

Evolução tecnológica do desenvolvimento de projetos nos setores de engenharia civil e arquitetura

Technological evolution of project development in the sectors of civil engineering and architecture

DOI:10.34117/bjdv7n8-092

Recebimento dos originais: 05/07/2021

Aceitação para publicação: 05/08/2021

Caroline Tedesco Jovanovichs

Mestranda em Tecnologia das Construções e Estruturas
Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 156 – 3º andar – Sala 365 – Bloco D – São Domingos
Niterói – Rio de Janeiro – Brasil
E-mail: caroline.jovanovichs@gmail.com

Elie Chahdan Mounzer

Doutor em Ciência em Ciências dos Materiais
Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 156 – 3º andar – Sala 365 – Bloco D – São Domingos
Niterói – Rio de Janeiro – Brasil
E-mail: emounzer@yahoo.com.br

RESUMO

Este estudo propõe a apresentação da evolução tecnológica ocorrente nas últimas décadas na construção civil em relação ao desenvolvimento de projetos. Desta forma, realizou-se uma pesquisa bibliográfica referente à temática para embasamento do trabalho. O objetivo principal consistiu em explicar a contribuição desse progresso para os setores de engenharia civil e arquitetura até o presente momento, ressaltando ao mesmo tempo os desafios enfrentados no ramo para a consolidação da metodologia BIM (Building Information Modeling). Atualmente, a prática mais difundida e empregada para o desenvolvimento e compatibilização de projetos é realizada através da sobreposição dos diferentes projetos no software AutoCad, o qual apresenta suas limitações. O Revit trata-se de um software referência que atua como ferramenta de aplicação do BIM, o qual está apto a suprir as demandas não atendidas pelo AutoCad. Portanto, o BIM trata-se de um sistema de modelagem, o qual corresponde ao aprimoramento tecnológico mais atualizado existente no mercado da construção para a projeção de empreendimentos. A partir disso, é de suma importância a adaptação aos recursos avançados disponibilizados para que seja constante o aperfeiçoamento das práticas de projeção. Por isso, a realização de inúmeras compatibilizações virtuais possibilitadas pelo BIM durante a concepção e a viabilidade de determinada edificação possui relevante impacto positivo na eficiência, produtividade e qualidade que são incorporadas ao projeto e refletidas na execução.

Palavras-Chave: BIM, Compatibilização de Projetos, Desenvolvimento de Projetos, Revit, AutoCad.

ABSTRACT

This study proposes the presentation of the technological evolution that has occurred in the last decades in civil construction in relation to the development of projects. Thus, a bibliographic research was carried out regarding the thematic to support the work. The main objective was to explain the contribution of this progress to the civil engineering and architecture sectors until the present moment, while highlighting the challenges faced in the industry for the consolidation of the BIM (Building Information Modeling) methodology. Currently, the most widespread and used practice for the development and compatibility of projects is carried out through the overlapping of the different projects in the AutoCad software, which it has limitations. Revit is a reference software that acts as an application tool for BIM, which is able to supply the demands not attend by AutoCad. Therefore, BIM is a modeling system, which corresponds to the most updated technological improvement in the construction market for project planning. From this, it is extremely important to adapt to the advanced resources made available so that the improvement of projection practices is constant. Accordingly, the realization of countless virtual compatibilities made possible by BIM during the design and viability of a particular building has a relevant positive impact on efficiency, productivity and quality that are incorporated into the project and reflected in the execution.

Keywords: BIM, Compatibility of Projects, Project Development, Revit, Autocad.

1 INTRODUÇÃO

Entre um dos setores de maior relevância para o desenvolvimento socioeconômico de um país, destaca-se a construção civil. Desse modo, esse campo de atuação é composto por uma vasta quantidade de profissionais de diferentes especialidades que contribuem para o desenvolvimento de uma edificação. Associado a isso, intensifica-se a demanda pela elaboração de projetos em prazos cada vez menores e que atenda a exigência da manutenção e/ou elevação dos padrões de qualidade. Sendo assim, é deste cenário que surge a adoção de recursos computacionais de tecnologia avançada para que nenhum dos fatores mencionados sejam prejudicados.

É de conhecimento geral que, atualmente o campo de projetos atende a uma necessidade de desenvolvimento de obras muito maior que a sua capacidade de suporte físico e operacional. Em consequência disso, vê-se, a todo instante, a qualidade e o tempo de produção sendo colocados em questão de julgamento em face a sua conformidade nesse tipo de situação. Dado o exposto, é desse contexto que são geradas as falhas de projeto que perdurarão até a execução. Todavia, o implemento e utilização de ferramentas tecnológicas pode contribuir para a identificação antecipada de problemas para que estas irregularidades sejam devidamente sanadas (MARSICO et al.,2017).

Pode-se afirmar que, em razão da especialização de cada profissional em seu respectivo domínio para aprimoramento do conhecimento intrínseco, acarretou-se a segmentação dos projetos. Dessa forma, caracterizou-se o desenvolvimento de trabalho individualizado onde a comunicação e a integração de ideias foram afetadas e refletidas nos resultados. Por meio disso, originou-se a evolução tecnológica pela necessidade de aperfeiçoamento das técnicas construtivas de concepção e viabilidade de projetos para colaboração na reunião das informações e tomada de decisões eficazes, fazendo assim com que os erros construtivos sejam findados (GONÇALVES JUNIOR, 2016).

De acordo com isso, foi realizada a explanação da cronologia do desenvolvimento e adaptação dos projetos às intervenções das inovações tecnológicas. Portanto, foram expostos os benefícios proporcionados e as dificuldades encontradas ao longo das transições. Além disso, ter-se-á um enfoque maior nas últimas décadas que demarcam a ampla utilização do software AutoCad, que por consistir em uma abordagem geométrica apresenta limitações de visualização de interferências. No entanto, apesar de ocorrer certa resistência no ramo, aos poucos se dá a migração ao software Revit, sendo este condizente com a metodologia BIM (Building Information Modeling) reconhecida como a forma de processo mais atualizada no momento.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa fundamenta-se na realização de um levantamento bibliográfico baseado em uma revisão da literatura referente à evolução tecnológica ocorrente nos setores da construção no que diz respeito ao desenvolvimento de projetos nas últimas décadas. Esse tipo de método permite que sejam acopladas em determinado trabalho as observações e as constatações geradas sobre o assunto ao longo do tempo. Com isso, o estudo teórico desenvolvido tem como finalidade uma maior compreensão sobre os fatos, além de proporcionar um acréscimo de conhecimento. Assim, diante dos objetivos apresentados, como instrumentos para o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas consultas a banco de dados de teses e dissertações, matérias de jornais e revistas, artigos, livros, entre outras publicações de relevância sobre o tema abordado.

CRONOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Para um melhor entendimento sobre o assunto, é imprescindível saber como se deu a evolução dos processos em relação ao desenvolvimento de projetos. Ao longo do tempo, o mercado da construção foi tendo que se adaptar às mudanças ocorrentes de

acordo com o período histórico em vigência na época. Em virtude disso, nota-se que o contexto socioeconômico da sociedade demarca uma série de circunstâncias que promovem transformações na forma de desempenho do trabalho. Dessa maneira, foram relatados os fatores que influenciaram esse progresso até o atual estágio em que encontra-se esta categoria.

Por volta dos anos 1960, os profissionais possuíam conhecimentos suficientes sobre todas as áreas para desenvolvimento de um projeto, porém, foram percebendo que o aprofundamento coletivo era primordial e decidiram especializarem-se em segmentos específicos devido ao aumento registrado pela demanda imobiliária. Dessa maneira, poderiam executar vários projetos ao mesmo tempo e não apenas um por vez. Neste momento, atentando-se a necessidade de inserção de uma mentalidade industrial, buscaram romper barreiras que outros setores já haviam ultrapassado (SOUZA et al., 2009). Nesse sentido, os profissionais com conhecimentos generalizados das fases de uma obra foram-se perdendo com o passar dos anos (COSTA, 2013). Por fim, os projetos passaram a apresentar inúmeras incompatibilidades oriundas do processo de terceirização de serviços (MIKALDO JÚNIOR, 2006).

Ainda na década de 1960, os primeiros programas computacionais surgiram, já que até então a prática do desenho era realizada em pranchetas manualmente. Assim, essa transformação foi responsável pela digitalização dos projetos. No entanto, pouco agregou na forma de trabalho (BIRX, 2006). Já para Scheer et al. (2007), a adaptação ao uso do computador no meio foi considerada uma grande inovação, pois este equipamento necessitou do aprendizado sobre informática por parte dos profissionais. Segundo Ayres Filho (2009), foram esses programas iniciais de projeção digitalizada que introduziram a abordagem de modelagem geométrica aos projetos.

Com o passar dos tempos, o aumento por respostas causadas pelas pressões atuantes sobre as empresas de construção por efeito da globalização dos mercados na década de 1970, motivou a necessidade de ajustes nos processos para a manutenção e sobrevivência dos negócios. Foi então que, no final dos anos 1970, início dos anos 1980, surgiu o conceito de modelagem do produto. O principal objetivo desse conceito fez menção ao agrupamento das características espaciais do produto que correspondem as informações geométricas (forma, dimensão e posição), juntamente com as especificações não-geométricas (custo, resistência, peso, posição). Em 1980, derivou-se o termo BIM que retrata a reunião de dados genéricos de todo o ciclo de vida de um determinado empreendimento (KALE e ARDITI, 2005).

Apesar da Autodesk ser referência atualmente em programas de modelagem de projetos e de compatibilização, ela não foi a pioneira na tecnologia BIM. Em 1980, foi criado o software Allplan de uma empresa alemã denominada Nemetschek (COSTA, 2013). Foi em 1982 que o software AutoCad teve sua primeira versão e este foi considerado o predecessor da tecnologia BIM pela Autodesk (BLANCO E CHEN, 2014). No entanto, foi em 1984 que a Autodesk desenvolveu seu primeiro software com recursos BIM conhecido como MicroStation. Também, nesse mesmo ano foi lançado o Rada CH com o método BIM pela empresa Grafisoft, que em sua segunda versão em 1986 passou a ser denominado ArchiCAD. Em meados de 1990, a Autodesk criou o software Revit, considerado a evolução mais recente da construção civil no campo de desenvolvimento de projetos (COSTA, 2013). Essencialmente ele faz o que o ArchiCAD e o Allplan faziam anteriormente, entretanto, é adotado estrategicamente por empresas com forte apelo comercial na modelagem de produto (EASTMAN et al., 2008).

Quando pensamos sobre a forma de elaboração e compatibilização de projetos, o programa mais utilizado é o AutoCad 2D (bidimensional) através da organização das informações em camadas (layers) e de sobreposições dos elementos para a verificação de interferências (GIACAGLIA, 2001). No entanto, esse tipo de análise depende exclusivamente da capacidade de imaginação espacial e da atenção refinada aos detalhes pelo projetista, retratando assim, um trabalho desgastante. Também, acrescenta-se que algumas incompatibilidades só são vistas em uma perspectiva 3D (tridimensional) em razão de sua profundidade, como por exemplo, interferências derivadas pelas sobreposições entre tubos e eletrodutos dos projetos elétricos e hidrossanitários (COSTA, 2013). Ferreira e Santos (2007) afirmam que, a visualização em planta baixa serve apenas para enxergar parte de uma informação do projeto em um ponto específico escolhido como base referencial, e que esta interpretação se realizada erroneamente pode comprometer a qualidade do trabalho em uma das etapas do processo de compatibilização.

Neste período, com o intuito de aumentar o número de informações e de ocasionar uma melhoria significativa na idealização do projeto, foi acrescentada a terceira dimensão (3D) ao AutoCad (SCHEER et al., 2007). Desse modo, possibilitou a geração de maquetes eletrônicas, as quais, no entanto, tinham um cunho voltado mais para processos industriais do que para edificações em si. Neste formato, o volume total dos elementos é formado a partir da extrusão dos elementos em 2D. Devido ao citado anteriormente, foi então que surgiu o Revit com sua perspectiva virtual em 3D voltada para a construção, onde seu

produto é resultado da modelagem de seus elementos constituintes (COSTA, 2013). Partindo desse contexto, Crespo e Ruschel (2007) descrevem que o BIM é a nova geração das ferramentas CAD de maneira mais inteligente e que são orientadas para a gestão da construção contribuindo assim ao setor nas questões de colaboração, reutilização da informação, engenharia simultânea e interoperabilidade.

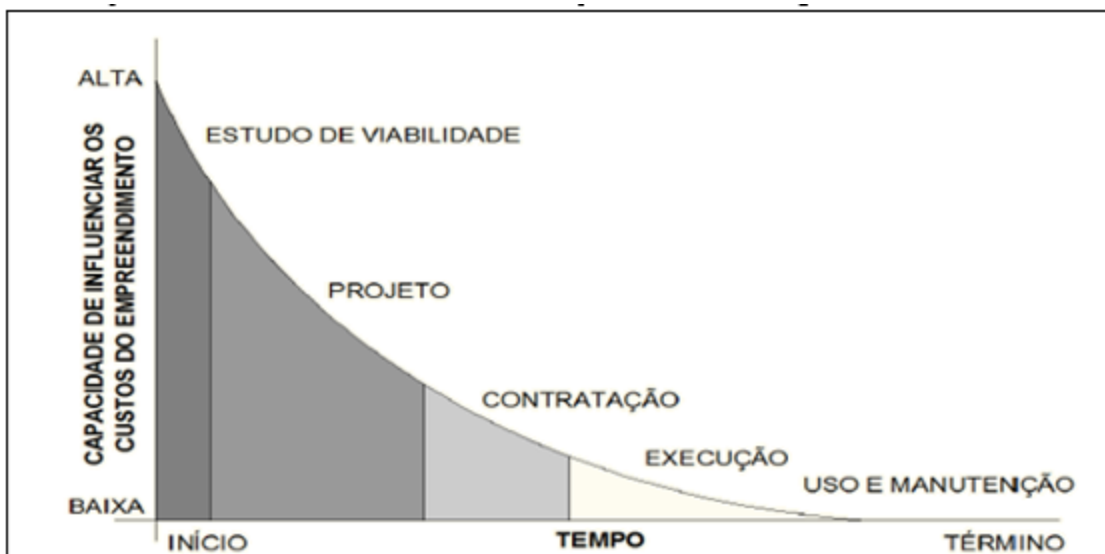
Sabe-se que o projeto de um empreendimento é composto pela junção de projetos das diversas especialidades que o compõem e que a prática de confronto entre esses inúmeros elementos é denominada de compatibilização de projetos. Através disso, são expostos os erros entre os modelos que devem ser alterados e adaptados para adequação aos demais, sendo este um processo repetitivo até que sejam eliminadas todas as incompatibilidades entre os sistemas.

Melhado (2005) aponta que, a capacidade de contribuição para a melhoria de soluções é minimizada quando efetuada a compatibilização somente após a conclusão de todos os projetos. Consequentemente, muitas distorções passaram despercebidas, enquanto que, apenas eventuais inconsistências eram encontradas e reparadas. Em vista disso, verificou-se que intervenções eficientes eram resultado da integração e compartilhamento de ideias desde a concepção até a conclusão dos projetos desenvolvidos em paralelo. O autor relata ainda que, o surgimento de erros é potencializado pelo adiamento da tomada de decisões que podem impactar em desperdícios em todas as vertentes e ditar a qualidade do produto final. Logo, o projeto deve ser priorizado inicialmente, demandando de um tempo maior em sua produção para a otimização da execução. Isto posto, a existência de falhas nos projetos ocasionam retrabalhos que impactam na racionalização da obra.

Conforme Mikaldo Júnior (2006), a necessidade de coordenação e compatibilização emergiu do distanciamento dos profissionais envolvidos entre o projeto e a execução. Apesar de serem destacáveis os esforços para a consolidação do BIM ao mercado por parte dos fabricantes dos softwares, o setor apresenta muita resistência (BAZJANAC, 2004). Kymmell (2008) sustenta que, a evolução para o sistema BIM por parte da indústria da construção só será efetiva quando a sua implantação for considerada um diferencial ou tornar-se uma exigência na área. Além disso, é indispensável que haja uma integração entre os projetistas e uma reestruturação dos procedimentos neste ramo para que seja facilitada a adaptação e desde o princípio aproveitada em sua máxima aplicabilidade (JUSTI, 2008).

Ao refletir acerca dos empreendimentos realizados pelo mundo, percebe-se que as obras que são concluídas em tempo recorde de execução são reproduzidas em países que valorizam o processo do projeto. Deste jeito, destinam um tempo maior de enfoque na elaboração do projeto e, com isso, conseqüentemente diminuem significativamente o tempo de execução. Com a posse de sistemas e técnicas construtivas inovadoras de tecnologia de ponta, promovem a elaboração de um planejamento aperfeiçoado. Entretanto, no Brasil, muitas obras começam antes mesmo de existir qualquer tipo de concepção inicial do projeto (COSTA, 2013). Em razão disso, evidencia-se o descaso de cuidado com a fase projetual realizada após o início da executiva. Por esse motivo, observam-se as dificuldades no ramo e o surgimento de inúmeros problemas pela falta de gerenciamento adequado (SOUZA et al., 1995). A seguir, é apresentado um gráfico que exprime a capacidade de influência nos custos de um empreendimento ao longo do tempo em comparação com o processo de compatibilização efetuado em fases distintas.

Gráfico 1 - Capacidade de influência nos custos de um empreendimento ao longo de suas fases.



Fonte: Adaptado de CII (1987) apud Costa (2013).

Pelo gráfico, percebe-se que o comportamento observado nesta análise é classificado como exponencial. Em face do exposto, interpreta-se que a capacidade de influenciar os custos de determinado empreendimento em sua fase inicial de estudo de viabilidade e projeto é alta, ou seja, qualquer reconfiguração é facilmente realizada em razão de se tratar apenas de um escopo do futuro projeto. Entretanto, essa capacidade de influência é reduzida a menos que a metade conforme o avanço para a fase de contratação. Por fim, nas etapas executivas qualquer tipo de mudança possui uma capacidade

extremamente baixa de influenciar no custo do empreendimento em relação às anteriores, até que nas etapas de uso e manutenção da construção seja praticamente reduzida à zero.

Atualmente, os projetos são ainda muito desenvolvidos no AutoCad 2D e com os registros memoriais descritos em documentos de textos, sendo reconhecido como o método tradicional de produção (BAZJANAC, 2004). Esse software trata-se do programa mais difundido e adotado na construção civil para a elaboração de todos os tipos de projetos. Não obstante, com a existência de diversos documentos técnicos de cada especialidade é provocada a fragmentação da informação (GOES, 2011). Para Callegari (2007), a medida de correção adotada não é funcional para o conjunto de sistemas quando a elaboração dos projetos é realizada separadamente, sendo aplicável pontualmente em determinado caso específico para uma exclusiva especialidade. Com isto, podem ser ocasionadas perdas de desempenho global em toda a cadeia construtiva. Em face ao exposto, o processamento e o compartilhamento de dados deve ser realizado por todos os projetistas mutuamente.

Segundo Callegari (2007), a compatibilização promove a retroalimentação dos projetos, ao mesmo tempo que, propõe soluções que tenham eficiência ampla para o conjunto. Para isso, a elevação da qualidade do projeto depende do entrosamento dos profissionais pela busca incessante da melhoria contínua do produto. Assim, uma nova etapa será demarcada na produtividade da construção civil pela conexão entre os elementos que o BIM vincula, com a minoração de problemas construtivos que poderiam incitar o surgimento de manifestações patológicas. Em resumo, as patologias construtivas são menos propensas de terem seu estopim registrado devido ao conhecimento adquirido por cada profissional ao longo de sua carreira.

A metodologia BIM é uma plataforma que faz uso da tecnologia de informação de maneira interligada com as diversas etapas de um projeto, consistindo assim, em uma ferramenta de suporte no desenvolvimento do produto (AYRES FILHO, 2009). De acordo com Clayton (2008), o BIM é descrito como um sistema organizacional e operacional que demanda da constante interação e conectividade dos projetistas, definindo assim um inovador formato de comunicação de sucesso.

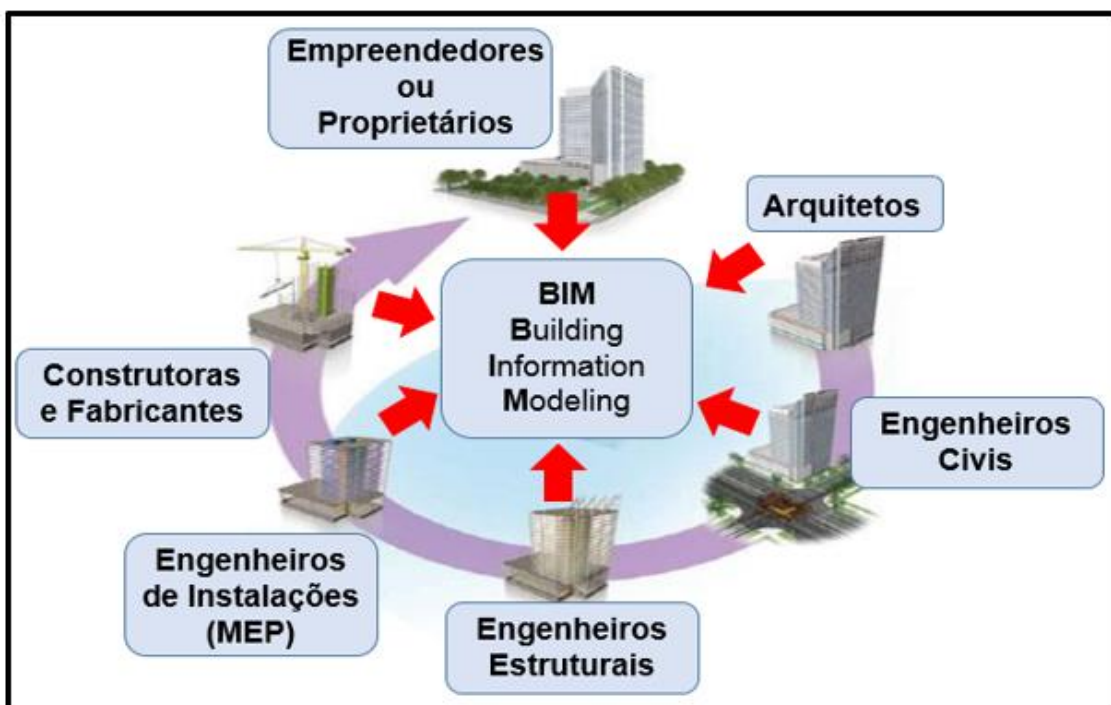
BIM E SUAS VANTAGENS

Esse tipo de metodologia é conhecido como Modelagem da Informação da Construção, mas também pode ser identificado, por analogia, como Modelo Paramétrico da Construção Virtual (TSE et al., 2005). É aplicada por meio de softwares de desenhos

para a representação de elementos projetuais através da associação de informações geométricas a outros atributos. Assim, o BIM constitui-se em uma plataforma tecnológica que tem como alvo proporcionar a construção de um modelo parametrizado do projeto que é facilmente compartilhado para acesso e comunicação entre os diversos integrantes que contribuem para o desenvolvimento de todo o processo (EASTMAN et al., 2008).

O sistema BIM é elaborado por um processo automatizado que atua como um instrumento eficiente de gestão no gerenciamento do fluxo de trabalho de acordo com o National BIM Standards Committee (NBIMS, 2007). Além disso, a capacidade de oferta de partilha de dados do empreendimento em um único modelo de arquivo digital integrado é reconhecido como o benefício chave de toda a metodologia para acompanhamento dos ciclos de vida de todas as construções (CRESPO E RUSCHEL, 2007). Desta forma, na Figura 1 é representada a dinâmica do ciclo de vida de um projeto desenvolvido em um software BIM formado por todos os responsáveis envolvidos no processo.

Figura 1 - Ciclo de vida de um projeto BIM



Fonte: Pereira (2010) adaptado pela autora.

Para Campbell (2007), o BIM é a ferramenta capaz de acabar com a fragmentação existente no mercado da indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). Por isso, os resultados são esboçados na produtividade, a qual garante um bom desempenho pela eliminação de ineficiências e redundâncias entre diversos arquivos existentes

incompatíveis entre si. De acordo com Ibrahim et al. (2004), a expansão do BIM pode contribuir positivamente no setor para atendimento de serviços específicos com o surgimento de novos programas que possam aprimorar e complementar os recursos já ofertados.

O procedimento de compatibilização consiste na prática repetitiva de inúmeras iterações entre as análises realizadas e seus posteriores resultados refinados até que se atinja o parâmetro desejado de qualidade (LOCKHART E JOHNSON, 2000). Dessa forma, o BIM é a ferramenta que fomenta essa compatibilização em todas as etapas de uma construção promovendo melhoria contínua durante todo o processo (NOVAES, 1998).

Segundo Souza et al. (2009), o BIM permite a realização de renderizações do projeto para ilustração do formato do empreendimento aos clientes, além de reduzir a preocupação com a representação gráfica, sendo esta já predefinida pelo programa. Ademais, o BIM se aplica à diferentes tecnologias existentes entre os setores da construção civil, como simulações de energia, planejamento e revisões, gerenciamento de projetos, gestão de manutenção, construção, entre outras análises de engenharia que englobam o propósito de suporte da plataforma (AHN et al., 2013).

De acordo com Blanco e Chen (2014), um impacto positivo gerado pela metodologia é a mudança na forma de colaboração e de comunicação durante o desenvolvimento dos projetos. Através dessa transformação, constatou-se um aumento motivacional na equipe para desempenho de suas funções. Esta também influência consideravelmente no registro de dados referentes ao empreendimento de forma mais contemplativa de informações relevantes para a execução com posteriores questionamentos que até então eram solicitados nos canteiros de obras pelos profissionais para os projetistas pela falta de descrição e de detalhamentos.

O BIM também atua como uma plataforma de suporte para o trabalho realizado à distância, promovendo assim, a troca de informações em conjunto mesmo que existirem barreiras ao contato pessoal no ambiente de trabalho (EASTMAN et al., 2014). Ao mesmo tempo, por ser integrante da plataforma Autodesk, apresenta compatibilidade com o AutoCad e vice-versa. Segundo Costa (2013), são produzidos automaticamente pelo software documentos gráficos e textuais. Dessa forma, relatórios que consistem em plantas, cortes e fachadas são classificados como elementos gráficos. Já os relatórios que apresentam indicativos de listas de quantitativos de materiais, entre outros, são definidos como textuais.

A propriedade paramétrica de um elemento permite a sua mudança de comportamento. No AutoCad, a representação de qualquer elemento desenhado consistia apenas na junção de elementos geométricos que correspondiam a determinados objetos existentes em uma edificação. Pelo contrário, no BIM essa representação é transformada em um atributo que possui características próprias, onde a sistematização promove a compreensão do objeto como ele realmente é em sua essência. Através do BIM, o cliente pode visualizar se cada detalhe do projeto está de acordo com as suas expectativas (KOWALTOWISKI et al., 2011).

Para Oliveira (2005), a facilidade de visualização da edificação permite a geração de diversas vistas e cortes que possibilitam a diminuição dos problemas futuros devido a antecipação das definições do projeto. Também proporciona o oferecimento de novos produtos e serviços para os clientes que são fornecidos pelo próprio programa, como por exemplo, imagens e vídeos personalizados, entre outros já mencionados. Por isso, a modelagem retratada facilita no processo de compatibilização, melhora a organização das informações e provoca uma elevação no índice de qualidade (SOUZA et.al, 2009).

Na Tabela 1, são apresentados alguns dos softwares que possuem a tecnologia BIM associados de acordo com as suas respectivas disciplinas de projeto.

Tabela 1 - Softwares compatíveis com a metodologia BIM.

DISCIPLINAS DE PROJETO	FERRAMENTAS BIM
ARQUITETURA	Revit Architecture
	ArchiCAD
	Vectorworks Architect
	Bentley Architecture
	Gehry Digital Project
	DDS-CAD Architect
ESTRUTURA	Tekla Structures
	Revit Structure
	CAD/TQS
	Bentley Structural
	Allplan
	StruCAD
	ScaleCAD
	ProSteel 3D
ELÉTRICA	Revit MEP
	AutocaCAD MEP

	ArchiCAD MEP
	Bentley Mechanical Systems
	MagiCAD
	DDS-CAD Electrical
HIDRÁULICA	Revit MEP
	ArchiCAD MEP
	Bentley Mechanical Systems
	MagiCAD
	DDS-HVAC
GERENCIAMENTO DE PROJETOS	Navisworks
CONSTRUÇÃO	ArchiCAD Constructor and Estimator
	DDS-CAD Building
GESTÃO DE MANUTENÇÃO	Bentley Facilities
	ArchiFM
	Rambyg
	Vizelia

Fonte: Adaptado de Goes (2011).

Segundo Florio (2007), uma das principais vantagens das ferramentas BIM que propicia fluidez e eficiência no projeto pela capacidade de atualização automática dos objetos em todos os desenhos que este esteja presente, caracterizando assim, otimização da produtividade é a propriedade de modelagem paramétrica. Os autores Oliveira e Fabricio (2009), acrescentam ainda que essa parametrização permite a exploração de muitas alternativas de visualização do projeto para apresentação ao cliente. Assim, esta apresentação é realizada de forma bem realística se comparada com a gerada pelo AutoCad. Ademais, qualquer tipo de mudança realizada no AutoCad necessita do redesenho e/ou modificação em todos os arquivos que esta contemple, gerando refações que dependem tempo. Nesse contexto, o BIM facilita a geração das perspectivas, além de facilitar a adequação das escalas, indicações e tamanhos de textos de acordo com o desejado (EASTMAN et al., 2008).

Conforme Campbell (2007), as vantagens do BIM são: possibilidade de simulação digital do empreendimento; a representação espacial em 3D; a quantificação da informação; a acessibilidade permitida pelo sistema; a aplicação durante todo o ciclo de vida do edifício; e, por fim, a facilidade de compreensão das informações reproduzidas. Birx (2006), cita como benefícios do uso do BIM, o aumento da qualidade e de detalhes ao projeto, o auxílio favorável na gestão dos projetos, o maior controle dos dados, a

redução da carga horária por projeto e a expansão de atuação no mercado por parte da empresa.

As modelagens realizadas no BIM permitem que as dificuldades de execução da obra sejam antecipadas, bem como a definição do lugar adequado para depósito e armazenagem de materiais devido as diversas simulações virtuais que são geradas no canteiro de obra, as quais contemplam todos os cenários que esta pode sofrer alterações. Portanto, o software indica soluções integradas adequadas as diversas áreas por meio da análise minuciosa das interferências entre os elementos (GONÇALVES JUNIOR, 2016).

Distingue-se, entre as outras práticas, a facilidade de geração do levantamento de quantitativos para as estimativas de custos totais obtidos na obra, como uma tarefa simplificada pelo programa, visto que no AutoCad esta análise era imprecisa e contava com a atenção do calculista que assumia uma grande responsabilidade sobre esses dados e que precisava de um maior tempo para a realização de diversos cálculos. No BIM, as chances de erros por esquecimento durante as contagens dos elementos são nulas pois as informações são quantificadas pelo próprio programa, além de reproduzir valores mais coerentes com a realidade do projeto (MANNING E MESSNER, 2008; SOUZA et al., 2009).

Entre uma das ferramentas mais conhecidas e utilizadas para disseminação do BIM, tem-se o Revit. Esse software é amplamente empregado pois contempla a maior quantidade de especialidades que podem compor um empreendimento em um único programa. Destas podem ser citadas: arquitetura, estrutura e instalações (mecânicas, elétricas e hidráulicas). Assim para cada tipo de disciplina existe um arquivo inicial com configurações básicas para auxílio na execução da respectiva modelagem. Os arquivos gerados possuem extensão .rvt. O programa também é responsável pela geração de informações em tabelas que podem ser exportadas para outras plataformas de análise em formato HTML (Hyper Text Markup Language) e .TXT (texto). Também permite a exportação em formato IFC (Industry Foundation Classes).

O Revit quando empregado em uma situação ideal, isto é, por todos os profissionais de forma igualitária, possibilita o desenvolvimento de um único modelo pela forma de trabalhar colaborativamente da equipe de projeto. Assim sendo, quando cada profissional realizar alguma modificação esta será atualizada no banco de dados da central do servidor, que sinalizará para cada membro integrante da equipe de projeto que deverá analisar e permitir a alteração ou propor uma nova alternativa. Com isso, pode-se concluir que todos estejam bem informados e que somente com a validação do grupo seja alterado

determinado ponto revisado. Esse tipo de alerta só é disponibilizado nas versões “Legais”, ou seja, adquiridas de forma paga na plataforma Autodesk. Entretanto, a plataforma também fornece versões estudantis para testes gratuitos por determinado tempo mas que não possuem todas as ferramentas habilitadas e funções incluídas (ROSENMAN et al., 2007). Além de tudo, esse sistema de suporte operacional projetual destaca aonde existem interferências entre os projetos, promovendo assim várias compatibilizações e facilitando o trabalho do projetista.

ENGENHARIA SIMULTÂNEA E INTEROPERABILIDADE

Falando sobre a metodologia BIM, é impossível não comentar sobre os processos de engenharia simultânea e questões de interoperabilidade. Ambos os conceitos encontram-se atrelados e são imprescindíveis para o desempenho e efetividade da cadeia produtiva no desenvolvimento de projetos. Dessa maneira, o BIM demonstra que trata-se de um avanço tecnológico que veio para transcender os limites existentes no setor construtivo.

Dentro do universo BIM, a temática de engenharia simultânea é desenhada pela possibilidade de intervenções nos projetos e pela transmissão em paralelo para todos os agentes (CHECCUCCI et al., 2011). Classifica-se como uma técnica gerencial que possui como suporte operacional a tecnologia da informação (SOUZA et al., 2009). Para Callegari (2007), esse conceito é responsável pela valorização e agilidade no processo de desenvolvimentos de projetos. Sustenta-se em uma forma de trabalho que exige a cooperação de todos os agentes para a redução do tempo de execução e a garantia da qualidade do produto (FERREIRA E SANTOS, 2007). Assim sendo, o BIM facilita a aplicação da engenharia simultânea.

Foi pelo surgimento de muitos arquivos em diferentes formatos, que veio a necessidade da criação de uma plataforma operacional de suporte que englobasse todas essas variações e que possibilitasse a adaptação dessas informações para o compartilhamento (CRESPO E RUSCHEL, 2007). A partir disso, o termo interoperabilidade é associado a capacidade de troca de dados entre aplicativos distintos (EASTMAN et al., 2008). De acordo com Gonçalves Junior (2016), é a condição vital para a interação entre os modelos. Também, facilita a criação de padrões que permitem o intercâmbio entre aplicativos ao mesmo tempo que mantém o sentido dos objetos e a integridade dos dados (CHECCUCCI et al., 2011 e KYMMEL, 2008).

O IFC (Industry Foundation Classes) é o formato padrão usado para o intercâmbio de arquivos, empregado pelos softwares BIM (LIMA, 2011). Trata-se de um padrão neutro que em um modelo numérico permite a representação de todo o empreendimento através de classes que decompõem os elementos em partes. Essas partes são as relações, geometria e propriedades que podem ser associadas (CAMPBELL, 2007). Informa-se que empresas de vários lugares do mundo estão se unindo para desenvolverem um dicionário universal, o IFD (Internacional Framework Dictionary) o qual seria compatível com o já existente IFC (COSTA 2013).

A automatização do BIM é um instrumento de gestão para gerenciamento do fluxo de trabalho. Portanto, é de suma importância a introdução da engenharia simultânea para que o progresso organizacional seja difundido e, também, o conceito de interoperabilidade para a centralização de dados (CHENG e LAW, 2002).

DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO E/OU CONSOLIDAÇÃO DO BIM

Em geral, por tratar-se de um avanço tecnológico no setor de projetos da construção civil, são inúmeros os fatores que podem interferir durante a transição do AutoCad 2D para o BIM. Desse modo, serão apresentados os obstáculos que devem ser superados para que a metodologia seja implementada e futuramente consolidada no mercado.

Para Nascimento e Santos (2003), a principal condicionante que dificulta a implantação dessa tecnologia no Brasil é a resistência a mudança, sendo esta muito persistente até que não possa ser mais adiada como meio de distinção de forma de trabalho. Também destacam que a escassez de mão de obra especializada está associada com a necessidade de treinamento de pessoal, além do alto investimento com a aquisição de novos equipamentos. Assim sendo, a metodologia BIM requer de uma nova forma de administração dos agentes envolvidos no processo (JUSTI, 2008). Conforme Bazjanac (2004), a ausência de recursos financeiros suficientes e a falta de tempo para realizar em paralelo essa mudança com o ritmo de trabalho existente são as causas que impedem essa reformulação dentro das empresas.

De acordo com Kymmell (2008), a capacidade de apontamento das incompatibilidades encontradas por meio da visualização em 3D, resgata a necessidade de soluções rápidas a serem adotadas em cada interferência registrada, sendo esta vista como uma barreira pelos projetistas que não estão adaptados ao trabalho em equipe e interativo. Além disso, os projetistas devem possuir um nível de conhecimento geral do

projeto para a tomada de decisão mais assertiva com o esperado como produto final. No entanto, o Brasil ainda desvaloriza o tempo de projeto, o corresponde ao caminho oposto perante a modernização dos negócios (GONÇALVES JUNIOR, 2016). Cita-se também que, a recompensa pela reestruturação para as organizações não é imediata diante do custo global da construção (JACOSKI E LAMBERTS, 2002).

Outra grande barreira observada pelos muitos escritórios de projetos que já projetam no BIM é que muitas informações são perdidas na conversão dos arquivos para DWG e vice e versa. Dessa maneira, a transmissão completa ocorre somente ao que restringe-se ao modelo arquitetônico, não havendo assim uma plena compatibilidade de envio de todos os dados. Isso se dá, pela relutância de alguns dos profissionais na modificação do processo de projeção pelo medo da introdução de uma nova inovação tecnológica (SOUZA et al., 2009). Campbell (2007) explica que isso acontece pelo isolamento dos projetistas que já o utilizam e não repassam seus conhecimentos adiante, promovendo o uso parcial da capacidade de desempenho do software.

O desenvolvimento de mão de obra especializada é dificultado também pela “distância tecnológica”, sendo este condizente com o ensino do BIM pelas universidades e a realidade do mercado de trabalho de projeto (JACOSKI, 2005). A maioria dos alunos de arquitetura e engenharia aprendem a utilizar apenas o AutoCad 2D, onde muitas vezes não é focado para a modelagem do produto e nem direcionado para a construção (SCHEER et al., 2007). Segundo Birx (2006), os poucos professores que oferecem treinamento em BIM são novatos no setor.

Por parte dos fabricantes e fornecedores de produtos, apresenta-se a necessidade de disponibilização de catálogos em formato neutro para a disposição dos projetistas a possibilidade de download dos elementos com todas as especificações necessárias para escolha do objeto adequado ao uso no respectivo projeto. Logo, o tempo gasto com a modelagem do produto pelo projetista seria extinto e também seriam inseridos elementos mais semelhantes aos disponíveis no mercado. Por consequência, as marcas fabricantes teriam a responsabilidade de efetuar a atualização periódica de seus produtos (IBRAHIM et al., 2004). No Brasil, a Deca e a Tigre que são empresas referências do ramo já disponibilizaram bibliotecas de componentes para projetos hidrossanitários no Revit, permitindo o download do aplicativo direto no site.

Surge nesse panorama também, um questionamento referente ao pertencimento do modelo de projeto produzido. É imprescindível que, sejam formulados contratos que garantam os direitos dos projetistas sobre os aspectos legais do BIM e à autoria do

conteúdo projetado, além de permitir modificações constantes, inserção de novas informações e o acesso amplo para todos os membros envolvidos no processo (KYMMEL, 2008). Por efeito disso, surge também a preocupação sobre quem deve pagar e/ou receber os serviços e quem é o responsável pelas correções (EASTMAN et al., 2008).

Em uma pesquisa realizada por Souza et al. (2009), o custo elevado dos softwares BIM foi a principal dificuldade apontada em virtude de cada máquina necessitar de uma licença individual. Já no estudo de Blanco e Chen (2014), os desafios que algumas empresas ressaltaram foi à falta de adaptação do software aos padrões construtivos nacionais e também o tamanho dos arquivos gerados que ficam muito pesados e dificultam o processamento dos dados para download.

Dessa forma, com a terceirização dos trabalhos, as diferenças físicas e econômicas entre os fornecedores de serviço, limita a possibilidade de acesso ao avanço tecnológico e reflete no nível de aperfeiçoamento de técnicas entre os profissionais. Em resumo, quando não se ocorre o mesmo investimento em todos os âmbitos é impossível que sejam encontrados os mesmos resultados. Com isso, caracteriza-se o cenário onde o BIM somente é utilizado por um dos profissionais envolvidos e os demais seguem as técnicas convencionais de projeto em desenho 2D (COSTA, 2013). Como consequência, nota-se que o modelo BIM ainda é subaproveitado no ramo da construção civil (SOUZA et al., 2009).

3 CONCLUSÃO

Mediante o exposto, conclui-se que da última metade do século XX até o momento atual ocorreram inúmeras transformações no cenário de desenvolvimento de projetos, tanto na forma conceitual, quanto da implementação de recursos tecnológicos. Com isso, percebeu-se que o setor da construção civil está sempre suscetível a acompanhar e atender as demandas impostas pela sociedade no período em questão, tendo assim, que adaptar-se constantemente. Apesar de dispor-se de ferramentas digitais de plataformas mais modernas e que facilitam a realização de compatibilizações entre os diversos projetos integrantes de determinado empreendimento, esse segmento insiste em continuar adotando o processo em uma perspectiva restrita em 2D, mais especificamente, utilizando o software AutoCad.

Com base no enunciado anteriormente, constata-se que a dificuldade de implementação e consolidação da metodologia BIM vivenciada hoje em dia possui a mesma resistência sofrida pelas transições anteriores já ocorridas no ramo. Portanto, faz-

se imprescindível investimentos em aperfeiçoamento de pessoal e equipamentos adequados, remodelação organizacional e padronização de procedimentos, além de contar com a contribuição governamental que incentive e propicie condições favoráveis para essa transformação do mercado. Com isso, serão minimizados e/ou findados muitos dos problemas que o método tradicional tem como limitante.

A metodologia BIM tem como finalidade promover o controle das fases de projeto e execução, resgatando assim elementos essenciais de trabalho em conjunto, como a colaboração e a comunicação. Além disso, facilita o compartilhamento de informações em um único arquivo aumentando consideravelmente a eficiência da cadeia produtiva. A incorporação do BIM é de suma importância no Brasil, visto que trata-se de um dos países com maiores índices de retrabalhos e desperdício de materiais, sem contar ainda com os atrasos significativos de cronograma para entrega de suas obras. Inclusive, isso tudo é proveniente do gerenciamento falho que evidencia o déficit da qualidade e da produtividade nesses empreendimentos.

Em suma, a modelagem realizada no BIM tem como potencial proporcionar a simulação da construção virtual da edificação de forma idêntica ao modo de construção real. Por conta disso, durante toda a evolução do projeto são apresentados os pontos em desconformidades para adaptação, destacando a confiabilidade no processo de compatibilização possibilitada pela plataforma. Somando-se a isso, a visualização espacial em 3D promove o discernimento em relação à profundidade dos elementos, facilitando a identificação de incompatibilidades entre os diversos sistemas em relação às alturas de cada tubulação e/ou eletrodutos. Dessa forma, o profissional consegue viabilizar a melhor forma de resolver cada interferência encontrada.

Entende-se que o BIM tem muito a agregar no setor da construção civil e que para isso é mister que todos os profissionais das diversas especialidades estejam aptos a trabalhar com esse método para o máximo aproveitamento da capacidade e desempenho da ferramenta. Ademais, permite o enfoque exclusivo no desenvolvimento do projeto em si em virtude de sua capacidade paramétrica, enquanto que, o AutoCad necessita de modificações pontuais em todas as instâncias que a compreendam, acarretando no desperdício de tempo com refações desnecessárias. Sabe-se que quanto mais tempo for utilizado para projetar, evita-se que problemas surjam durante a execução que possam impactar no planejamento realizado.

Resumidamente, o BIM realça a importância da prática da compatibilização de projetos a cada momento de sua criação em busca pela constante atualização da melhor

versão para o projeto em conformidade com todos os sistemas que a engloba. Levando-se em conta o citado, são evitados todos os possíveis transtornos financeiros e temporários que poderiam ocorrer na edificação. Além disso, evidencia-se o consequente destaque à redução de patologias nas obras.

Em vista dos argumentos apresentados, é imprescindível que sejam minimizados os impactos ainda em fase de projeto para que sejam evitadas sobreposições de elementos, locações inadequadas, tubulações e condutos passando sobre as esquadrias e/ou em elementos estruturais em áreas impróprias, entre outros erros grotescos, os quais tiveram seu estopim marcado por decisões individuais buscando o atendimento das necessidades exclusivas de uma única especialidade sem levar em consideração as demais disciplinas existentes no específico projeto. O mercado está cada vez mais rígido, fazendo com que os profissionais modifiquem suas práticas e se atualizem às novidades tecnológicas, pois incoerências não serão mais admitidas por parte dos clientes. Em vista disso, o profissional que busca pelo aperfeiçoamento constante das técnicas tem grandes chances de se destacar entre os demais.

Finalmente, é interessante que cada vez mais sejam comentadas as benfeitorias que o BIM detém sobre o desenvolvimento de projetos, para que concomitantemente sejam explícitas também as adversidades retratadas. Com isso, serão apresentadas novas soluções e possibilidades que estarão a disposição de quem quiser aderir a metodologia. Em síntese, quando ocorre o interesse por uma tecnologia voltado por uma grande parte do mercado consumidor, são fornecidas facilidades para acesso ao meio. Em conclusão, também surgiram novos aprimoramentos que buscaram resolver algumas lacunas que não foram preenchidas, como a ampliação da interoperabilidade sem perda de fragmentos dos dados partilhados. É de extrema relevância que a implementação e a apropriação do uso do BIM pelos setores da construção civil sejam efetivadas o quanto antes para a ampliação da forma de gerenciamento dos trabalhos e para a elevação da qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

AHN, Y. H.; CHO, C. S.; LEE, N. **Building Information Modeling: Systematic Course Development for Undergraduate Construction Students**. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. p. 290-300. 2013.

AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BAZJANAC, V. **Virtual Building Environments (VBE) - Applying Information Modeling to Buildings**. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California. U.S.A., 2004.

BIRX, G. W. **Getting started with Building Information Modeling**. The American Institute of Architects - Best Practices, 2006.

BLANCO, F, G. B.; CHEN, H. **The implementation of Building Information Modelling in the United Kingdom by the Transport Industry**. The 9th International Conference on Traffic & Transportation Studies (ICTTS). Procedia - Social and Behavioral Sciences 510 - 520. 2014.

CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CAMPBELL, D. A. **Building information modeling: the Web 3D application for AEC**. In: Proceedings of the Twelfth international Conference on 3D Web Technology (Perugia, Italy, April 15 - 18, 2007). ACM, New York, NY, 173-176.

CHECCUCCI, E. S; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM A. L. **Colaboração e Interoperabilidade no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM)**. In: Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, XV Congreso Sigradi. Santa Fé, 2011.

CHENG, J.; LAW, K.H.. **Using Process Specification Language for Project Information Exchange**. The 3rd International Conference on Concurrent Engineering in Construction. University of California: Berkeley, p. 63 - 74, 2002.

CLAYTON, Mark J. **Downstream of Design: Lifespan Costs and Benefits of Building Information Modeling**. In: AIA CONVENTION TAP CONFERENCE, A&M Texas, 2008.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Ouro Preto, 2013.

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** John Wiley and Sons, 2008.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Livro traduzido. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. **A percepção de interferências espaciais através de desenhos 2D e modelos 3D por profissionais de projetos de edifícios.** WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Curitiba: UFPR, 2007.

FLORIO, W. **Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura.** In: SEMINÁRIO TIC 2007 - TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Porto Alegre, 2007.

GIACAGLIA, M. E. **A organização da informação em sistemas CAD: análise crítica de esquemas existentes e proposta para o caso brasileiro.** São Paulo, v. 35, p. 70-74, 2001.

GOES, R. H. T. B. **Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2011.

GONÇALVES JUNIOR, Francisco. Guia para compatibilização de projetos com o BIM. **Revista Alto QI: Tecnologia aplicada à Engenharia.** 2016.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPOREIT, G. **Two approaches to BIM: A Comparative Study.** eCAADe Conference. Copenhagen, Dinamarca, 2004.

JACOSKI, C. A. **Considerações sobre o impacto de tecnologias de informação e comunicação no ensino e no processo de projeto.** II SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2º, São Paulo, USP, 2005.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. **Vetores de virtualização da indústria da construção. A integração da informação como elemento fundamental ao uso da TI.** IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Foz do Iguaçu, 2002.

JUSTI, A. R. **Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros.** Gestão e Tecnologia de Projetos, vol. 3, n. 1, p. 140-152, 2008.

KALE, S.; ARDITI, D. **Diffusion os computer aided design technology em architectural practice.** Journal of Construction Engineering and Management, v. 131, p.1135-1141, 2005.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling.** Planning and managing construction project with 4D and simulations. McGraw-Hill 2008.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. de C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRÍCIO, M. M. **O processo de projeto em arquitetura - da teoria à tecnologia.** São Paulo, 2011.

LIMA, C. C. N. A. **Autodesk Revit 2012: Conceitos e aplicações.** São Paulo: Érica, 2011.

LOCKHART, S. D.; JOHNSON, C. M. **Engineering design communication: conveying design through graphics.** 719 p. USA: Prentice-Hall, 2000.

MANNING, R.; MESSNER J. **Case studies in BIM implementation for programming of healthcare facilities.** ITcon. Vol. 13, Special Issue - Case studies of BIM use. 2008.

MARSICO, L. M; MEDEIROS, R. de; DELATORRE, V.; COSTELLA, M. F.; JACOSKI, C. A. **Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações.** Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 7, n. 17, p. 19-41, 2017.

MELHADO, S. B. **Coordenação de Projetos de Edificações.** 115p. São Paulo, 2005.

MIKALDO JÚNIOR, J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de T.I.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Curitiba, 2006.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. **A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil.** In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. São Paulo, 2003.

NBIMS. **National Building Information Modeling Standard.** National Institute of Building Sciences. Building Smart Alliance Nacional BIM Standard. United States, December, 2007.

NOVAES, C. C. **A modernização do Setor da Construção de Edifícios e a Melhoria da Qualidade do Projeto.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC) - QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO. Florianópolis: UFCS, 1998.

OLIVEIRA, M. R.; FABRÍCIO, M. M. **Modelos físicos e virtuais como ferramentas do ensino de projeto de arquitetura: relato de uma vivência.** In: SIGraDi . São Paulo, SP. Anais do 13th Congress of Iberoamerican Society of Digital Graphics, 2009. p. 266-268.

OLIVEIRA, Otávio J. **Modelo de Gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

PEREIRA, Uriel. **Arquitetura e Tecnologia. BIM - ArchiCAD vs Revit vs Vectorworks.** 2010.

ROSENMAN, M. A.; SMITH, G.; MAHER, M. L.; MARCHANT, D. **Multidisciplinary collaborative design in virtual environments.** Automation in Construction. V.16, p.37-44, 2007.

SCHEER, S.; ITO, A.; AYRES FILHO, C. A.; AZUMA, F.; BEBER, M. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura.** VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Curitiba: UFPR, 7 p., 2007.

SOUZA, A. L. R.; BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Qualidade, projeto e inovação na construção civil.** In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Rio de Janeiro, 1995.

SOUZA, L. L. A. de; AMORIM, S. L. R.; LYRIO, A. de M. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: Oportunidades no mercado imobiliário.** Gestão & Tecnologia de Projetos, Vol. 4, nº 2, Novembro, 2009.

TSE, T. C. K.; WONG, K. D. A.; WONG, K. W. F. **The utilization of building information models in nD modelling: a study of data interfacing and adoption barriers.** Electronic Journal of Information Technology in Construction, v. 10, p. 85-110, 2005.