalmente, os projetos da construção civil eram desenvolvidos apenas através dos desenhos bidimensionais (planos, elevações, cortes, entre outros), podendo ser realizados a mão ou com o apoio de programas computacionais baseados no CAD 2D, metodologia que facilita a realização dos projetos técnicos por meio do uso do computador. Uma evolução dos softwares CAD 2D foi o CAD 3D, o qual consiste na representação do projeto em diferentes vistas em três dimensões (largura, profundidade e

altura).

Contudo, durante a elaboração dos projetos, há uma eventual ocorrência de alterações, o que pode acarretar grandes dificuldades quando a metodologia CAD é utilizada, pelo fato de toda alteração precisar ser feita de forma manual. É possível, ainda, que surjam muitos erros e inconsistências ao longo do projeto, quando se considera todo o retrabalho associado à alteração de toda documentação, quando alguma modificação de projeto é necessária. [1].

A compatibilização de projetos é um

processo que deve obrigatoriamente estar no desenvolvimento dos projetos de construção [2]. Esse processo refere-se à sobreposição e comparação de várias disciplinas relacionadas à construção civil. Procura-se, então, identificar conflitos e interferências existentes entre as disciplinas, além de coordenar a informação entre as partes envolvidas, através, por exemplo, de reuniões para solucionar as inconformidades [3].

Quando se utiliza a metodologia CAD na concepção de projetos, a coordenação e compatibilização das diferentes disciplinas usualmente são feitas se sobrepondo manualmente os desenhos realizados em duas dimensões. Isso é feito com o objetivo de se verificar as inconsistências existentes, além de determinar os conflitos e os eventuais problemas que possam ocorrer na fase de construção da obra [4]. Porém, é sabido que muitos erros só são percebidos já no canteiro de obras, o que gera retrabalho e um aumento no custo e no prazo do projeto.

O processo de compatibilização tem sido uma grande preocupação das empresas e de estudos acadêmicos, sendo uma atividade destacada do processo de desenvolvimento dos projetos, assim como a coordenação de projetos [5]. A coordenação de projetos deve ser a atividade capaz de assistir todos os projetistas envolvidos no processo com diretrizes bem definidas e documentos atualizados, além de detectar e compatibilizar os problemas de interface entre os distintos projetos. Esse processo deve ser realizado antes do início da obra, tendo como resultado um conjunto de documentos que atendam em sua totalidade a concepção proposta ao projeto arquitetônico e os meios para a sua produção [6].

Demandas que exigem maior arranjo físico, mais profissionais qualificados e uma diversificação maior das técnicas que as já existentes, podem impactar em uma série de falhas construtivas do projeto que poderão persistir até a fase de execução da edificação, implicando em impactos como atrasos de cronograma, retrabalhos e erros de execução [7]. Por isso, é de suma importância a

pesquisa em metodologias que permitam uma melhor comunicação entre as disciplinas relacionadas ao projeto e que reduzam as interferências, as quais, muitas vezes, só são percebidas no canteiro de obras.

Nesse contexto, surge a metodologia *Building Information Modeling* (BIM), considerada uma evolução do CAD. O BIM, que pode ser traduzido como a modelagem da informação da construção, é baseado na tecnologia paramétrica que armazena as informações sobre a construção dos projetos em um banco de dados integrado ao modelo digital. Com isso, a metodologia BIM permite uma atualização constante e automática do projeto, o que acontece de forma dinâmica. O projeto é feito em modelagem tridimensional, e todas as vistas e cortes são gerados automaticamente. Caso alguma alteração precise ser realizada na modelagem, toda a documentação e todas as vistas são atualizadas automaticamente e de forma instantânea, o que diminui o retrabalho e a possibilidade de erros. Assim, o modelo BIM 3D resultante é uma representação digital paramétrica da edificação, rica em dados do projeto e automatizada [8].

O projeto em BIM, também conhecido como modelo de informação da construção, caracteriza a geometria, as interações espaciais, os quantitativos e propriedades dos elementos construtivos, além das estimativas de custos, estoques dos materiais e o cronograma do projeto. Dessa forma, pode-se extrair, isolar e compatibilizar com uma facilidade maior as suas informações em qualquer momento do ciclo de vida do projeto, dado que a sua interface se caracteriza por ser um ambiente integrado com a representação mais precisa [1].

Entretanto, ainda existe muito a explorar sobre esse conceito no cenário brasileiro de construção. O Brasil passa por um momento de transição do ponto de vista da concepção de projetos. Embora haja profissionais que já adotem a tecnologia BIM, ainda existem muitos profissionais vinculados ao uso do sistema em CAD, constatando que no país se utiliza muito pouco da capacidade BIM nos

processos dos projetos [9].

A presente pesquisa tem como finalidade indicar com clareza as diferenças existentes na compatibilização dos projetos utilizando a metodologia BIM. O objetivo geral deste trabalho é mapear alguns softwares presentes no mercado que proporcionam a integração entre os modelos existentes e identificar, a partir da revisão de literatura, os impactos relacionados a compatibilização dos projetos utilizando a tecnologia BIM 3D. Com isso, espera-se que esta pesquisa possa elucidar a importância da utilização de um sistema de compatibilização integrado às diversas áreas de concepção dos projetos na construção civil.

2. Referencial Teórico

O conceito BIM pode ser rastreado desde o início da década de 1960, enquanto a modelagem começou a surgir nas décadas de 1970 e 1980 [10]. A linguagem computacional, que faz parte da metodologia BIM, começou a ser desenvolvida na década de 1990, porém a implementação eficiente do BIM (em plena capacidade) em diferentes níveis nas empresas e em vários países continua sendo um desafio [11].

Durante quase duas décadas, as vantagens relacionadas ao BIM na literatura tem incentivado a adoção pela indústria, onde as vantagens podem ser mensuráveis, incluindo tópicos como: prática arquitetônica enxuta, gestão de instalações e controle de custos [12].

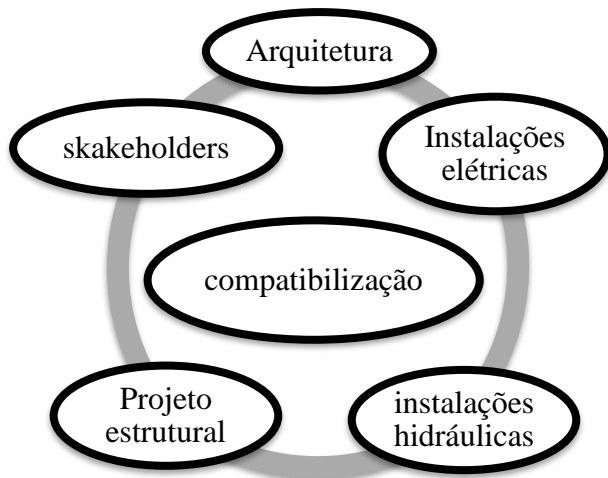
A compatibilização dos projetos é uma atividade de gerenciar e integrar os projetos correlatos, visando o ajuste entre os mesmos e conduzindo-os para a obtenção dos padrões de qualidade determinados para a obra [13]. A compatibilização pode ser compreendida em cinco esferas: estratégica do projeto, mercadológica, de viabilidade econômica, construtibilidade e fluxo da operação. No nível estratégico, temos características que devem ser respeitadas, como o cronograma proposto, os custos previstos, o foco na satisfação do cliente e o respeito à

padronização do produto final. No nível mercadológico, temos características como o foco nos projetos para o cliente final, com representações gráficas e memoriais descritivos dos projetos atendendo aos requisitos do cliente. Sobre os aspectos de viabilidade técnico-econômica, é importante levar em consideração as análises de indicadores de consumo de materiais, de custos e de produtividade. Já em relação a aspectos de construtibilidade, é importante que seja atingido o objetivo da compatibilização do projeto que fora proposto. Por fim, em relação à esfera de fluxo da operação, é importante fazer cumprir os prazos dos cronogramas, dar divulgação por meio de processo compartilhado e não liberar desenhos com pendências [14].

A falta de integração e coordenação dos desenhos, além de desenhos cada vez mais complexos, favorecem aos erros na integração das disciplinas e proporcionam problemas futuros na qualidade final do serviço [15]. Podemos encontrar problemas futuros relacionados, por exemplo, a conflitos entre instalações hidráulicas, instalações elétricas, elementos estruturais e arquitetônicas [16]. Além disso, é importante levar em consideração a coordenação das informações entre as partes envolvidas durante esse processo de compatibilização. Essas partes envolvidas, também chamadas de *stakeholders*, são um conjunto de entidades ou pessoas com interesses em seus resultados, que podem afetar de forma direta ou indireta, positivamente ou negativamente, o planejamento e a execução do projeto [17].

A fim de ilustrar tudo o que deve ser levado em conta durante o processo de compatibilização, a Figura 1 foi desenvolvida.

Figura 1- Mapa mental das disciplinas envolvidas na compatibilização do projeto.



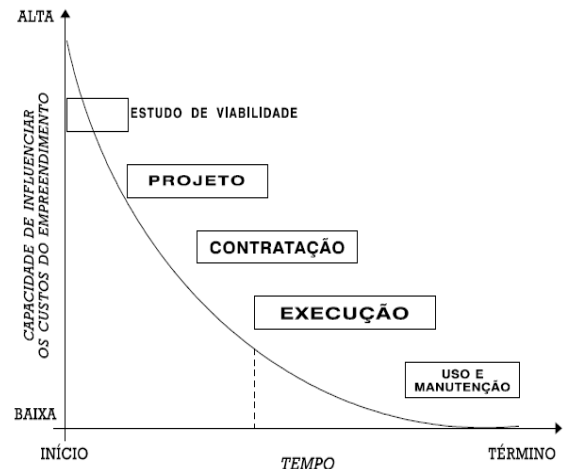
Fonte: O autor

Além do aperfeiçoamento no processo de compatibilização, podemos citar outros benefícios advindos do uso do BIM, como o fato de a informação ser compartilhada com mais facilidade entre os profissionais, a melhor concepção da proposta para a construção e o fato de as propostas poderem ser melhores compreendidas pelo cliente, de uma forma visual, através da modelagem 3D [18]. Além disso, conforme Carvalho [19], podemos elencar outras vantagens da tecnologia BIM: visualização do projeto com mais agilidade e maior precisão, correções automáticas quando são efetuadas alterações no projeto, obtenção de estimativas de custos durante a fase de projeto e melhoria da eficiência energética e da sustentabilidade das construções.

Comprovadamente, as modelagens paramétricas em 3D, geradas através de softwares BIM, podem proporcionar uma redução de custos de elaboração (redução de tempo) de aproximadamente 80% a 84%, além de um potencial ganho de produtividade estimado em 15% a 41% em horas para a produção de desenhos [20]. As decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são importantes, atribuindo a essas etapas a principal participação na redução dos custos de falhas no empreendimento [21], conforme

representado na Figura 2.

Figura 2- Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.



Fonte: Melhado [21].

Um estudo realizado por Kaner [22] apresenta a vantagem alcançada com a utilização do BIM. No empreendimento construído e utilizado como estudo de caso, a metodologia BIM e, com isso, a eficiência na elaboração dos projetos foi imensa. Além disso, não foi necessário nenhum reparo construtivo durante a obra devido a erros relacionados a compatibilização dos desenhos técnicos.

3. Projeto Integrado

Os projetos presentes na construção são um resultado de sistema que pode envolver organizações distribuídas, com profissionais de várias áreas com múltiplas habilidades, além de leigos com seus fundamentos e visões a respeito do projeto exigido, querendo a efetiva colaboração. Dessa forma é importante uma coordenação responsável pela consolidação do projeto e pela integração dos desenhos ou modelos [13].

Importante destacarmos a importância da interoperabilidade entre os softwares BIM utilizados. A interoperabilidade é a capacidade do sistema em se comunicar de forma transparente, representada por uma linguagem comum e aberta entre os softwares de diferentes fabricantes. Isso é importante de

ser levado em consideração porque, quando se fala em compatibilização de projetos, é possível que diferentes profissionais estejam envolvidos no desenvolvimento de um mesmo projeto e que utilizem programas computacionais diferentes para desenvolverem o modelo de suas respectivas disciplinas. Este problema tem sido discutido desde a década de 1990, quando a *Industrial Alliance for Interoperability* (IAI) foi criada para permitir a interoperabilidade entre softwares na indústria da construção [23]. Essa organização desenvolveu o formato IFC, um formato de arquivo aberto e não-proprietário, que permite aos fornecedores de software criar aplicativos interoperáveis, permitindo a troca de informações de projetos entre diferentes programas computacionais, de diferentes fabricantes [24]. O projeto é compatibilizado essencialmente, então, através de ferramentas integradoras, uma vez que a identificação das interferências e a resolução das pendências e conflitos são encontradas e sinalizadas automaticamente pelo programa computacional [9].

Podemos destacar alguns softwares, os quais se enquadram nesse formato e proporcionam a compatibilização dos projetos. Eles estão citados a seguir:

- **Revit**

Ferramenta que permite realizar o estudo de insolação, uso de energia, entre outras facilidades. Facilita a simulação de várias opções de construção, economizando material e tempo de obra [25].

- **ArchiCAD**

Software de projeto arquitetônico com a proposta de abordar a atividade de projeto da perspectiva do arquiteto. Permite que o arquiteto concentre os esforços na concepção formal e soluções espaciais e técnicas e o software gerencia à documentação do projeto[26].

- **TQS**

Software envolvendo elementos de concreto armado, protendido e alvenaria estrutural, sendo caracterizado pela integração

dos sistemas de lançamento da estrutura até a documentação. [27].

- **EBERICK**

Gera detalhamento de alta qualidade, analisa, dimensiona e compatibiliza em uma única plataforma [28].

- **Qibuilder**

Solução para integrar os projetos elétrico, hidráulica, incêndio, gás e acabamento [28].

- **Solibri Model Checker**

Possui como característica analisar modelos BIM com um conjunto de regras a fim de reconhecer e avisar de potenciais problemas, conflitos ou violações que possam vir a existir num determinado modelo [29].

- **Synchro**

Ferramenta utilizada em projetos construtivos complexos, composta por módulos de cronograma, visualizador de modelo, banco de dados, servidor e computação em nuvem [13].

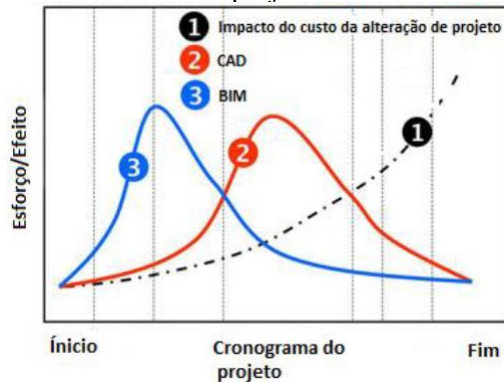
- **Naviswork**

Importa arquivos e faz a análise de interferências por meio de objetos animados. O programa tem a tarefa de coordenação, gerenciando e controlando as interferências até suas respectivas soluções. [30].

Baseado em tudo o que já fora exposto, entende-se que o BIM se concentra em resolver todos os problemas de projeto na fase inicial e de concepção e detalhamento, diminuindo os custos nas demais fases [31]. Na figura 3 a seguir, podemos comparar o grau de esforço/efeito versus o cronograma do projeto com a utilização do processo em BIM e do processo em CAD. Observamos que o impacto do custo da alteração do projeto só aumenta, quanto mais o projeto avança no tempo. Por isso, o ideal é que qualquer alteração seja feita ainda nas fases preliminares de projeto. Com a utilização do BIM, existe um esforço maior nas fases preliminares, mas essa necessidade de esforço diminui com o tempo. Isso está intimamente

ligado ao fato de que as mudanças ocorridas na concepção BIM proporcionam menores custos nas suas alterações, pois permitem a antecipação de tomadas de decisões e suas respectivas correções no projeto, proporcionando a redução de custos e melhoria na qualidade final da construção.

Figura 3 - Relação entre o Esforço e Cronograma de projeto.



Fonte: Freitas [32].

4. Cenário atual

Como a indústria da construção é uma indústria fragmentada, com vários stakeholders, cada um com diferentes valores e necessidades, e usando distintas plataformas, a compatibilidade deve ser cuidadosamente investigada [12]. Fator crítico para a implementação bem-sucedida do BIM: a liderança nacional e a coordenação para maximizar a eficiência e evitar muitos problemas criados por partes fragmentadas e desconexas relativas as abordagens. Essa liderança deve ser impulsionada por entidades governamentais, com a participação das principais indústrias, como grandes clientes do setor privado, empreiteiros e associação dos profissionais [33].

Em vários países, o uso do BIM é incentivado por meio de pressões políticas e estruturas legais, como licitações, enquanto em outros países a aplicação do BIM ainda está atrasada. É necessário desenvolver instrumentos legais a fim de padronizar a propriedade do modelo e a responsabilidade, obrigações e taxas de dados. Isso facilitará a implementação do BIM para projetos de

forma de edifícios existentes e aumentar a segurança dos dados e a confiança dos usuários [34].

Pesquisa realizada pelo instituto RICS, em 2010, no Reino Unido e nos Estados Unidos mostra que 10% dos profissionais das empresas utilizavam o BIM regularmente, sendo 29% tendo envolvimento limitado com o BIM, 61% dos profissionais das empresas não tinham envolvimento com o BIM. Apenas 4% das empresas investiam regularmente em treinamentos BIM e apenas 10% avaliam ativamente as ferramentas BIM [10].

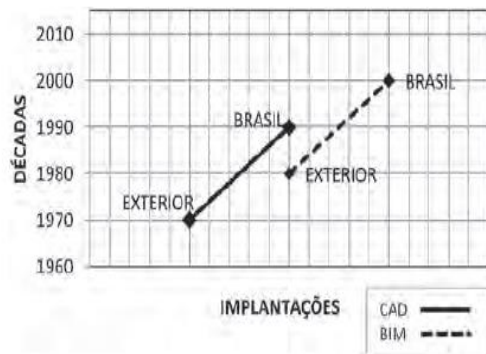
A indústria norte-americana cresceu de 17% em 2007 para 71% em 2012, demonstrando que a região está liderando em escala global [35].

No Brasil estima-se que apenas 9,2 % das empresas relacionadas do setor da construção utilizam o BIM nas suas rotinas de trabalho. O Comitê estratégico de Disseminação do BIM, criado em 2017, estipulou metas de implantação para disseminação de estratégias para que a partir de janeiro de 2028 o processo em BIM faça parte de todo o ciclo e vida da obra, incentivando assim o uso no país [36].

Conforme Nardelli [37], a implantação BIM no Brasil nunca foi assumida como uma questão importante por meio da implantação de medidas coordenadas pelo governo federal, com metas a curto, médio e a longo prazos estabelecidas em conjunto com a cadeia produtiva. Já segundo Andrade [9], as publicações em eventos como nos Seminários de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil e no Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios só começou a ter artigos publicados relacionados a terminologia BIM a partir do ano de 2007.

Na figura 4, podemos perceber que tanto a metodologia CAD quanto a metodologia BIM, no Brasil, só começaram a ser utilizadas 20 anos depois em relação aos outros países. Dessa forma, podemos mensurar de forma cronológica o quanto o país está atrasado.

Figura 4 - Comparação entre CAD e BIM relativo ao início das suas implementações no Brasil e no Exterior.



Fonte: Menezes [38].

5. Análise de Casos

A partir de uma extensa pesquisa bibliográfica, foi possível explicitar alguns estudos de caso interessantes, apresentando os conflitos encontrados na fase de projeto. Para isso, foi organizada uma tabela relacionando o nome do projeto utilizado, o autor do trabalho acadêmico e o número de interferências de compatibilização que ocorrem em um projeto de construção civil de obras residenciais (condomínio e edifícios). Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Trabalhos levantados e os respectivos números apontados com de erros relativos a compatibilização.

Projeto	Autor	Conflitos Encontrados na Fase de Projetos
One Island East, Hong Kong, China	Azhar, Salman. 2007 [1]	Mais de 2000 conflitos e erros identificados.
Hilton Aquarium, Atlanta, Georgia	Azhar, Salman. 2007 [1]	590 conflitos entre componentes estruturais e instalações
Condomínio Jardim Genebra, Brasil	Praia P, 2019. [3]	107 interferências, sendo principalmente entre elementos estruturais e arquitetônicos
Edifício Comercial Santa Maria, Brasil	Praia P, 2019. [3]	386 conflitos entre elementos estruturais, arquitetônicos.

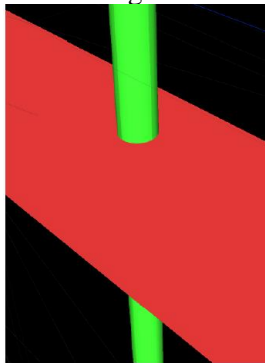
Edifício residencial Privilege Residence, SC, Brasil.	Volpato, 2015. [39]	39 incompatibilidades, dentre elas as principais foram conflitos entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural.
Residência unifamiliar	Guimarães, 2019. [28]	392 interferências envolvendo principalmente o trabalho arquitetônico e o estrutural

Fonte: Autor, 2020.

Conforme os números apresentados na Tabela 1, os erros de compatibilização podem variar de acordo com o projeto e soma-se a isso a dificuldade de visualizar e compatibilizar todas as falhas existentes e tornam-se mais complicadas principalmente quando os problemas são pouco visíveis.

Nesse aspecto, podemos mencionar a ferramenta de detecção de choques e interferências conhecida como *clash detection*. Essa ferramenta está presente no software Navisworks e permite a detecção automática de interferências geométricas, combinada com análises baseadas em regras e parâmetros, proporcionando assim uma detecção mais qualificada e estruturada [3]. Com a utilização desse modelo de ferramenta, a coordenação do trabalho e análise dos conflitos entre as diversas áreas podem ser feitas de maneira mais seletiva. Devido a variação de erros que pode ocorrer em um projeto e, ainda, um cronograma reduzido para a sua entrega, é de suma importância a utilização de uma ferramenta que facilite esse processo de compatibilização de forma automática e visual. Uma situação que podemos exemplificar são os eletrodutos passando pelo interior de vigas que iriam para as lajes, erro que caso só fosse observado no canteiro de obras, iria gerar retrabalho com desperdício de tempo, materiais e mão de obra, conforme ilustrado na Figura 5 a seguir. [7].

Figura 5 - Eletroduto passando pelo interior da viga.



Fonte: Marsico et al [7].

Ainda é possível observar, com a análise dos trabalhos, que à medida que o número de pessoas envolvidas no trabalho aumenta, o número de conflitos em cada etapa no processo construtivo também tende a aumentar. Em algumas situações como as ocorridas na modelagem das janelas do Parliament Hill do Canadá, de arquitetura gótica, o gerenciamento de projetos e as estratégias aplicadas foram muito relevantes, pois mesmo com inovadoras abordagens, os métodos não podiam ser reproduzidos no software BIM mais popular, como o Autodesk Revit [40]. Foi necessário que os dados fossem agrupados para que se pudessem ser inseridos nos softwares existentes e para que a toda transformação de dados fossem realizadas de forma semi-humana [41].

Alguns autores descrevem o uso do BIM em diferentes contextos como um sistema multidisciplinar, mas a sua adequação e compatibilidade não foram examinados em diferentes casos complicados [42],[43]. Algumas compatibilizações são discutidas em sistemas de informações, como tolerâncias e falhas [44]. A compatibilização através da parametrização permite a melhoria do design com redução de erros, pois antecipa as definições do projeto e, desta forma, evita problemas em fases futuras, onde as modificações geralmente geram consequências maiores [45]. Além disso, a utilização do BIM nesse processo permite a facilidade de visualização, proporcionando

soluções de design mais inteligentes, facilita as modificações de design através da parametrização de objetos e, por fim, resulta em menores conflitos e maiores produtividades durante a construção. Sendo assim, a eficácia dessa aplicação é frequentemente vista em termos de redução de atrasos no projeto [4].

A seguir, na **Tabela 2**, pontuam-se alguns benefícios resultantes do uso das ferramentas de compartilhamento e de integração no processo do projeto em BIM.

Tabela 2 - Benefícios do recurso BIM.

Critério	Ferramenta integradora	Ferramenta compartilhadora
Integração	Gera um modelo consolidado a partir de múltiplos modelos de informação.	Todos os envolvidos estão conectados automaticamente.
Colaboração	Centraliza as informações e gera maior consistência dos dados	Atualiza, importa e exporta modelos/arquivos do banco de dados
Coordenação	Suporte nas tomadas de decisões técnicas e gerenciais	Comunicação em tempo real
Análise	Identificação de interferências	Análise do fluxo de informações
Documentação	Emite relatórios de conflitos	Compartilhamento de documentos técnicos, arquivos diversos e notificações
Navegação	Permite ao usuário interagir com e dentro do modelo.	Suporte na coalizão de interesses

Fonte: Rushel [13].

Uma pesquisa realizada pela empresa editora educacional americana McGraw-Hill, em 2009, forneceu um dado sobre a adoção

da tecnologia BIM: 72% dos usuários relataram um efeito positivo na qualidade de seus processos no projeto e 62% desses usuários o usam em mais de 30% de seus projetos [34].

Em contrapartida, também existem dificuldades a serem enfrentadas [18], conforme listado a seguir:

- Necessidade de modelos de processos de construção transacionais e bem definidos para eliminar problemas de interoperabilidade de dados;
- Necessidade de estratégias práticas bem desenvolvidas para a troca proposital e integração de informações significativas entre os componentes do modelo BIM;
- Parametrização dos dados bem definidos;
- Ausência de uma normatização da utilização da metodologia.

5. Considerações Finais

A implementação da tecnologia BIM, associada ao processo de compatibilização de projetos, está em constante aperfeiçoamento. Mesmo em outros países em que a metodologia BIM é mais disseminada, o processo está ocorrendo principalmente devido a incentivos políticos e legislativos, mas ainda existe a necessidade de uma mudança de filosofia de trabalho por parte dos profissionais relacionados ao setor da construção. Porém, com a tendência do ganho de competitividade proporcionada pela implementação da tecnologia e com o estabelecimento das normatizações, as empresas deverão adotar com maior facilidade e implementar o sistema em sua total potencialização, incluindo as empresas brasileiras.

O objetivo da pesquisa foi demonstrar a importância da compatibilização e do uso do BIM nesse processo, através do levantamento bibliográfico, da avaliação de estudos de casos já publicados e da avaliação de programas computacionais já existentes. Foi possível sintetizar e exemplificar os erros que

ocorrem durante a fase de projetos e que, muitas vezes, persistem até o canteiro de obras, quando o processo de compatibilização não é eficaz, acarretando atrasos no cronograma e retrabalhos. Por fim, o trabalho mapeou e sintetizou alguns softwares presentes no mercado, que são compatíveis com a tecnologia BIM, e proporcionam a adequada compatibilização entre as disciplinas.

Espera-se que a presente pesquisa possa contribuir com a disseminação da metodologia ao demonstrar os benefícios que são gerados com um projeto bem realizado com sua respectiva compatibilização. Além disso, espera-se que novas pesquisas surjam sobre essa temática, com foco na aplicação no cenário brasileiro, para que possamos acompanhar o desenvolvimento visto em outros países.

6. Referências

- [1] AZHAR, S. “Building Information Modeling (BIM): a new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects”, *First Int. Conf. Constr. Dev. Ctries.*, vol. 1, p. 435–446, 2008, [Online]. Available at: <http://www.arc.gov.au/general/impact.htm>.
- [2] OLIVEIRA, M. “Um método para obtenção de indicadores visando a tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo: a percepção dos principais intervenientes”, PPGA/UFRGS, 1999.
- [3] PRAIA, P. “A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: estudos de caso”, p. 180, 2019, [Online]. Available at: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/35215>.
- [4] CHELSON, D. E. “The Effects of Building Information Modeling on construction site productivity”, *Antimicrob. Agents Chemother.*, vol. 58,

- nº 12, p. 7250–7, dez. 2014, doi: 10.1128/AAC.03728-14.
- [5] FERREIRA, R. C. “Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações”, p. 160, 2007, [Online]. Available at: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-09012008-144142/pt-br.php>.
- [6] PICORAL, R. “Método de gerência de documento, uma contribuição na atividade de coordenação de projetos”, p. 1499–1512, 2002.
- [7] MARSICO, M. L.; MEDEIROS, R. de; DELATORRE, V.; COSTELLA, M. F. ; JACOSKI, C. A. “Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações”, *Iberoam. J. Ind. Eng.*, vol. 17, p. 19–41, 2017.
- [8] GAO, H.; KOCH, C.; WU, Y. “Building Information Modelling based building energy modelling: A review”, *Appl. Energy*, vol. 238, nº December 2018, p. 320–343, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.01.032.
- [9] ANDRADE M. L. RUSCHEL, R. C. “BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências”, *Simpósio Bras. Qual. do Proj. no Ambient. Construído*, nº October 2015, p. 602–613, 2009, doi: 10.4237/sbqp.09.166.
- [10] SMITH, P. “BIM & the 5D project cost manager”, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 119, p. 475–484, 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.053.
- [11] LAAKSO, P. “The IFC standard: a review of history, development, and standardization, information technology”, 2012.
- [12] SHIROWZHAN, S.; SEPASGOZAR, S. M. E.; EDWARDS, D. J.; LI, H.; WANG, C. “BIM compatibility and its differentiation with interoperability challenges as an innovation factor”, *Autom. Constr.*, vol. 112, nº January, p. 103086, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103086.
- [13] RUSCHEL, R.; VALENTE, C.A.V.; CACERE, E.; QUEIROZ S. R. S. L. “O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil”, *REEC - Rev. Eletrônica Eng. Civ.*, vol. 7, nº 3, 2013, doi: 10.5216/reec.v7i3.27487.
- [14] SOLANO, S. “Compatibilização de projetos na construção civil de edificações: Método das dimensões possíveis e fundamentais”, nº 2001, p. 2768–2773, 2005.
- [15] KUMANAYAKE R. P.; BANDARA, R. M. P. S. “Building Information Modelling (BIM); How it improves building performance”, *Int. Symp. Ensuring Natl. Secur. Through Reconcil. Sustain. Dev.*, nº August 2012, p. 357–365, 2012, doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- [16] ARAYICI, Y.; KHOSROSHAHI, F.; MARSHAL PONTING, A.; MIHINDU, S. “Towards implementation of building information modelling in the construction industry”, 2009.
- [17] PAIVA, D. C. S. P. “Uso do BIM para compatibilização de projetos: barreiras e oportunidades em uma Empresa construtora”, 2016.
- [18] AZHAR, S.; HEIN, M.; SKETO, B. “Building Information Modeling (BIM): benefits, risks and challenges”, 2007.
- [19] CARVALHO, P. M. P. “Análise estatística do estado de implementação da tecnologia BIM no setor da construção em Portugal”, 2016.
- [20] DOUMBOUYA, L. ; GAO, G. ; GUAN, C. “Adoption of the Building Information Modeling (BIM) for construction project effectiveness: the review of bim benefits”, *Am. J. Civ. Eng. Archit.*, vol. 4, nº 3, p. 74–79, 2016, doi: 10.12691/AJCEA-4-3-1.
- [21] MELHADO S. B. ; AGOPYAN, V. “O conceito de projeto na construção de

- edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle”, *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP*, vol. 5, São Paulo, p. 22, 1995.
- [22] KANER, I.; SACKS, R.; KASSIAN, W.; QUITT, T. “Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms”, *Electron. J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 13, nº January, p. 303–323, 2008.
- [23] GRILO A.; JARDIM-GONÇALVES, R. “Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments”, *Autom. Constr.*, vol. 19, nº 5, p. 522–530, 2010, doi: 10.1016/j.autcon.2009.11.003.
- [24] ADDOR, M. R. A. CASTANHO, M. D. A.; CAMBIAGHI, H.; DELATOREE, J. P. M.; NARDELLI, E. S.; OLIVEIRA, A.L.; “Colocando o “i” no BIM”, *Usjt - Arq.Urb*, vol. 4, p. 104–115, 2010, [Online]. Available at: http://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf.
- [25] NETTO, C. C. *Autodesk Revit Architecture 2018 conceitos e aplicações*. São Paulo: Saraiva, 2018.
- [26] SCHMID A. L.; AYRES FILHO, C.; “Testes iniciais do sistema de modelagem archicad como pré-processador para o sistema mestre de análise térmica, lumínica e acústica de edificações”, nº 1, p. 1697–1702, 2007.
- [27] BRAGA, P. R. “Universidade Federal da Bahia”, *Acta Bot. Brasilica*, vol. 9, nº 2, p. 315–318, 2015, doi: 10.1590/s0102-33061995000200011.
- [28] GUIMARÃES, D. É. P. “BIM e convencional”, *Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto*, 2019.
- [29] SILVA, F. Paulino de Andrade “Verificação automática dos requisitos de projetos da norma de desempenho pela plataforma Bim Solibri Model Checker”, *dissertação de mestrado UFMG*, 2017.
- [30] CARREIRÓ, D. C. et al., “Aplicação da metodologia BIM a um caso de estudo através do software Autodesk Navisworks”, 2017.
- [31] CAMPESTRINI, T. F. et al., “Entendendo BIM”, *Univ. Fed. do Paraná*, p. 50, 2015.
- [32] FREITAS, J. G. A. “Metodologia BIM – Uma nova abordagem, uma nova esperança”, *Diss. (Mestrado em Eng. Civil)*. Univ. da Madeira, p. 1–132, 2014, [Online]. Available at: <http://repositorio.uma.pt/bitstream/10400.13/745/1/MestradoGonçaloFreitas.pdf>.
- [33] SMITH, P. “BIM implementation – global strategies”, *Procedia Eng.*, vol. 85, p. 482–492, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.575.
- [34] KHADDAJ M.; SROUR, I. “Using BIM to retrofit existing buildings”, *Procedia Eng.*, vol. 145, p. 1526–1533, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.04.192.
- [35] SMITH, P. “BIM & Automated Quantities–Implementation Issues for the Australian quantity surveying profession”, *Proceedings 17th Pacific Assoc. Quant. Surv. Congr.*, vol. 17, nº 2013, p. 1–19, 2013.
- [36] SINAENCO. Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva, “Governo estabelece metas e prazos para Implementação do BIM”. <https://sinaenco.com.br/noticias/governo-estabelece-metas-e-prazos-para-implementacao-do-bim/>.
- [37] NARDELLI E. S.; TONSO, L. G. “BIM – Barreiras Institucionais para a sua Implantação no Brasil”, vol. 1, p. 408–411, 2014, doi: 10.5151/desprosigradi2014-0082.
- [38] MENEZES, G. L. B. B. “Breve histórico de implantação da plataforma BIM”, *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v.18, n.22, 21º sem, p. 152–171, 2011.
- [39] VOLPATO, M. P. “Modelagem, compatibilização de projetos e

- orçamentação de um edifício residencial através da Metodologia BIM”, 2015.
- [40] FAI S.; RAFEIRO, J. “Establishing an Appropriate Level of Detail (LoD) for a Building Information Model (BIM) - West Block, Parliament Hill, Ottawa, Canada”, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. II-5, n° 5, p. 123–130, maio 2014, doi: 10.5194/isprsannals-II-5-123-2014.
- [41] BAZJANAC, V. “IFC BIM-Based Methodology for Semi-Automated Building Energy Performance Simulation”, 2008.
- [42] VITÁSEK, S.; MATĚJKA, P. “Utilization of BIM for automation of quantity takeoffs and cost estimation in transport infrastructure construction projects in the Czech Republic”, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 236, n° 1, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/236/1/012110.
- [43] SATTINENI A.; BRADFORD, R. H. “Estimating with BIM: A survey of US construction companies”, *Proc. 28th Int. Symp. Autom. Robot. Constr. ISARC 2011*, n° June 2011, p. 564–569, 2011, doi: 10.22260/isarc2011/0103.
- [44] OLIVEIRA, M. R. “Potential of Building Information Modeling (BIM) system”, *Innov. Dev. Des. Manuf. - Adv. Res. Virtual Rapid Prototyp.*, p. 695–699, 2010, doi: 10.1201/9780203859476.ch108.
- [45] LAUBMEYER, L. A. DE SOUZA, S. ROBERTO, e L. DE AMORIM, “Impact from the use of BIM in architectural design offices: Real Estate”, vol. 4, n° November 2009, p. 26–53.