



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

VÍTOR DA SILVA CARNEIRO

**O BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) COMO FERRAMENTA PARA
REDUÇÃO DO TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

UBÁ – MG

2016

VÍTOR DA SILVA CARNEIRO

**O BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) COMO FERRAMENTA PARA
REDUÇÃO DO TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Erika Maria Carvalho Silva Gravina

UBÁ – MG

2016

Resumo

O BIM, do inglês *Building Information Modeling* – Modelagem de Informações da Construção, consiste em uma metodologia criada para o desenvolvimento de projetos na construção civil, que permite a elaboração de desenhos, auxilia na elaboração de orçamentos e cronogramas, além de possibilitar a realização de diversos tipos de projetos. Pretende-se, através deste estudo, analisar o impacto da aplicação do BIM no tempo de desenvolvimento dos projetos na construção civil, expondo alguns dos problemas corriqueiros na elaboração dos projetos e assim observar como a aplicação do BIM pode auxiliar no combate desses fatos. O BIM traz a proposta de um projeto mais inteligente e com maior volume de informações agregadas, o que proporciona um projeto mais rico em detalhes, favorecendo assim a redução do desperdício de materiais nas obras graças à maior precisão das informações. Além disso, com sua aplicação há uma melhoria na comunicação entre os profissionais, o que tende a minimizar a ocorrência de erros e a gerar um melhor trabalho em equipe, trazendo benefícios como, por exemplo, a redução de gastos e a possibilidade de reduzir os atrasos no desenvolvimento dos projetos. Os investimentos necessários para a implantação do BIM variam de acordo com o perfil e ramo de atuação da empresa, mas já são concretos e reais os resultados que mostram os retornos gerados por sua aplicação nos projetos da construção civil. No Brasil, sua implantação é algo recente, porém vem crescendo gradualmente graças aos conhecidos benefícios gerados por sua aplicação.

Palavras-chave: Modelagem de informações. Construção Civil. Interoperabilidade. Projeto parametrizado. Melhoria no desenvolvimento.

Abstract

BIM (Building Information Modeling) is a methodology created for projects development in the civil construction, which allows the drawing elaboration, helping in elaboration of budgets and schedules, and allows the creation of different types of projects. The aim of this study is to analyze the impact of the application of BIM in the development time of projects in civil construction, exposing some of the common problems in the design of projects and thus to observe how the application of BIM can help to combat these facts. The BIM brings a proposal of a more intelligent project with greater volume of aggregate information, which provides a more detailed project, favoring the reduction of materials wasting during the works, due to the greater precision of information. Furthermore, with its application there is an improvement in communication among professionals, which tends to minimize the errors occurrence and to generate a better teamwork, bringing benefits such as expenses reduction and the possibility of reducing delays in project development. The required investments for the BIM implementation vary depending on the company's profile and on its activity branches, but the current results from its application in civil construction projects are concrete and real. In Brazil, its implementation is recent, but it has been increasing gradually, due to the known benefits generated from its application.

Keywords: Information modeling. Construction. Interoperability. Parametrized project. Improvement in development.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, vista como um importante setor para o desenvolvimento da sociedade, sofre constantes avanços devido à crescente necessidade de obras realizadas a curto prazo e com baixo custo. São lançados, com frequência, novos materiais, processos construtivos e softwares, bem como a qualificação da mão de obra acompanha esses avanços que influenciam diretamente na velocidade de construção e na qualidade final da obra.

O modo de projetar também foi mudado. Se antes os projetos eram feitos manualmente, hoje o papel e a borracha servem basicamente para anotações. Houve a substituição desses pelo computador e suas inúmeras funcionalidades, dentre elas o *Building Information Modeling* (BIM), que consiste em uma metodologia de trabalho no qual é criado um modelo virtual em que são atribuídas todas as informações necessárias para o planejamento, dimensionamento, execução e demais etapas de um projeto na construção civil.

Segundo Eastman *et al.* (2014), no BIM todos os objetos são parametrizados, com dados e regras associados. As informações agregadas geram um conjunto de possibilidades que permitem visualizar a realidade de uma construção antes mesmo de ela ser concluída, sendo possível realizar simulações de custo, construção, desgaste do conjunto, dentre outras possibilidades.

Considera-se o BIM, uma evolução da plataforma *Computer Aided Design* (CAD), traduzido para o português como “Desenho Auxiliado por Computador”, na qual uma linha tem por objetivo representar uma parede por exemplo, efetivamente é mais do que uma representação geométrica conforme mostrada no CAD. No BIM, há a representação geométrica com um conjunto de referências contendo informações físicas, mecânicas, quantitativas e fatores necessários para o desenvolvimento do projeto. Esses conceitos são aplicados nos softwares compatíveis com a tecnologia BIM.

Embora seja uma tecnologia já difundida há algum tempo em alguns países, no Brasil o crescimento do uso do BIM de fato é algo recente. Sua aplicação demanda tempo devido à necessidade de agregar mais informações ao projeto. Essas informações, posteriormente, formam um banco de dados com diversas características úteis para o desenvolvimento do projeto, porém o tempo gasto com o preparo de informações é compensado em etapas futuras, as quais geram benefícios, como a redução de erros, o fornecimento automático do quantitativo de materiais, a melhoria na gestão do projeto, dentre outros que serão descritos no transcorrer desse estudo.

A integração das equipes é outro ponto positivo gerado pela aplicação do BIM. Os projetos podem ser compartilhados com maior eficiência entre os profissionais, o que permite um trabalho integrado de diferentes especialistas, como arquitetos, engenheiros, gerentes de construções, o que acaba minimizando as oportunidades de ocorrências de erros.

Tem-se por objetivo, através deste estudo, analisar o impacto da aplicação do BIM no tempo de desenvolvimento dos projetos na construção civil, expondo alguns dos problemas corriqueiros no desenvolvimento dos projetos e assim observar como a aplicação do BIM pode auxiliar no combate desses fatos, embasando-se em referências de autores especializados no assunto.

A escolha do tema originou-se a partir da busca para aperfeiçoar conhecimento, em que o foco principal engloba um conteúdo que futuramente poderá estar presente em todos os projetos da construção civil de forma globalizada.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Definição de BIM

Para Eastman *et al.* (2014), o processo de implantação de um edifício é bastante fragmentado e possui várias subdivisões, o que demanda um maior controle de todas as etapas para o sucesso de determinado empreendimento. O grande número de profissionais envolvidos em uma série variada de processos deve prover de uma boa gestão para que haja êxito na construção de um empreendimento e assim, o prazo possa ser cumprido sem extrapolar o orçamento, atendendo aos requisitos de qualidade e bem-estar para a satisfação dos futuros usuários.

Um projeto pode ser definido como empreendimento singular, com objetivo ou objetivos bem definidos, a ser materializado segundo um plano preestabelecido e dentro de condições de prazo, custo, qualidade e risco previamente definidas. Outra definição diz que projeto é um conjunto de atividades necessárias, ordenadas logicamente e inter-relacionadas, que conduzem a um objetivo predeterminado (LIMMER, 2010, p.9).

Como ferramenta de apoio às diversas etapas de uma construção surgiu, em meados da década de 70, o conceito inicial de modelagem de informação, sendo a definição suprida pela sigla BIM cerca de 20 anos depois (ADDOR *et al.*, 2010)¹. O BIM é denominado uma metodologia de trabalho em que se cria um modelo virtual em 3 dimensões (3D) de uma edificação, sendo capaz de dar suporte às etapas de uma construção, havendo assim, a possibilidade de antever eventos futuros antes mesmo de dar início a uma construção e possivelmente minimizar ou até mesmo excluir erros e problemas através de análises, testes e simulações dos impactos das modificações no projeto.

Os objetos são definidos usando parâmetros envolvendo distâncias, ângulos e regras como *vinculado a, paralelo a e distante de*. Essas relações permitem que cada instância de um elemento varie de acordo com os valores de seus parâmetros e suas relações contextuais. As regras ainda podem ser definidas como requisitos que o projeto deve satisfazer, permitindo ao projetista fazer modificações, enquanto as regras verificam e atualizam detalhes para manter o elemento de projeto dentro das regras e avisar ao usuário se essas definições não são alcançadas (EASTMAN *et al.*, 2014, p.29).

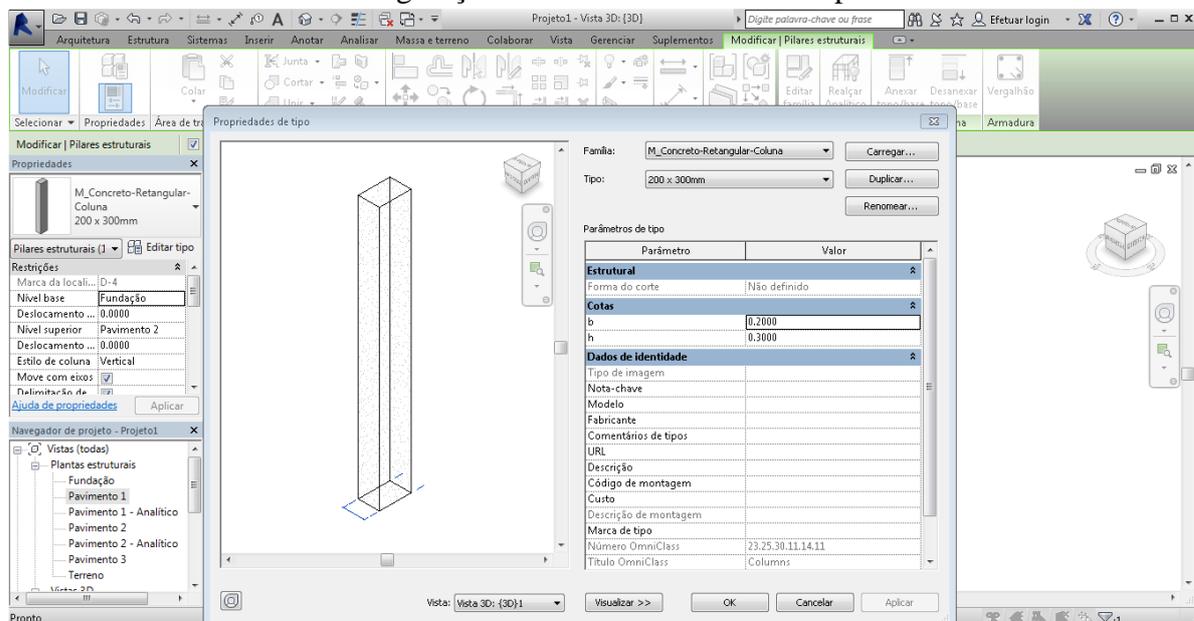
Porém, o BIM vai além de uma representação geométrica em 3D. Nele, todos os objetos inseridos no projeto são parametrizados com inúmeras informações que podem ser

¹ Disponível em <<https://goo.gl/J2vMEB>> Acesso em 11set. 2016.

editadas baseando-se na biblioteca de materiais existentes no software que está sendo utilizado, ou alteradas conforme as normas e demais fontes de informações confiáveis, buscando-se então, atender corretamente à demanda do projeto.

Ao criar-se no BIM um pilar por exemplo, como na FIG. 1, deverão ser atribuídas características geométricas e materiais de composição (concreto, aço, madeira ou outro tipo de material), além de informações complementares que poderão ser inseridas para agregar a parte documental do projeto, como informações de fornecedores, sites de venda, custos, descrições, dentre outras informações necessárias para composição do componente. O mesmo acontece para os demais elementos que, de acordo com a demanda, necessitarão do acréscimo de outras informações.

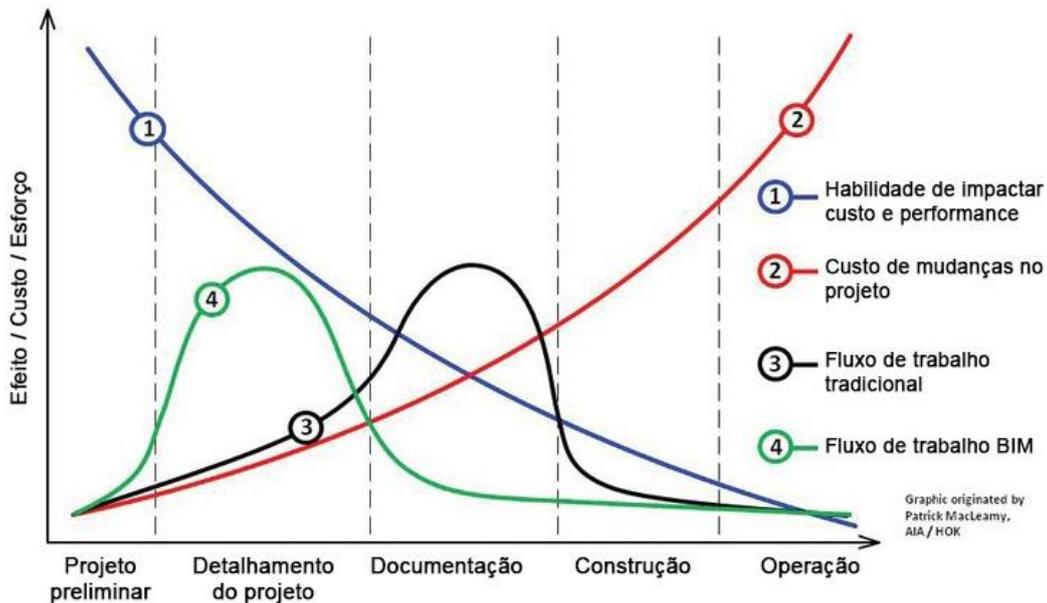
FIGURA 1 - Configuração das características de um pilar de concreto



Fonte: PRÓPRIO AUTOR (2016)

Quanto mais informações forem agregadas a um projeto, maior será a quantidade de detalhes gerados na parte documental, o que aumenta a precisão do projeto e tende a minimizar a ocorrência de erros. Sendo assim, o tempo gasto para inserir as informações é recompensado com um projeto mais completo.

FIGURA 2 - Curva de MacLeamy comparando o fluxo de trabalho em BIM x fluxo de trabalho tradicional



Fonte: ENGENHARIA E ETC (2015)²

Como ilustra a curva na FIG. 2, nas fases de um projeto BIM, a demanda de trabalho na parte de detalhamento do projeto é maior devido à necessidade de agregar mais informações aos componentes. Porém, a geração automática de documentos, tais como orçamentos e cronogramas, gera uma grande precisão, o que contribui para o desenvolvimento mais ágil nas demais etapas.

Para Matos (2015)³, a curva de MacLeamy ilustra a comparação entre o BIM e as demais ferramentas de trabalho nos projetos na Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Dentre as demais plataformas a mais usual é a CAD, plataforma utilizada por diversos profissionais.

As outras metodologias de trabalho demandam menor esforço na parte de detalhamento, porém este torna-se maior para a formulação da parte documental, que não é gerada automaticamente, exigindo assim, máxima atenção. Além disso, pode-se observar que com o desenvolvimento do projeto, o custo de modificações se eleva e a capacidade da equipe impactar nesse custo torna-se mais complexa, pois com as atividades planejadas concluídas, alterações não projetadas inicialmente demandam maior esforço da equipe a fim de criar novas soluções, necessitando, portanto, de medidas emergenciais que muitas vezes possuem custo elevado.

² Disponível em <<https://goo.gl/fhfgGs>> Acesso em 12set. 2016.

³ *ibidem*

Observa-se que o ideal é que as modificações aconteçam antes da segunda metade do trabalho solicitado na parte documental, pois ainda é possível impactar sobre o custo das mudanças com maior eficiência. Tem-se em vista que, com a adoção do BIM, a possibilidade de redução de custos é maior devido à grande demanda de trabalho ocorrer na parte de detalhamento do projeto, que é desenvolvida antes da parte de documentação do mesmo, havendo, uma maior possibilidade de impactar sobre o custo de mudanças no projeto com maior eficiência.

Muitos fornecedores já estão aderindo ao BIM, criando modelos de seus produtos preparados para uso nos softwares BIM com todas as informações do elemento já configuradas. Estes elementos, chamados de famílias⁴, são baixados no site do fabricante do produto demandado, ou em outros sites específicos que contêm esses elementos disponíveis para *download*, para que posteriormente, os arquivos possam atender à demanda do usuário. Isso traz ao projetista a certeza da existência de tal produto, o que os garante a ser empregado na obra e o projeto poderá sair com a devida qualidade conforme foi planejado, como é o caso de um pilar pré-moldado, que pode ser baixado com as características especificadas pelo fabricante. O mesmo acontece para diversos outros elementos.

A integração entre os desenvolvedores do projeto, fabricantes e fornecedores de materiais permite maior precisão no emprego dos corretos materiais, pois havendo as especificações inseridas corretamente no modelo, as informações necessárias dos materiais a serem empregados serão descritas na parte documental de forma correta, o que tende a facilitar a execução da obra. Além disso, a integração entre as equipes que desenvolvem o projeto torna-se um diferencial no transcorrer desse, devido ao fato de reunir o conhecimento de diversos profissionais.

2.2 O BIM no Brasil

A implantação do BIM no Brasil é algo mais recente e ganhou mais força no país em meados dos anos 2000, quando a tecnologia começou a se difundir nos primeiros projetos (RIBEIRO, 2015)⁵. O uso do BIM ganhou força no país devido aos conhecidos benefícios gerados por essa metodologia. Porém, de certa forma, ainda há alguma resistência por parte de alguns profissionais da AEC em nosso país.

⁴ Família, nos softwares BIM, é o nome dado ao elemento que já possui suas características pré-configuradas, podendo posteriormente serem alteradas caso haja necessidade.

⁵ Disponível em <<https://goo.gl/oawm3C>> Acesso em 12set. 2016.

Para Santos (2015)⁶, o tempo inicial demandado para a implantação associado à “capacitação dos projetistas, aquisição dos softwares, padronização de bibliotecas e mudanças na tradição da empresa” são barreiras que geram certa resistência para implantação do BIM nas empresas.

Contudo, essas resistências têm sido quebradas devido aos benefícios trazidos pela implantação do BIM serem muito maiores do que as dificuldades. Santos (2015)⁷ considera que o Brasil esteja em um estágio intermediário na implantação do BIM, onde ele já é utilizado para a geração de desenhos, quantitativos e relatórios do projeto, além disso o país segue avançando no que diz respeito ao trabalho em equipe.

A FIG. 3 ilustra os principais investimentos necessários por parte das empresas para a implantação do BIM, trazendo como referência uma pesquisa feita por uma empresa Norte-Americana, a McGraw-Hill Construction, realizada na França, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos, países onde o BIM vem se desenvolvendo há mais tempo.

FIGURA 3 - Principais investimentos feitos para adequação ao uso do BIM na França, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos



Fonte: CONSTRUÇÃO MERCADO (2015)⁸

Observa-se que uma empresa X pode demandar o investimento em 4 itens dos listados na FIG. 3. Já uma empresa Y pode ter a necessidade de investir em 6 itens dos ilustrados, o que mostra que há a variação de investimentos de acordo com o seguimento de cada empresa. Uma empresa que atue em determinada área que necessite de investimento em mais de um software demandará maior investimento em treinamentos. Conclui-se que os

⁶ Disponível em <<https://goo.gl/dAgfJa>> Acesso em 13 set. 2016.

⁷ *ibidem*

⁸ Disponível em <<https://goo.gl/KmG2Pf>> Acesso em 13 set. 2016.

investimentos são feitos com base no ramo de atuação da empresa, variando assim, de acordo com o perfil de cada instituição.

Há necessidade também, de maior investimento por parte do governo em relação ao ensino do BIM nas universidades, o que acontece em poucas instituições no país atualmente, ainda assim, de forma geral, abrangendo conceitos básicos. Com o aprendizado do BIM há a tendência de que no futuro as cidades tornem-se mais organizadas, pois estas podem ser ilustradas e estruturadas via softwares BIM, permitindo o crescimento de forma mais organizada e estruturada.

No Brasil, o estado mais avançado é o de Santa Catarina, que segundo Ribeiro (2015)⁹, fechou parceria com o estado do Paraná com o objetivo de que todas as obras públicas até 2018 sejam desenvolvidas na plataforma BIM. Nos projetos públicos a aprovação desses torna-se mais rápida, já nos privados há uma melhoria na relação entre os desenvolvedores do projeto, fabricantes dos produtos e clientes. “O país onde o BIM está mais avançado é Cingapura. Lá, todos os projetos, públicos e privados, são aprovados em até 26 dias” (RIBEIRO, 2015)¹⁰.

Obra pública é considerada toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação de bem público. Ela pode ser realizada de forma direta, quando a obra é feita pelo próprio órgão ou entidade da Administração, por seus próprios meios, ou de forma indireta, quando a obra é contratada com terceiros por meio de licitação (BRASIL, 2014, p.9).

2.3 As diferenças entre as plataformas CAD e BIM

A plataforma CAD ainda é certamente a de maior uso no Brasil e em boa parte do mundo no universo da AEC para o desenvolvimento dos desenhos demandados nos projetos. Segundo Eastman *et al.* (2014), seu surgimento deu-se ao final dos anos 1970, sendo essa plataforma um sistema revolucionário na construção civil, substituindo, através do uso dos desenhos em computadores, a metodologia de trabalho mais arcaica, que antes consistia no desenvolvimento de projetos realizados manualmente através de desenhos em papel.

Com a plataforma CAD passou-se a fazer uso de softwares para o desenvolvimento dos mais variados projetos, como arquitetônicos, estruturais, hidráulicos, elétricos, dentre outros existentes na construção civil e demais seguimentos que passaram a utilizá-la em larga

⁹ Disponível em <<https://goo.gl/oawm3C>> Acesso em 14 set. 2016.

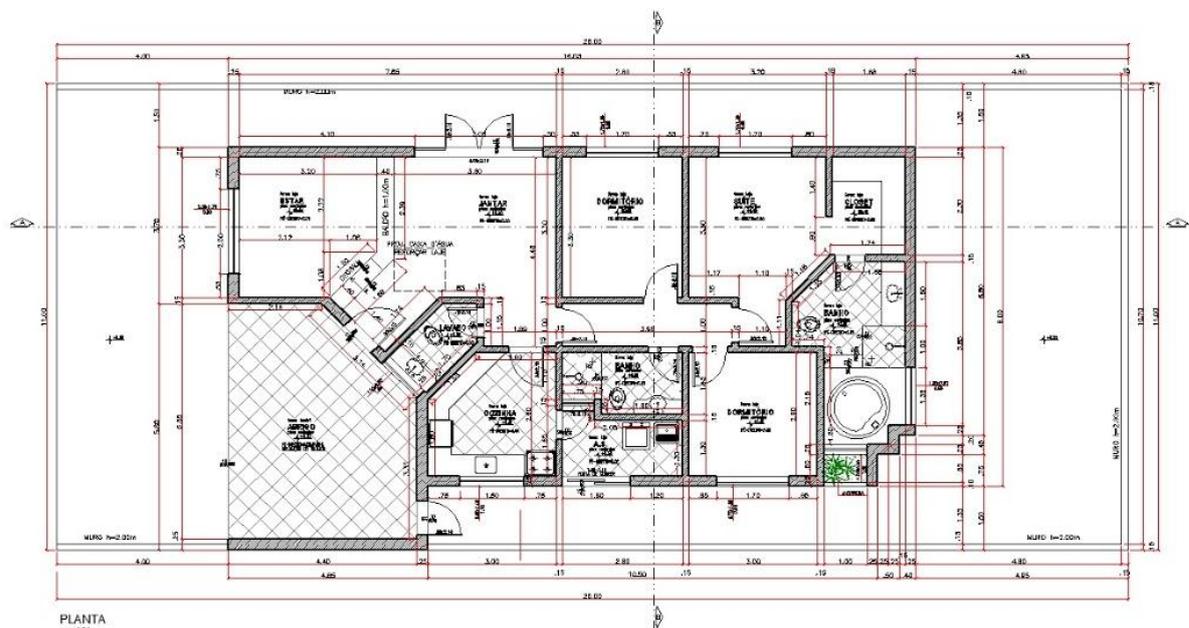
¹⁰ *ibidem*

escala, havendo assim, a possibilidade de fazer modificações de forma mais rápida nos projetos.

Todos os sistemas CAD geram arquivos digitais. Os sistemas CAD mais antigos produzem desenhos plotados. Eles geram arquivos que consistem principalmente em vetores, tipos de linha associados e identificação de camadas (layers). À medida que esses sistemas foram se desenvolvendo, informações adicionais foram sendo acrescentadas a esses arquivos para permitir blocos de dados e textos associados (EASTMAN *et al.*, 2014, p.12).

Como exposto, os avanços trazidos pela plataforma CAD foram e prosseguem sendo enormes, e certamente continuarão contribuindo muito para o desenvolvimento dos projetos na construção civil, pois nem todos os profissionais no mercado de trabalho e nem todos os softwares existentes como o caso do AutoCAD desenvolvido pela Autodesk, estão aptos a trabalhar com o BIM, então, a plataforma CAD segue em uso por parte dos profissionais da AEC.

FIGURA 4 - Planta baixa desenvolvida em software CAD



Fonte: CONSTRUIR (2016)¹¹

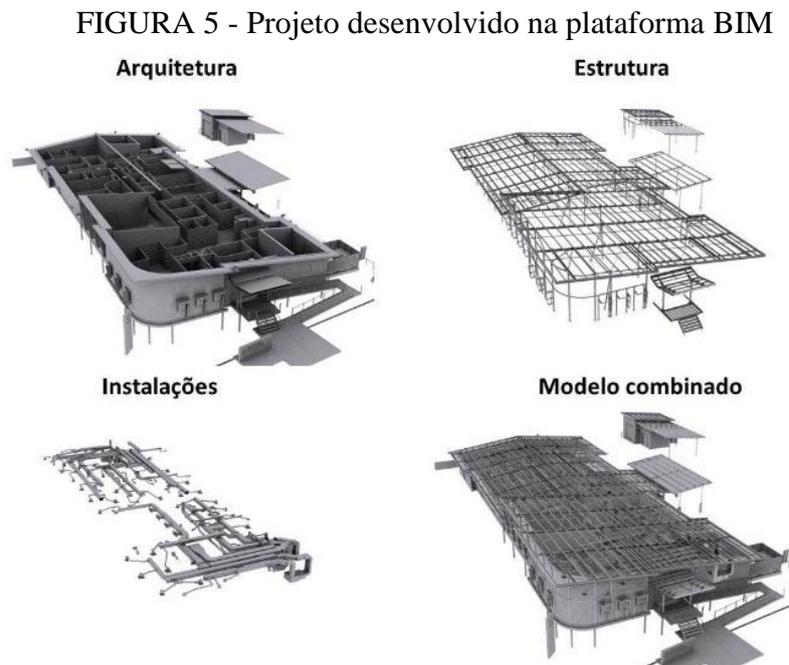
Todavia, a plataforma CAD limita-se a realizar desenhos que representam apenas formas geométricas, como se pode observar na planta baixa ilustrada na FIG. 4. Os desenhos são feitos de formas separadas. Primeiro é feita a planta, posteriormente, são desenvolvidos os cortes e as demais demandas.

¹¹ Disponível em <<https://goo.gl/y8RA0a>> Acesso em 14 set. 2016.

Crespo e Ruschel (2007)¹² destacam que “existe deficiência de integração entre ferramentas de CAD e de cálculo estrutural trazendo restrições na comunicação entre projetistas e limitando o processo de compatibilização entre disciplinas de projeto”, o que acontece também, na compatibilização dos demais projetos em geral, tendo assim, a questão da compatibilização como uma concreta dificuldade no uso dos sistemas CAD.

A plataforma BIM surgiu com a ideia de tornar os projetos mais inteligentes, possibilitando que informações sejam agregadas, como na modelagem de uma parede, em que será composta por todas as informações necessárias (características dos materiais de composição, detalhes quantitativos, dentre outras características).

Outra grande característica do BIM frente à plataforma CAD é a interoperabilidade entre as equipes, que tem como benefício o compartilhamento de um mesmo trabalho entre diferentes profissionais, como pode-se observar na FIG. 5, permitindo a construção de modelos mais completos que proporcionam uma melhor visão do projeto e influenciam positivamente no resultado final do mesmo.



Fonte: COORDENAR (2016)¹³

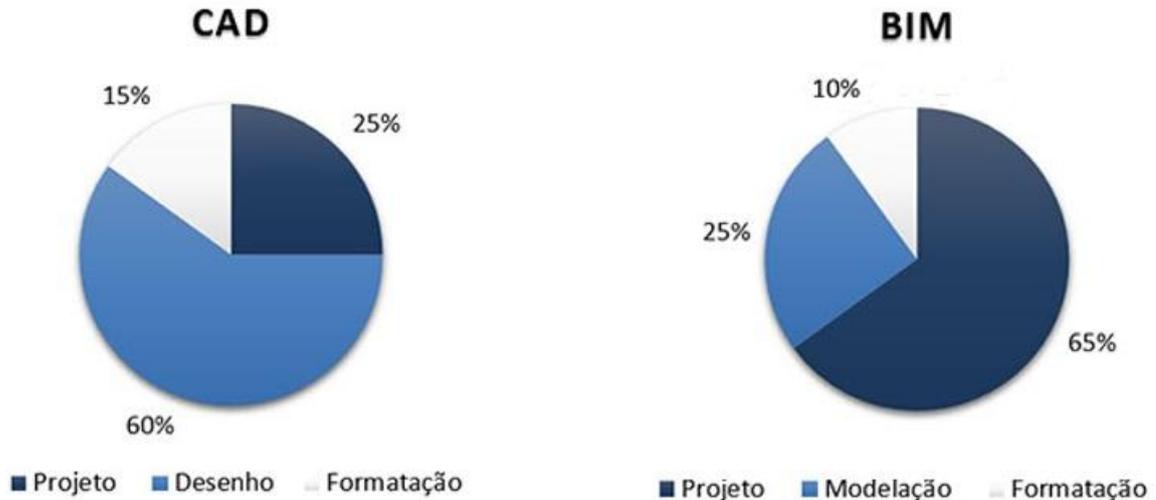
Além disso, são grandes os benefícios na plataforma BIM no que diz respeito à parte documental do projeto, pois com os desenhos em 3D gerados de forma automática, há a possibilidade de criar cortes automaticamente. Pode-se fazer, também, a qualquer instante o

¹² Disponível em <<https://goo.gl/JxQqOz>> Acesso em 14 set. 2016.

¹³ Disponível em <<https://goo.gl/eakJ1Q>> Acesso em 14 set. 2016.

levantamento quantitativo de materiais, o que propicia contribuir para a geração de orçamentos e cronogramas das etapas de desenvolvimento da obra.

FIGURA 6 - Comparação entre o tempo de trabalho demandado em CAD x BIM



Fonte: ND BIM VIRTUAL BUILDING (2015)¹⁴

A FIG. 6 permite observar outra comparação entre as plataformas CAD e BIM. Verifica-se que na plataforma CAD a maior parte do tempo de desenvolvimento de um projeto é gasto com os desenhos, seguidamente com as análises necessárias, e por fim com a formatação do trabalho. A mesma figura mostra que na plataforma BIM há uma maior preocupação com as análises necessárias no projeto, pois parte dos desenhos são gerados automaticamente, como é o caso das visualizações em 3D e dos cortes, além da formatação ser feita de forma mais prática, o que acaba por liberar tempo para as análises técnicas demandadas contribuindo para um projeto com menor incidência de erros.

A variedade de softwares CAD existentes no mercado é imensa e utilizada por profissionais de diversos ramos de atuação, tanto na construção civil, como em outras áreas de engenharias, como é o caso da Engenharia Mecânica que os utiliza para fazer desenhos, por exemplo de peças para veículos, e da Engenharia Aerodinâmica para a elaboração dos desenhos de aeronaves. Da mesma forma, o BIM possui diversos softwares no mercado e aplicações diversificadas, como por exemplo, desenvolvimento de projetos arquitetônicos, estruturais, além de ser possível realizara análise energética de uma edificação, a qual permite a simulação da quantidade de calor em um ambiente criando a possibilidade de simular

¹⁴ Disponível em <<https://goo.gl/bHWsnI>> Acesso em 15 set. 2016.

situações que gerem economia energética. Seguem ilustrados no QUADRO 1 alguns softwares CAD e BIM:

QUADRO 1 - Softwares CAD e BIM

BIM		CAD	
Software	Fabricante	Software	Fabricante
ArchiCAD	Graphisoft	AutoCAD	Autodesk
BentleyArchitecture	Bentley Systems	Alphacam	Vero Software
Revit	Autodesk	DraftSight	Dassault Systèmes

Fonte: ARCH DAILY (2015)¹⁵

2.4 Erros que podem ocorrer pela falta do BIM e geram atrasos nos projetos na AEC

Com as crescentes exigências no mercado da construção civil de obras cada vez mais rápidas, porém com excelentes padrões de qualidade, há maior espaço para a ocorrência de erros nos projetos da AEC, caso os devidos cuidados não sejam tomados.

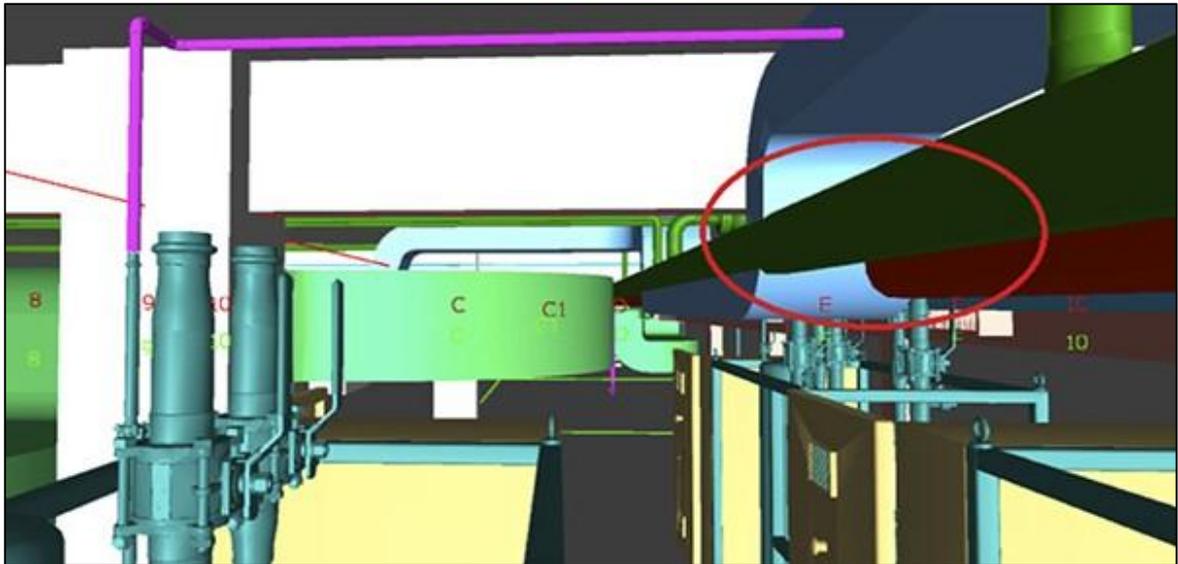
Qualidade pode ser definida como a totalidade das características de uma entidade (atividade ou processo, produto, organização ou uma combinação destes), que lhe confere a capacidade de satisfazer às necessidades explícitas ou implícitas dos clientes e demais partes interessadas (YAZIGI, 2009, p.61).

As variedades de tipos de erros que ocorrem são grandes, sendo que esses podem acontecer em diferentes fases dos projetos, desde a concepção até a execução. Buscar um único responsável para as ocorrências mais comuns de erros torna-se um equívoco, pois eles podem estar associados a diversas causas e fatores.

Há os erros que surgem devido às modificações impostas no projeto, por exemplo, se a comunicação entre os profissionais não for objetiva, um profissional pode, por descuido, prosseguir suas atividades sem observar as alterações feitas por outro colega no projeto.

¹⁵ Disponível em <<https://goo.gl/xUxuk5>> Acesso em 15 set. 2016.

FIGURA 8 - Interferência ocorrendo entre duto ar e tubos



Fonte: TECKMA ENGENHARIA (2015)¹⁶

A FIG. 8 ilustra um erro na compatibilização do projeto hidráulico com o projeto de ar-condicionado de uma edificação, em que um tubo passa por dentro de um duto do sistema de ar-condicionado, onde é gerado um problema por erro de comunicação entre os projetos e projetistas. Outro caso comum envolvendo erros ocasionados pela incompatibilidade entre projetos, dá-se entre os projetos hidráulico e estrutural/arquitetônico. Todavia, esses erros podem acontecer também entre outros tipos de projetos, o que gera retrabalhos nas obras quando os mesmos chegam com erros.

A ausência do BIM nos projetos influencia na comunicação entre os profissionais e os clientes, pois as alterações demandadas pelos clientes geram a necessidade de modificações em todos os demais projetos solicitados. No BIM, caso seja preciso modificar algo, isso torna-se mais rápido, pois há uma grande interação entre os profissionais envolvidos.

Outro problema que pode surgir nos projetos da construção civil é a duplicação de informações na parte documental e em outras etapas do projeto, em que, devido ao descuido ou a outro fator qualquer, haja a repetição de uma mesma informação, possibilitando de acarretar gastos desnecessários de tempo e de capital investidos repetidas vezes em uma mesma atividade.

Com o intuito de combater ou tentar minimizar a ocorrência dos erros, a gestão de um projeto pode se tornar um diferencial para atingir as metas propostas. Porém, problemas podem ocorrer caso determinado projeto possua uma má gestão, o que pode ocasionar uma série de prejuízos a um empreendimento. Conseqüentemente, para que haja sucesso na

¹⁶ Disponível em <<https://goo.gl/B5pdU7>> Acesso em 16 set. 2016.

construção de um empreendimento junto a uma boa gestão, devem estar associados outros fatores, tais como mão de obra qualificada, materiais que atendam aos requisitos exigidos de qualidade, condições de trabalho adequadas aos colaboradores, dentre outras necessidades.

A gestão de um projeto é então, fator fundamental para o sucesso do desenvolvimento de qualquer tipo de empreendimento. Entender as etapas do plano permite a formação de ideias e respostas antecipadas à ocorrência de erros, o que tende a diminuir os retrabalhos e gastos para correção dos mesmos. “Várias ações podem e devem ser tomadas, dentro de quaisquer níveis de tecnologia e gestão vigentes, numa obra de construção” (SOUZA, 2006, p.18).

A previsão oportuna de situações desfavoráveis e de indícios de desconformidade permite ao gerente da obra tomar providências a tempo, adotar medidas preventivas e corretivas e tentar minimizar os impactos no custo e no prazo. Por falta de planejamento e controle, a equipe da obra deixa para tomar providências quando o quadro de atraso já é irreversível. Quanto mais cedo o gestor puder intervir, melhor (MATTOS, 2010, p.22).

Na construção civil, os atrasos tendem a aumentar o custo do empreendimento, necessitando de investimentos não planejados e medidas emergenciais de elevados custos para compensar o tempo perdido em algumas das etapas, o que intenciona, em muitos casos, a ultrapassagem do orçamento planejado. Segundo Reis (2010)¹⁷, o atraso na entrega das obras pode gerar:

- O aumento dos custos, o que diminui o lucro em um empreendimento;
- Problemas no fluxo de caixa, pois o adiamento do lucro da construtora afeta a disponibilidade de capital de giro, havendo a possibilidade de afetar o desempenho da construtora em suas outras obras;
- A escassez de profissionais no mercado, devido ao fato desses ficarem mais tempo ligados a um projeto;
- A redução da credibilidade do investidor, reduzindo a força positiva do *marketing* da empresa;
- Perda de clientes devido à incerteza do cumprimento das ações propostas pela empresa;
- Pagamento de indenizações caso os clientes acionem a justiça contra a empresa devido aos atrasos.

¹⁷ Disponível em <<https://goo.gl/36h1JL>> Acesso em 16 set. 2016.

Segundo Reis (2010)¹⁸, para combater ou no mínimo reduzir os atrasos nas obras, há um projeto em tramitação no Senado Federal, o Projeto de Lei 3019/2008¹⁹ proposto pelo Deputado Antonio Bulhões(PRB-SP), o qual prevê o pagamento mensal de uma taxa semelhante ao valor do aluguel de determinado imóvel, sendo este similar à aquele que está sendo construído para o futuro proprietário. O projeto tem por objetivo coibir os problemas gerados pelos atrasos nas entregas dos empreendimentos, que é motivo de grande estresse para o cliente e também para os profissionais envolvidos na construção.

O BIM é um grande aliado à gestão dos projetos pela sua capacidade de integrar informações e assim permitir o trabalho em equipe e favorecer o controle dos projetos.

2.5 A integração dos projetos

Com os avanços na construção civil houve significativo aumento nas etapas e nos processos, o que demandou um número maior de colaboradores. O trabalho em equipe sempre fez parte de diversas atividades nos mais variados ramos. Com esses avanços, a integração entre diferentes profissionais tornou-se fundamental para o compartilhamento de informações e complemento das atividades, sejam esses de mesma área ou de áreas divergentes.

Ligado a definição de compartilhamento de ideias e informações, tem-se no universo BIM o conceito de interoperabilidade, que segundo Eastman *et al.* (2014) faz referência à possibilidade de intercâmbio de dados entre diferentes profissionais, através de um modelo de projeto criado em um formato de arquivo que dê suporte aos softwares BIM e seus módulos (template²⁰). Assim, um profissional pode enviar seu projeto aos demais profissionais sem que haja problemas de incompatibilidade de softwares.

Um mesmo software BIM é capaz de dar suporte a diferentes demandas, porém em diferentes templates. É o caso do software Revit, desenvolvido pela Autodesk, o qual pode ser usado por profissionais responsáveis pela parte arquitetônica, estrutural, mecânica, elétrica, hidráulica, dentre outras áreas, porém cada demanda possui seu template.

¹⁸ Disponível em <<https://goo.gl/36h1JL>> Acesso em 16 set. 2016.

¹⁹ Disponível em <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=387097>> Acesso em 16 set. 2016.

²⁰ Cada template possui suas configurações previamente definidas, com o intuito de atender a demanda específica, a qual se destinará e proporcionar uma plataforma mais prática para a atividade a qual será utilizado. Existem templates fornecidos pelos fabricantes dos softwares, porém vale ressaltar que os templates podem ser altera dos e assim personalizados de acordo com a demanda de cada profissional.

FIGURA 9 - A interoperabilidade entre diversos profissionais com o BIM



Fonte: TEKLA (2015)²¹

Como ilustrado na FIG. 9, profissionais de diferentes etapas do projeto podem compartilhar o mesmo projeto, melhorando assim, a comunicação entre as partes e contribuindo para um desenvolvimento satisfatório do projeto. Todos acabam ganhando com essa melhora na comunicação, inclusive o cliente do empreendimento, que tem uma obra com maior qualidade e com a possibilidade de recebê-la no prazo correto.

A interoperabilidade destaca-se então, nos projetos da AEC, por promover a integração de equipes, proporcionando o compartilhamento de atividades distintas entre diferentes profissionais através de formatos comuns, permitindo assim, condições de trabalho em conjunto diante de softwares variados, o que resolve esta questão que antes era um empecilho, por haver problemas diante de projetos com o envolvimento de grandes equipes.

Dentre os formatos usados para o compartilhamento de informações, o de maior uso é o Industry Foundation Classes (IFC). O IFC “é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para o Building Information Models. O IFC é um formato para ser usado no planejamento do edifício, no projeto, na construção e gerenciamento” (ANDRADE; RUSCHEL, 2009, p. 81)²².

²¹ Disponível em <<https://goo.gl/AFIvna>> Acesso em 17 set. 2016.

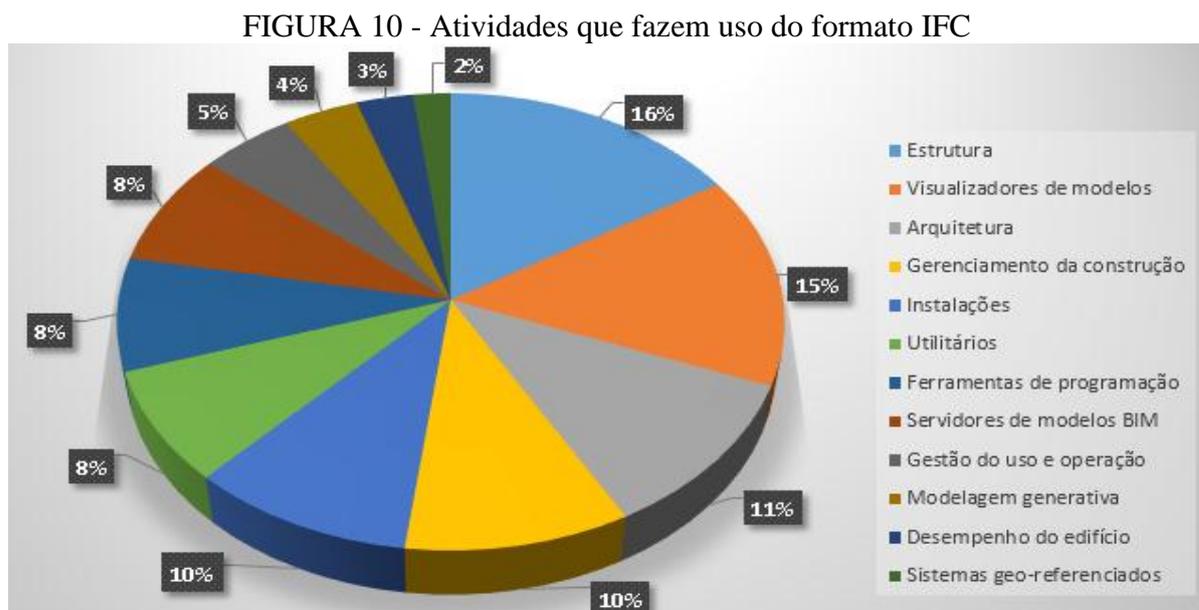
²² Disponível em <<https://goo.gl/u2ZTPM>> Acesso em 17 set. 2016.

O Industry Foundation Classes (IFC) foi desenvolvido para criar um grande conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de software de AEC. Ele se baseia nos conceitos e linguagem ISO-STEP EXPRESS para sua definição, com pequenas restrições na linguagem (EASTMAN *et al.*, 2014, p.73).

O IFC funciona então, basicamente como um formato que carrega consigo os dados do projeto e permite a comunicação entre os softwares BIM, proporcionando assim a existência da interoperabilidade. Dessa maneira, um profissional pode carregar em seu projeto os dados e as características do trabalho de outros profissionais.

Vale ressaltar que na metodologia de trabalho mais usual no BIM, o projeto não se comporta como um todo, de modo que o profissional responsável pela parte estrutural por exemplo, tem a possibilidade de carregar o projeto arquitetônico ou outro projeto em seu trabalho, mas esse deve receber o arquivo IFC enviado pelo profissional responsável pela respectiva parte demandada. Há softwares que permitem o trabalho integrado via rede banda larga, como o caso do ArchiCAD desenvolvido pela Graphisoft, em que alterações impostas no modelo de um profissional serão feitas nos projetos dos demais profissionais que estiverem vinculados a ele, porém esse tipo de trabalho não é comum nos escritórios da AEC.

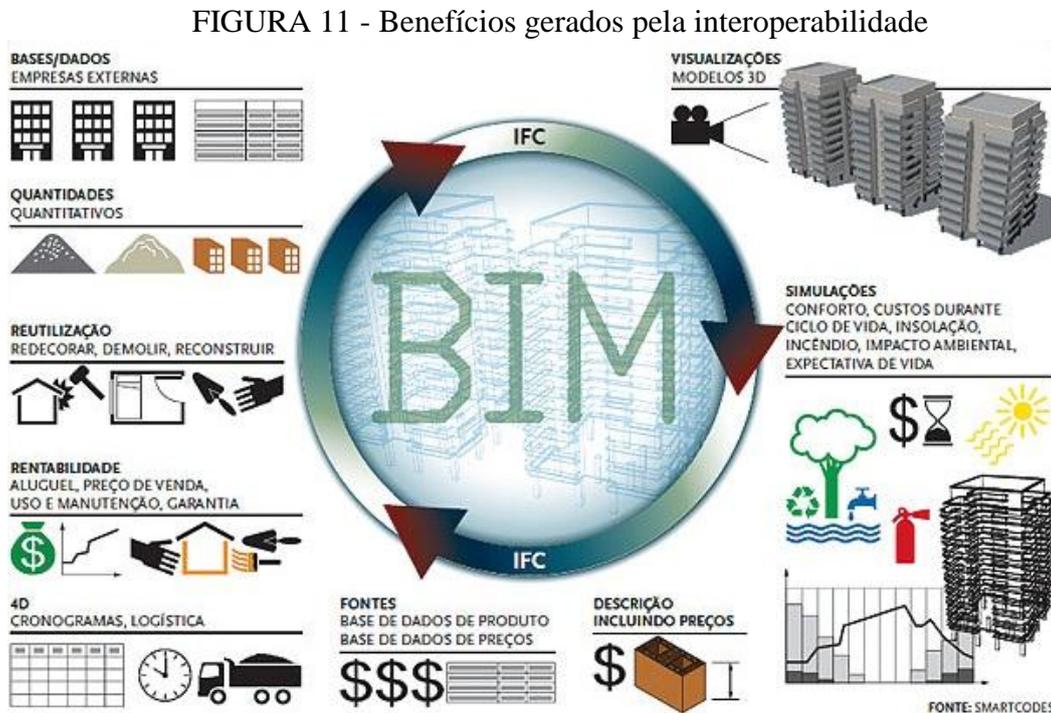
Observa-se pela FIG. 10 as funções as quais se destinam mais comumente o compartilhamento do formato IFC, o formato mais usado para o compartilhamento de arquivos no BIM entre os profissionais da AEC:



Fonte: COORDENAR (2016)²³

²³ Disponível em <<https://goo.gl/V9Fjln>> Acesso em 18 set. 2016.

É possível visualizar que há o compartilhamento do IFC entre diferentes profissionais da AEC, o que promove um intercâmbio de informações que contribuem para um desenvolvimento do projeto.



Fonte: ARQUITETURA E URBANISMO (2011)²⁴

A FIG. 11 ilustra diversos benefícios gerados pela troca de informações entre os profissionais na AEC. Há a construção de uma base segura de dados e informações, que além da visualização em 3D do projeto, permite o desenvolvimento de diversas outras atividades. Destacam-se:

- A possibilidade de associar os elementos gráficos ao cronograma da obra, o que permite acompanhar as fases de desenvolvimento de uma obra, possibilitando antever os eventos e assim melhorar as soluções para a obra;
- Melhoria na capacidade de reaproveitar recursos e espaços;
- Melhoria no gerenciamento do ciclo de vida de uma edificação, o que segundo Pacher (2015)²⁵ permite “controlar a garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes e fornecedores”, além de proporcionar melhor planejamento para futuras adaptações e modificações na estrutura de um empreendimento;

²⁴ Disponível em <<https://goo.gl/5rylka>> Acesso em 18 set. 2016.

²⁵ Disponível em <<https://goo.gl/gkKJuu>> Acesso em 18 set. 2016.

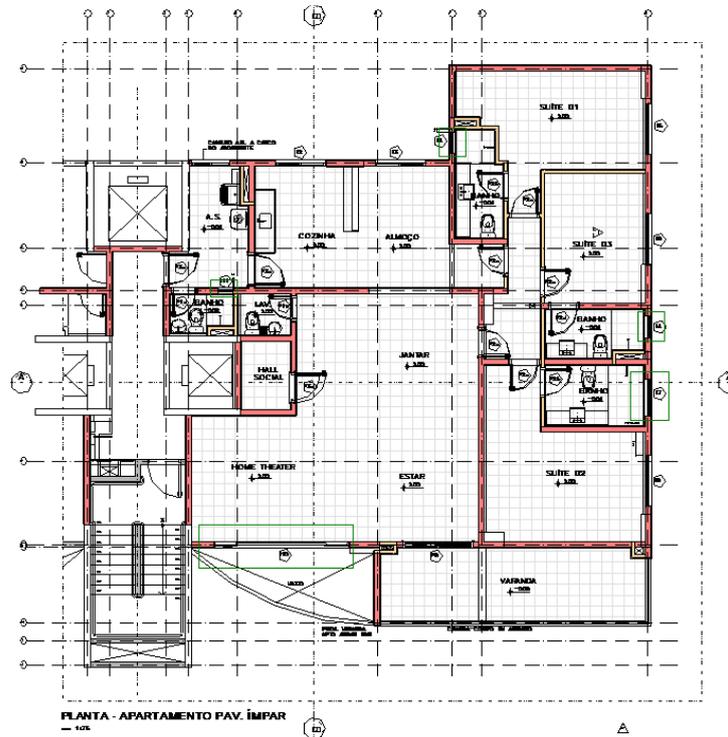
- Simulações de impacto ambiental, expectativa de vida, conforto, insolação, incêndio, dentre outros eventos.

Além disso, quantitativos dos materiais podem ser gerados e há uma significativa melhora na logística da obra, com a possibilidade de simular a locação do seu canteiro, evitando problemas com a armazenagem dos materiais por exemplo. Sendo assim, são diversos os benefícios gerados pelas trocas de informações entre os profissionais no universo BIM.

2.6 O BIM como ferramenta de auxílio ao combate de erros em projetos

Com a integração dos projetos, há a possibilidade de passar por análises de diferentes profissionais, minimizando a ocorrência de erros e interferências (clash detection)²⁶ nos mesmos, evitando a perda de tempo e dinheiro com correções a serem realizadas na própria obra devido a incoerências que podem surgir.

FIGURA 12 - Planta baixa desenvolvida em software BIM



Fonte: CURSOS CONSTRUIR (2012)²⁷

²⁶ “Clash detection” é um termo usado em referência aos testes desenvolvidos nos projetos para verificação de possíveis interferências e sobreposição de elementos.

²⁷ Disponível em <<https://goo.gl/INaJEA>> Acesso em 19 set. 2016.

FIGURA 13 - Visualização de projeto em 3D no BIM



Fonte: REVITALIZEI (2013)²⁸

Na FIG. 12 e na FIG. 13, pode-se observar que a geração de desenhos em 3D no BIM acontece de forma integrada com as plantas desenhadas em 2D, diferente da plataforma CAD em que ambos os processos devem ser modelados manualmente. Essa possibilidade de integrar diferentes projetos em um mesmo arquivo favorece a diminuição dos erros gerados por incompatibilidades, como por exemplo, os erros de compatibilidade entre projeto hidráulico e arquitetônico, que podem ter como resultado uma tubulação passando por dentro de um pilar sem o devido planejamento.

As trocas de informações são constantes no BIM, podendo ocorrer de diversas maneiras e entre diversos profissionais. Assim sendo, inúmeros erros são evitados nos variados projetos envolvidos no processo de um empreendimento.

No BIM, existem softwares que permitem a verificação e validação dos dados e informações nos projetos, como é o caso do software Solibri Model Checker desenvolvido pela Solibri. Basicamente funcionam como softwares para auditoria em projetos BIM, checando se as informações no projeto estão corretas e se as instâncias condizem com a realidade demandada. São capazes de detectar interferências que se sobrepõem, além de gerar relatórios de possíveis erros e modificações.

A mesma pesquisa que ilustra os dados destacados na FIG. 3 ressalta os benefícios da implementação do BIM segundo relatos de usuários, como pode ser observado na FIG. 14:

²⁸ Disponível em <<https://goo.gl/IQivMT>> Acesso em 19 set. 2016.

FIGURA 14 - Benefícios gerados pelo BIM, com base no Payback²⁹



Fonte: CONSTRUÇÃO MERCADO (2015)³⁰

É possível visualizar na FIG. 14 uma análise dos retornos gerados para os profissionais e para as empresas com a aplicação do BIM. Para essa análise, a pesquisa utilizou como amostra profissionais com grande experiência e profissionais com baixa/nula experiência, o que permite observar que quanto maior o conhecimento do profissional em BIM, maior o aprofundamento no universo da tecnologia e maiores, os retornos para as empresas envolvidas.

Segundo Blanco (2011)³¹ a mesma pesquisa traz os dados de que aproximadamente 46% dos usuários europeus e 32% dos usuários norte-americanos que fazem análises sistemáticas do retorno de capital investido em BIM, identificam retorno de 25% ou mais do capital nas atividades após a adoção do BIM, se comparado ao uso das demais metodologias. É possível observar pelos dados estatísticos da pesquisa que o BIM gera uma cadeia de benefícios, onde vantagens e facilidades vão surgindo ao longo do projeto.

²⁹ O Payback é uma técnica muito utilizada nas empresas para análise do prazo de retorno do investimento de um projeto. Disponível em <<https://goo.gl/wTAKQy>> Acesso em 20 set. 2016.

³⁰ Disponível em <<https://goo.gl/KmG2Pf>> Acesso em 20 set. 2016.

³¹ *ibidem*

2.7 Levantamento quantitativo de materiais e estimativa de custos

Realizar uma estimativa de custos de um empreendimento é um evento fundamental para antever os gastos nas etapas e criar opções mais eficientes de como será gasto o capital de investimento, aproveitando-o ao máximo com serviços e materiais da melhor qualidade. “Quando um orçamento é mal feito, fatalmente ocorrem imperfeições e possíveis frustrações de custo e prazo. Aliás, geralmente erra-se para menos, mas errar para mais tampouco é bom” (MATTOS, 2006, p. 22).

Tanto em obras públicas como em obras privadas, um orçamento subestimado pode levar à necessidade de gastos não planejados e até mesmo levar à paralisação da obra por falta de verba. O que realça que a aplicação do BIM pode impactar positivamente no orçamento de uma obra graças à maior precisão nas informações geradas com sua implantação.

A parametrização dos componentes no BIM exige a entrada das informações necessárias para a composição dos objetos, tais como medidas, quantidades, pesos, dentre outras características. Todas essas informações são armazenadas no banco de dados do software que está sendo utilizado e trazem como benefícios o uso posteriormente em algumas atividades, como o levantamento quantitativo dos materiais que estão sendo usados no projeto.

Orçamentistas devem considerar o uso da tecnologia BIM para facilitar a trabalhosa tarefa de levantamento de quantitativos e para rapidamente visualizar, identificar e avaliar condições, e para otimizar preços de subempreiteiros e fornecedores. Um modelo da informação da construção detalhado é uma ferramenta que permite mitigar riscos para orçamentistas, e pode reduzir significativamente custos de licitações, porque reduz a incerteza associada com quantidades de materiais (EASTMAN *et al.*, 2014, p.217).

O levantamento quantitativo fornecido pelos softwares adaptados ao BIM pode auxiliar na construção de um orçamento e na simulação de custo do empreendimento. As informações podem ser exportadas para outros programas específicos para orçamentos, para que depois as demais informações, como o preço dos materiais, sejam inseridas, mas no próprio BIM é possível colocar o custo do material e algumas outras características.

O tempo inicial gasto com a introdução dos dados nos objetos (famílias) compensa o tempo que seria gasto com o levantamento quantitativo dos materiais, agilizando o projeto. Há também a diminuição do desperdício de materiais devido a quantitativos equivocados. “Além da expressividade do consumo de materiais, a construção é tida, também, como uma grande

3 CONCLUSÃO

Observa-se através desse estudo que a criação de um empreendimento na construção civil é algo bem complexo, com grande número de processos envolvidos. Faz-se necessário o uso de ferramentas eficientes que auxiliem na coordenação, desenvolvimento e execução dessas obras para que possam ser concluídas no prazo planejado, sem a necessidade de esforços e gastos extras.

O BIM mostra-se como um grande aliado no desenvolvimento dos projetos pelos diversos benefícios gerados por sua aplicação. Há a melhoria na comunicação entre os profissionais envolvidos, além de proporcionar um maior número de informações agregadas ao projeto, o que pode gerar um grande controle do empreendimento como um todo.

Os dados mostraram que a aplicação do BIM auxilia também no desenvolvimento e na aprovação de projetos públicos e privados, tornando o processo mais rápido, além de contribuir para a formação de cidades mais estruturadas e também para a construção de projetos sustentáveis, degradando menos o meio ambiente através de inúmeras atitudes, como um melhor planejamento e aproveitamento do uso dos espaços, com um menor desperdício dos materiais.

Além disso, foi possível observar os retornos gerados para as empresas após a aplicação do BIM, sendo esses demonstrados pela exposição de informações e pesquisas comparativas com as metodologias em países onde o BIM vem sendo usado a um maior tempo, sendo plausível concluir que quanto maior o nível de conhecimento do profissional em BIM, maiores são os retornos gerados para a empresa.

Observa-se também, que com a aplicação do BIM há uma redução de diversos tipos de erros nos projetos, o que é consequência de uma melhor comunicação entre os profissionais. Com a redução dos erros há, portanto, um prazo melhor para o desenvolvimento e para a execução dos projetos, o que propicia a ocorrência de um maior número de revisões, tornando-se assim o projeto mais completo.

Nota-se uma tendência de que os conceitos do BIM continuem evoluindo e se difundindo pelo Brasil e pelo mundo, tendo em vista os ganhos de tempo e capital que podem ser gerados, consequentemente contribuindo para o melhor desenvolvimento da construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDOR, M. R. A. *et al.*. Colocando o “i” no BIM. **Revista acadêmica arq.urb**, n.4. Universidade São Judas Tadeu, São Paulo. 2010. Disponível em:<http://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf>. Acesso em: 11 set. 2016.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.4, n.2, p. 76-111, nov. 2009. Disponível em:<<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50960/55046>>. Acesso em: 17 set.2016.

BLANCO, Mirian. **Vantagens de negócio**: Saiba o que as empresas têm a ganhar ao adotar a modelagem da construção para empreendimentos residenciais e comerciais. Disponível em :<<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo283862-1.aspx>>. Acesso em: 20 set. 2016.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Obras Públicas**: Recomendações Básicas para a contratação e fiscalização de obras de edificações públicas. 4.ed. Brasília, novembro de 2002. Disponível em:< <http://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/obras-publicas-recomendacoes-basicas-para-a-contratacao-e-fiscalizacao-de-obras-e-edificacoes-publicas.htm>>. Acesso em: 14 set. 2016.

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. R. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, n.3, 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 2007. Não paginado. Disponível em:<http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/CRESPO_2007.pdf>. Acesso em: 14 set. 2016.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1.ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda, 2014. 500 p.

LIMMER, Carl. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 244 p.

MATOS, Winderson. **BIM**: entendendo a curva de MacLeamy e como funciona basicamente o fluxo de trabalho em BIM. Disponível em:<<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50960/55046>>. Acesso em: 12 set. 2016.

MATTOS, Aldo. **Como preparar orçamentos de obras**: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. São Paulo: Editora Pini, 2006. 278 p.

MATTOS, Aldo. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010. 420 p.

PACHER, Jean. **BIM - 3D, 4D, 5D, 6D**. Disponível em :<
<http://www.keepcad.com.br/blog/2015/07/91/BIM---3D,-4D,-5D,-6D>>. Acesso em: 18 set.
2016.

REIS, Pâmela. **Os custos do atraso**. Disponível
em:<[http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-
construcao/110/artigo282411-1.aspx](http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/110/artigo282411-1.aspx)>. Acesso em: 16 set. 2016.

RIBEIRO, Eduardo. BIM pode reduzir até 22% do custo de construção: entrevista [6 de julho,
2015]. Rio de Janeiro: **INSTITUTO BRASILEIRO DE ARQUITETOS**. Disponível
em:<[http://www.iab.org.br/noticias/bim-pode-reduzir-ate-22-do-custo-de-construcao-diz-
eduardo-ribeiro](http://www.iab.org.br/noticias/bim-pode-reduzir-ate-22-do-custo-de-construcao-diz-eduardo-ribeiro)>. Acesso em: 12 set. 2016.

SANTOS, Renato. **As dificuldades de implementar BIM no Brasil**. Disponível em:<
<http://bimexperts.com.br/as-dificuldades-de-implementar-bim-no-brasil/>>. Acesso em: 13 set.
2016.

SOUZA, Ubiraci. **Como aumentar a eficiência da mão de obra**: manual de gestão da
produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006. 100 p.

SOUZA, Ubiraci. **Como reduzir perdas nos canteiros**: manual de gestão do consumo de
materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005. 128 p.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10.ed. São Paulo: Pini, 2009. 769 p.