



Nicole Tresinari Bertinato

**O FORMATO BIM NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO
E GESTÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

BELO HORIZONTE
2012

Nicole Tresinari Bertinato

**O FORMATO BIM NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO
E GESTÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia Apresentada ao Curso de
Especialização em Construção Civil da Escola
de Engenharia da UFMG.
Ênfase: Gestão e Processo de Projetos na
Construção Civil

Orientador: Prof. Eduardo Marques Arantes

BELO HORIZONTE
2012

Nicole Tresinari Bertinato

**O FORMATO BIM NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO
E GESTÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia Apresentada ao Curso de
Especialização em Construção Civil da Escola
de Engenharia da UFMG.
Ênfase: Gestão e Processo de Projetos na
Construção Civil

Orientador: Prof. Eduardo Marques Arantes

Aprovada em:

Prof. Eduardo Marques Arantes
Orientador

RESUMO

Este trabalho se estrutura em torno do conceito BIM – *Building Information Modeling* – também chamado de **Modelagem de Informações da Construção** ou **Modelo Paramétrico da Construção Virtual**. Verificar-se-á sua aplicação ao processo de projeto e gestão na construção civil, como uma proposta de influenciar positivamente na qualidade do empreendimento, na medida em que se permite resolver a modelagem de edificações, as ferramentas de orçamento e a análise qualitativa de projetos, simultaneamente, numa mesma base computacional.

O número de informações indispensáveis para o desenvolvimento dos projetos e demais documentos técnicos que compõem os projetos de edifícios é grande e exige o uso de sistemas de informações eficientes, capazes de processar, transmitir e disseminar dados que representam as informações para o processo da construção civil. Os profissionais da área de AEC (arquitetura, engenharia e construção) passaram, há alguns anos, por uma grande modificação nos processos de concepção e desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e complementares, quando da transição entre as ferramentas tradicionais de desenho e projeto e as ferramentas da era digital. Conseqüentemente, verifica-se a configuração de uma nova maneira de vivenciar o processo de produção da arquitetura das edificações, utilizando-se, cada vez mais, os recursos digitais. Para tal, é preciso conhecer as novas ferramentas que surgem e evoluem a cada dia e entender como elas podem influenciar o processo de projeto e de tomada de decisões.

O trabalho foi desenvolvido através de ampla revisão bibliográfica e levantamento de informações para posterior análise da contribuição do conceito BIM na qualidade dos projetos e execução das obras, e a possibilidade de uma gestão mais eficiente da construção civil. Por fim, pretende contribuir para o conhecimento e compreensão das ferramentas BIM, de forma a poder auxiliar o processo de projeto e gestão na construção civil.

Palavras-chave: Gestão de Projetos. Coordenação de Projetos. BIM.

ABSTRACT

This work is structured around the concept of BIM – **Building Information Modeling** – also called **Parametric Virtual Building Model**. Its applying on process design and management in construction, as a proposal to positively influence the quality of the project, will be checked, once it allows solving the modeling of buildings, tools, budget and qualitative analysis of plans simultaneously, on the same computational database.

The amount of information necessary to the development of plans and other technical documents that make up the building projects is large and requires the use of efficient information systems, able to process, transmit and disseminate data that represent the construction process information. The professionals in the AEC (Architecture, Engineering and Construction) sector passed, a few years ago, by a major change in the processes of architectural and complementary planning design and process, on the transition from the traditional drawing and design tools to the digital age ones. Consequently, there is the configuration of a new way to experience the building architecture production process, using, increasingly, digital resources. For this, it is necessary knowing the new tools that emerge and evolve every day and understand how they can influence the design process and decision-making.

This work was developed through extensive literature review and survey information for later analysis on the contribution of the BIM concept for building planning and execution quality as for the possibility of a more efficient construction management. Finally, it sought to contribute to the knowledge and understanding of BIM tools in order to assist the design process and management at AEC.

Keywords: Project Management. Project Coordination. BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Articulação entre Projeto da Produção, Projeto do Produto e Projeto para Produção.	19
Figura 2. Fluxograma para projetos de edificação.....	20
Figura 3. Fluxogramas: Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto.....	28
Figura 4. Figura: Ilustração das relações entre os stakeholders em um projeto utilizando o BIM.....	29
Figura 5. Fluxo de projetos adaptado à concepção BIM.....	40
Gráfico 1. Vantagens de negócio do BIM	46
Gráfico 2. Benefícios do BIM X Payback.....	47
Gráfico 3. Fonte: McGraw-Hill Construction, in "Vantagens de negócio". Construção Mercado. Ed. 115 - 2010.....	47
Gráfico 4. Vantagens de negócio do BIM	47
Gráfico 5. Fonte: McGraw-Hill Construction, in "Vantagens de negócio". Construção Mercado. Ed. 115 - 2010.....	47
Gráfico 6. Vantagens de negócio do BIM	48
Figura 6. O Teatro Jimbocho, Tóquio (Japão), foi projetado com o Archicad.....	50
Figura 7. Freedom Tower.....	51
Figura 8. Tromsø University College.....	52
Figura 9. Nova biblioteca da PUC-RJ Archicad.	53
Figura 10. Yenagoa International Conference Centre.....	54

Figura 11. Coordenação entre modelos de diferentes disciplinas. (© M.A. Mortenson Company).....	57
Figura 12. Vários componentes do edifício que foram pré-fabricados e na sequência instalados no local. (© M.A. Mortenson Company).	58
Figura 13. BIM: Tecnologia, colaboração e inovação.....	59
Figura 14. Sobreposição dos projetos arquitetônico e de instalações em 3D. Desenvolvido pela empresa Matec empresa para construção de um data-center.....	60
Figura 15. Modelo 4-D do projeto da General Motors, nova fábrica de motores nos Estados Unidos que permitiu à equipe de projeto detectar e corrigir erros digitalmente..	62
Figura 16. Consolidação do BIM no cenário internacional.....	73
Gráfico 7. Número de artigos publicados por ano.....	91
Gráfico 8. Número de artigos por veículo x ano	92
Gráfico 9. Número de artigos publicados por autor	93
Gráfico 10. Número de publicações por instituição	94
Gráfico 11. Número absoluto e percentual de publicações por estado	95
Gráfico 12. Número absoluto e percentual de publicações por categoria	101
Gráfico 13. Número de teses e dissertações por instituição.....	101
Gráfico 14. Número absoluto e percentual de teses e dissertações por tema de pesquisa.....	103
Gráfico 15. Número de artigos publicados por ano.....	104
Gráfico 16. Número de publicações internacionais por autor	104
Gráfico 17. Número de publicações internacionais por periódicos	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Características da representação 2D que podem gerar problemas de análise no processo de Projeto.....	26
Tabela 2.	Comparação Maquete Eletrônica x Modelo da Edificação.....	31
Tabela 3.	Comparação de softwares BIM	64
Tabela 4.	Trabalhos em cada fonte de pesquisa X trabalhos sobre o tema X trabalhos de pesquisadores brasileiros ou radicados no Brasil – por fonte de pesquisa.....	90
Tabela 5.	Bases internacionais: trabalhos sobre o tema.....	91

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. BIM: ORIGEM E CONCEITOS	11
3. USO DO BIM NO PROCESSO DE PROJETO E GESTÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
3.1. GERÊNCIA DE PROJETOS E DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	16
3.2. CONCEITO TRADICIONAL CAD (2D) X CONCEITO BIM.....	25
3.3. APLICAÇÕES DO PROCESSO DE PROJETO POR BIM	32
3.4. DESAFIOS RELATIVOS AO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO.....	41
3.5. O USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA	48
3.5.1. PROJETOS E PESQUISAS RECENTES UTILIZANDO FERRAMENTAS BIM.....	49
3.6. CARACTERÍSTICAS DE TRABALHO COM O CONCEITO BIM	56
3.6.1. INTEROPERABILIDADE.....	56
3.6.2. MODELAGEM PARAMÉTRICA	59
3.6.3. ECONOMIA DE TEMPO.....	60
3.6.4. PROJETOS COORDENADOS.	61
3.7. SOFTWARES DISPONÍVEIS NO MERCADO	62
4. CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL E A CONSOLIDAÇÃO DO BIM NO CENÁRIO INTERNACIONAL E BRASILEIRO	70
5. A IMPLANTAÇÃO DO BIM NOS CURRÍCULOS DAS ESCOLAS	74
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	87
ANEXO A: ARTIGOS E TRABALHOS PUBLICADOS EM EVENTOS.....	90

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa surgiu através de uma análise da prática profissional e das dificuldades geradas pela metodologia empregada no processo de projeto de edificações, aliada à crescente difusão, no mercado da construção civil, de novos *softwares* baseados no conceito BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelagem de Informações da Construção, voltados para a concepção, construção, planejamento, gestão e manutenção dos edifícios através da modelagem por meio de objetos paramétricos e criação do armazenamento de dados fundamentais ao processo da construção civil.

Da maneira como o processo de projeto acontece nos dias de hoje, no Brasil, em que pouca atenção se dá ao processo de planejamento da edificação, são frequentes os atrasos, retrabalhos gerados por falhas de comunicação entre a equipe de arquitetura, projetistas de engenharia e responsáveis pela execução da obra e desenhos inconsistentes, dentre outros. O uso do conceito BIM tende a tentar resolver esta situação, uma vez que uma atenção especial será dada a esta fase do processo de produção das edificações, em que a elaboração e o planejamento da edificação se desenvolverão através de dados paramétricos, visualização tridimensional e compatibilização dos projetos complementares.

Na construção civil, as fases necessárias para o planejamento e construção de um empreendimento envolvem profissionais de áreas distintas com um objetivo comum. O processo de projeto pode ser definido como o planejamento de um empreendimento e deve atender às necessidades de informação de todos estes envolvidos no ciclo de produção deste empreendimento.

Sendo assim, colaboração e cooperação, junto à adoção de sistemas computacionais mais eficientes, são fundamentais para a garantia de um produto final mais próximo do planejado, com menor proporção de falhas de projeto e de execução da obra, uma vez que é alcançada uma maior aproximação entre projeto e obra.

O trabalho se propõe a realizar uma ampla revisão bibliográfica e levantamento de informações que envolvem o conceito BIM relacionado ao processo de projeto e gestão na construção civil.

2. BIM: ORIGEM E CONCEITOS

Tão logo o uso de ferramentas computacionais expandiu-se, atingindo a indústria e os profissionais, a proposição de novos paradigmas para a comunicação entre plano e construção em AEC passou a tomar forma a partir do trabalho de profissionais ligados ao American Institute of Architects – AIA, os quais iniciaram a adaptação dos conceitos já iniciados em outras áreas (SOUZA; AMORIM; LYRIO). Dizem estes:

O conceito de modelagem do produto ganhou força no final da década de 70, diante das inúmeras mudanças econômicas, com a globalização dos mercados e aumento das pressões sobre as empresas. Na busca pela melhoria dos processos tornava-se essencial uma abordagem integrada dos diferentes aspectos relacionados ao produto, a fim de atingir um mercado cada vez mais exigente quanto a prazos, qualidade e custos. A modelagem de produto surge então, como uma importante ferramenta auxiliando na concepção, validação e construção do produto, garantindo aumento da produtividade e a sobrevivência dos negócios. A modelagem baseia-se na integração dos sistemas envolvidos no desenvolvimento do produto e na utilização da tecnologia de informação como suporte para esses processos (AYRES, 2009).

No contexto da construção civil, o aumento da complexidade dos processos acarretou a necessidade de inserção de uma mentalidade industrial, buscando a aplicação de soluções adotadas na indústria da manufatura. Neste sentido, a noção de modelagem de produto adotada por outras indústrias deu origem ao conceito BIM (Building Information Modeling), como uma modelagem que busca integrar todos os processos relacionados à construção do produto edificação.

Diversos trabalhos sobre a modelagem de produto na indústria de AEC foram desenvolvidos ainda nas décadas de 70 e 80, nos EUA e Europa. Nos EUA o conceito inicial era denominado Building Product Models e já na Europa e Finlândia era apresentado como Product Information Model (EASTMAN et al., 2008).

Algumas das primeiras linhas explicitadas sobre o BIM também podem ser encontradas no artigo de Eastman publicado em 1975 no AIA Journal. O conceito desenvolvido por Eastman foi denominado Building Description System (BDS). Tratava-se de um sistema onde a representação dos elementos de projeto era baseada em informações geométricas associadas a outros atributos. Desta forma, além de criar desenhos, o sistema permitia gerar relatórios e análises referentes a quantitativos de materiais, estimativas de custo, entre outras. O projeto seria resultado do arranjo de elementos construtivos, que ao serem modificados uma única vez, eram atualizados em todas as visualizações (EASTMAN, 1975 apud EASTMAN et al., 2008).

O desenvolvimento de ferramentas que superassem a representação projetual por figuras geométricas planas está associado à cooperação entre academia, representação profissional e indústria. Afirmam Addor et al. (2011):

O Processo BIM existe desde fins da década de 80, quando Jerry Laiserin – um arquiteto da Universidade de Princeton (EUA), especialista em Tecnologia da Informação (TI) –, deu origem à IAI (International Alliance for Interoperability, atual BuildingSMART), em razão de suas pesquisas na área de TI e interoperabilidade.

Em 1987, foi lançado na Hungria o software Archicad, da Graphisoft, o primeiro software com ferramentas de BIM. A partir de então, aconteceram muitas iniciativas individuais de arquitetos americanos, europeus e asiáticos. Em 1992, Frank Gehry, montou uma equipe especializada em suporte tecnológico para suprir as necessidades de suas equipes de projeto. Em 2002, esta equipe tornou-se uma empresa independente chamada Gehry Technologies e presta serviços de modelagens em BIM tanto para atender ao próprio escritório de Frank Gehry como para atender ao mercado. Desde 1993, há quase duas décadas, o escritório ONUMA, Inc. (escritórios no Japão e EUA) vem desenvolvendo e utilizando um software de BIM, o “Sistema Onuma Open Architecture”, de tecnologia aberta. A Finlândia e a Noruega também foram pioneiras em desenvolver projetos em BIM e encontram-se em estágios mais avançados de implantação. Em 1999, foi lançado o software Solibri, na Finlândia, que oferece soluções de BIM. Na Ásia, em Cingapura, o governo estabeleceu padrões de legislação baseados em processo de BIM.

Ainda em relação à origem do formato BIM, Frank (2011) informa:

Os primeiros códigos de programação do sistema Archicad foram inseridos em uma calculadora com 64 kb de RAM, na Hungria, em 1982. A intenção era criar um programa 3D para elaboração do projeto de uma nova usina nuclear, e certificar que não haveria problemas na execução – atrelado ao bloco comunista, o país não poderia recorrer aos capitalistas. Com o desenvolvimento do programa, que não demandava alta capacidade de processamento, a Graphisoft, empresa responsável pela criação do sistema, passou a atender os arquitetos, público ignorado pelos softwares que exigiam computadores poderosos e investimentos altos

A introdução da computação na arquitetura ocorreu nos anos oitenta, revolucionando o processo de criação, projeto e até mesmo a concepção de espaço. Outra passo (sic) significativo foi a integração da tecnologia BIM (Building Information Modeling) ao programa Archicad. Mas mesmo com tais inovações, o presidente da empresa húngara, Dominic Gallelo considera que “há forte resistência de profissionais de todo o mundo em relação ao sistema”.

Representações digitais influenciaram a arquitetura primeiro na concepção, em seguida, na visualização dos resultados finais, e agora ainda mais durante a construção. Os modelos digitais 3D do edifício permitem que a informação do projeto sejam ao mesmo tempo informação de construção (SAGGIO, 1997, tradução da autora).

O BIM é, de acordo com Eastman et al. (2008, p.13), “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”. O conceito BIM, de acordo esta definição, envolve TECNOLOGIAS e PROCESSOS que devem ser usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção. Esse tem como meta a busca por uma prática de projeto mais colaborativa, num sentido em que todos os participantes da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) colaborem de maneira mais ativa para a construção de um “modelo único” de edifício. A utilização de uma prática baseada no BIM tende a melhorar a qualidade da elaboração do projeto, auxiliando na compatibilização dos projetos, entre si e com a construção, na redução do tempo e do custo da construção.

Duas principais características do BIM o diferenciam dos sistemas de CAD tradicionais. São elas: modelagem paramétrica e interoperabilidade (EASTMAN et al., 2008). A primeira permite representar os objetos por parâmetros e regras associados à sua geometria, assim como, incorporar propriedades não geométricas e características a esses objetos, informações estas, armazenadas num banco de dados dentro do programa. Assim sendo, estes modelos de construção, baseados em objetos paramétricos, possibilitam a extração de relatórios, checagem de inconsistências de relações entre objetos e incorporação de conhecimentos de projeto, a partir dos modelos, assim como a observação e ajustes referentes a conforto ambiental e outros itens projetuais, e a facilidade de comunicação entre os diversos profissionais integrantes do processo.

As modificações e desenvolvimento do projeto são processados automaticamente nas planilhas de custos, nas plantas e elevações da construção, permitindo um incremento significativo na qualidade da comunicação e, conseqüentemente, na qualidade do produto final, a edificação. Vários trabalhos (KIVINIEMI, 2005; GARCIA et al., 2003)

relacionam esse conjunto de itens para o desenvolvimento coordenado de modelos de empreendimentos.

A interoperabilidade é uma condição para o desenvolvimento de uma prática integrada. O uso de uma prática colaborativa é possível com a integração da informação entre aplicativos computacionais, utilizados por diferentes profissionais de projeto. Pela importância dessas duas “tecnologias” para o desenvolvimento do BIM a sua compreensão torna-se peça chave para a análise da produção de pesquisa em BIM. Estes dois termos – modelagem paramétrica e interoperabilidade – serão comentados mais a frente, no capítulo 3 – “Aplicação do BIM no processo de Projeto e Gestão da Construção Civil”.

Os sistemas baseados na tecnologia BIM podem ser considerados uma revolução dos sistemas CAD, pois gerenciam a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento de construção, através de um banco de informações inerentes a um projeto, integrado à modelagem em três dimensões. Neste sentido, cada item, insumo e material são quantificados automaticamente pelo próprio software. Essa possibilidade, além de diminuir e muito a parte "braçal" do trabalho dos orçamentistas, tornará possível a obtenção de estimativas de custo mais próximas à realidade e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais.

Como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007).

Para Ferreira (2007), o BIM é mais que a modelagem de um produto, já que procura englobar todos os aspectos relativos à edificação: produtos, processos, documentos, etc. A implementação de um sistema BIM em escritório de projeto reflete na alteração do método de trabalho convencional e, através dos recursos disponíveis, pode proporcionar, entre outros: o favorecimento à fase de concepção, devido à maior colaboração de dados dinâmicos; o aumento de produtividade e a melhoria da qualidade nas apresentações gráficas.

Carvalho e Scheer (2011) apresentam mais algumas definições do conceito BIM:

A tecnologia BIM quebra os paradigmas do desenho 2D para o modelo 3D de informação, baseado em objetos. As documentações básicas dos modelos deixam de ser apenas legíveis para seres humanos e passam a ter entendimento para as máquinas. O 3D paramétrico facilita a construção de um mundo virtual e sua geometria é definida por regras e parâmetros estabelecidos na concepção do modelo. As informações são embutidas em cada geometria, assim permitindo a troca de informações e atualizações automáticas de objetos (YEONG et al, 2009).

Tse & Wong (2005) apud Crespo & Ruschel (2007), BIM não é apenas um modelo de informações para visualização dos espaços. Seu agregado de banco dados nos permite ampliar suas finalidades e racionalizar os processos da construção. Hoje é comumente chamado de Modelagem da Informação ou Modelo Paramétrico da Construção Virtual.

Para Eastman (2009), BIM consiste em representar um projeto com a utilização de objetos que carregam sua geometria, relações e atributos. As ferramentas BIM permitem verificar as diferentes visões de um modelo de informação, desenho de uma produção e outros usos. Os parâmetros e regras dentro de modelo podem variar de acordo com a complexidade nela embutida. Como os desenhos 3D são legíveis para os computadores, muitos erros podem ser antecipados pelo uso das ferramentas BIM e seu uso na construção é muito superior que apenas projetos em papel.

A adoção de sistemas BIM aponta para a necessidade de revisão do processo de projeto e sua gestão na construção civil. A colaboração entre os membros das equipes de projeto passa a girar em torno de um modelo baseado nas informações necessárias para o planejamento e construção de um edifício. Nesse contexto, o envolvimento dos profissionais durante as fases de orçamento e concepção de projetos, de planejamento e de construção, mostra-se adequado à formação de um modelo consistente do edifício. (COELHO, 2008).

O BIM vem mostrando suas vantagens significativas sobre os processos atuais, e essa integração dá origem a novas oportunidades para se compreender as possibilidades que são oferecidas no processo colaborativo aplicado no ciclo de vida de uma edificação (NIBS, 2007 apud AYRES FILHO, 2009).

A adoção de sistemas BIM no mercado da construção civil será gradual e em um primeiro momento coexistirá com os desenhos gerados por softwares CAD em 2 dimensões e modelos em 3 dimensões (BERNSTEIN, 2004), cujo conceito é baseado na utilização de figuras geométricas.

3. USO DO BIM NO PROCESSO DE PROJETO E GESTÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

3.1. GERÊNCIA DE PROJETOS E DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

A terminologia 'projeto', em português, refere-se a dois conceitos distintos (SACCOMANO, et al., 2004). O primeiro, relacionado ao campo de conhecimento da administração, especificamente à área da gerência de projetos, é definido como "Um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo" (PMI, 2008), tendo sido desenvolvida a partir de necessidades técnicas de controle de custos, criação de prazos, aquisição de recursos e gerenciamento de riscos.

O segundo, relacionado à prática profissional da AEC, de acordo com a norma NBR 5670:1977 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), trata-se da:

(...) definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições especiais.

Tal dualidade não se verifica na língua inglesa. Em inglês, usa-se *Project* (PMI, idem) para a primeira acepção e *Design* para a segunda (HARRIS, 2005; BURDEN 2006). Assim, tem-se *Structural Design, Architectural Design, Building Design*, mas também *Building Project*, referindo-se ao processo administrativo do empreendimento. (idem; ibidem). Entretanto, a origem da coincidência de termos não é ocasional: o gerenciamento de projetos nasce exatamente do trabalho de arquitetos, engenheiros e construtores para lidar com as necessidades de construções complexas, havendo registro de métodos adotados para tal desde o século I a.C., pelo arquiteto Marco Vitruvius Polião (c.80/70 a.C. – c.15 d.C.); no esforço hercúleo para a reconstrução de Londres, comandada pelo arquiteto Christopher Wren (1632–1723); nas primeiras obras modernas de infraestrutura civil, por Thomas Telford (1757–1834), arquiteto por formação e também um dos criadores da engenharia civil como disciplina autônoma; assim como nas obras extraordinárias do engenheiro civil Isambard Kingdom Brunel (1806 – 1859). Entretanto, a gerência de projetos se desenvolveu como disciplina apenas no início do século XX, com os trabalhos do

engenheiro mecânico Henry Gantt (1861 –1919) e do engenheiro de minas Henri Fayol (1841 – 1925) (KWAK, 2005. Tradução da autora).

Segundo o Project Management Institute – PMI (2008), no jargão da gerência de projetos, um projeto é um conjunto de etapas que permitem que evolua do conceito até o produto ou serviço final. As ações que geram algum resultado são chamadas processos, os quais são divididos em dois tipos:

- **Processos da gerência de projetos:** se relacionam com a descrição, a organização e a conclusão do trabalho do projeto. São universais a todos os projetos, pois controlam o ciclo de vida do gerenciamento de projetos.
 - a) Processos de Iniciação – autorização do projeto ou fase.
 - b) Processos de Planejamento – são processos iterativos de definição e refinamento de objetivos e seleção dos melhores caminhos para atingir os objetivos.
 - c) Processos de Execução – execução dos planos do projeto: coordenação de pessoas e outros recursos para executar o plano.
 - d) Processos de Monitoramento e Controle – medição e monitoramento do desempenho do projeto. Garantem que os objetivos do projeto são alcançados através do monitoramento e medição regular do progresso, de modo que ações corretivas possam ser tomadas quando necessário.
 - e) Processos de Fechamento – aceitação formal do projeto (com verificação de escopo) ou fase para a sua finalização.

- **Processos orientados ao produto:** se relacionam com a especificação e a criação do produto do projeto, sendo exclusivos a cada produto. São definidos pelo ciclo de vida do projeto, e variam de acordo com a área de aplicação.

Para AEC, o projeto é a peça fundamental para a execução da obra. Trata-se tanto da ideia e da articulação de conhecimentos sociais e tecnológicos necessários para viabilizá-la, quanto da documentação necessária para orientar sua execução. Ou, dentro dos órgãos oficiais de fiscalização das atividades de AEC, “representação gráfica ou escrita

necessária à materialização de uma obra ou instalação, realizada através de princípios técnicos e científicos, visando à consecução de um objetivo ou meta, adequando-se aos recursos disponíveis e às alternativas que conduzem à viabilidade da decisão” (CONFEA, 2005). Diz MALLARD (2005):

Quando falamos em projeto arquitetônico, sabemos muito bem que estamos falando em plantas, cortes, elevações, detalhes construtivos e volumetria, isto é, em elementos gráficos representativos de um objeto que se construir. Sabe-se, também, que os projetos complementares ao projeto de arquitetura – necessários para viabilizar a edificação – constituem-se do cálculo estrutural, dos projetos das instalações hidráulico-sanitárias, dos projetos das instalações elétricas e de telecomunicações, dos projetos de proteção contra sinistros e dos projetos especiais (climatização de ambientes, exaustão de gases, condicionamento acústico e outros). Uma vez concluído, o projeto arquitetônico pode ser construído, transformando-se numa edificação, que é um objeto a ser ocupado para fins diversos.

Tem-se que, para o dia-a-dia da AEC, projeto se torna sinônimo de desenho, mais especificamente, desenho técnico normatizado (US NAVY, 2005). É através da representação gráfica que os profissionais da área comunicam-se. Fica claro que o conceito de projeto tradicionalmente adotado na área está relacionado aos processos orientados ao produto, não aos processos da gerência de projetos. Especificamente para a área, portanto, resulta que este se estende em três definições interconectadas (SACCOMANO, et al., 2004):

- o projeto do produto;
- o projeto para a produção;
- os quais compõem o projeto da produção.

O seguinte fluxograma explicita essas relações:

Figura 1. Articulação entre Projeto da Produção, Projeto do Produto e Projeto para Produção.

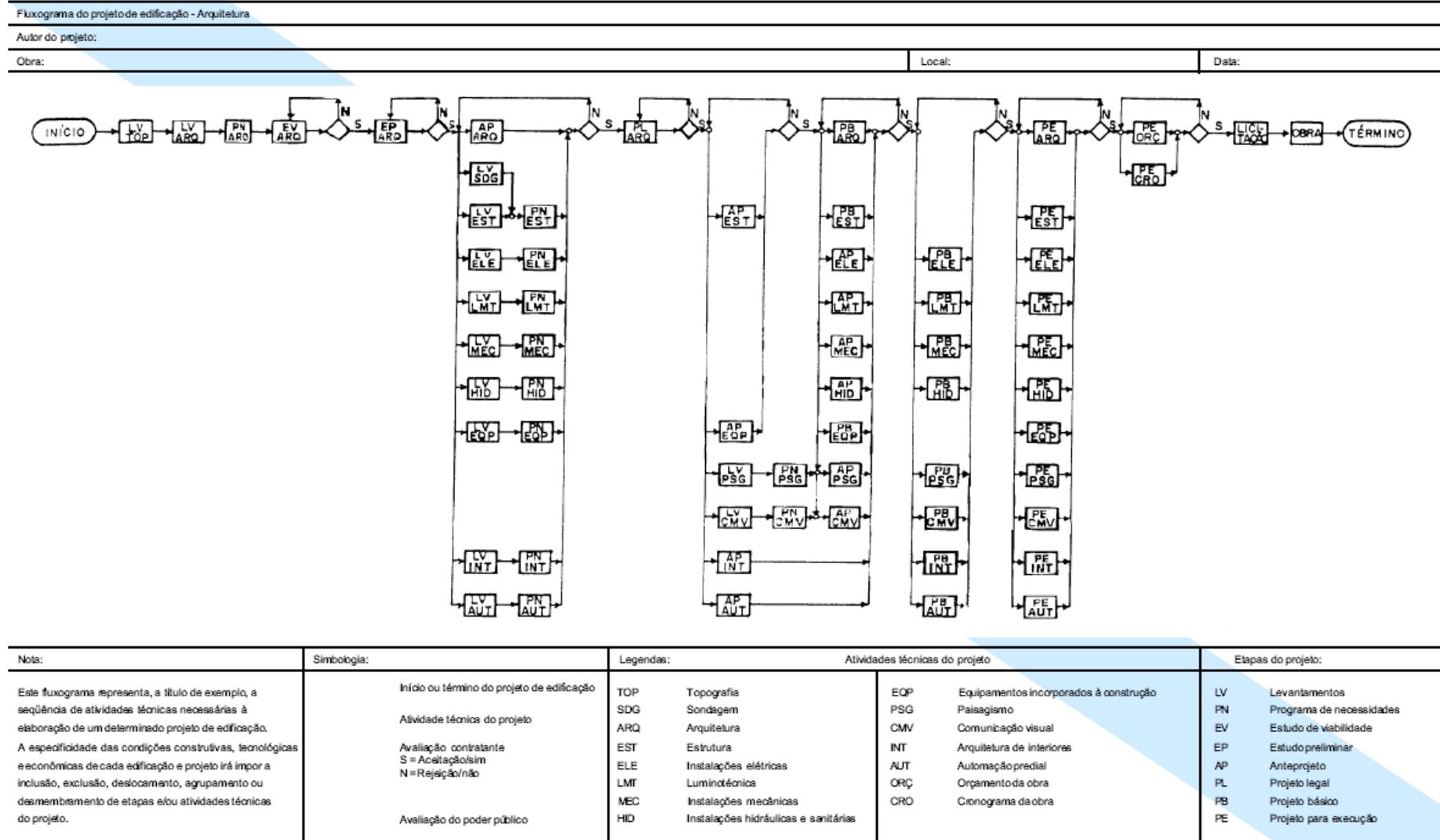


Fonte: SACCOMANO, et al., 2004.

Dado que ambos os entendimentos se originam nesta área e com tanta precocidade, é de se esperar que o projeto do produto já possua processos estabelecidos. A coordenação de atividades técnicas multidisciplinares foi alocada exclusivamente para o campo da arquitetura (CONFEA, 2005). Nos EUA, a separação de funções entre um gerente de projeto e o arquiteto coordenador vai depender do tamanho da firma, sua estrutura, organização e responsabilidades. Tipicamente essa separação só existe em equipes com mais de 10 profissionais. (THE.PROJECT.MANAGEMENT.HUT, 2008. Tradução da autora.)

As rotinas da produção projetual para edificações são orientadas pela NBR 13531:1995 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), seguindo o seguinte fluxograma:

Figura 2. Fluxograma para projetos de edificação.



Fonte: NBR 13531-1995.

Saccomano, et al. (2004), declaram que “as ações de gestão farão interface com as atividades que constituem o processo de produção dos seus empreendimentos” discriminando-as:

1. Documentos de Referência

- Projeto executivo de arquitetura;
- Projetos executivos de estruturas e fundações, de instalações hidráulicas, de instalações elétricas e de instalações mecânicas. Quando for o caso, projetos executivos de instalações especiais;
- Informações geradas por consultores, empresas especializadas em serviços e fabricantes de materiais e componentes e de equipamentos;
- Dados extraídos do banco de tecnologia construtiva da empresa;
- Dados do planejamento econômico-financeiro do empreendimento.

2. Produtos Finais

2.1. Projeto do canteiro de obras

- Desenho de implantação do canteiro;
- Plantas de locação no canteiro de equipamentos de transporte ou de controle geométrico: localização, posicionamento e montagem, deslocamento no decorrer da obra, ciclo de produção;
- Plantas e cortes transversais e longitudinais das edificações provisórias integrantes do canteiro de obras;
- Especificações técnicas para a execução das edificações provisórias.

2.2. Projeto do processo de produção

- Disposição e sequência das atividades de obra e frentes de serviço - plantas e cortes;
- Desenhos de detalhes construtivos especiais (de formas, de escoramentos, de juntas em elementos estruturais, de componentes construtivos).

Observa-se o fluxo de comunicação entre atividades técnicas distintas, em etapas distintas do projeto do produto, com o projeto arquitetônico se posicionando como *'critical path'*. Sendo, a documentação técnica produzida, o meio de comunicação entre as partes envolvidas no projeto do produto (SACCOMANO, et al., 2004), é necessário que estas utilizem a mesma linguagem, originalmente, os desenhos técnicos realizados através de instrumentos manuais (US NAVY, 2005). A partir da adoção de produção computadorizada, tornou-se perceptível, também, a possibilidade de sua utilização não

somente para a produção da documentação, mas para a solução de problemas de comunicação (CAMBIAGHI, et al., 2002):

A rápida evolução da informática na área de projetos não permitiu que nos adequássemos corretamente às suas potencialidades. Muitos ainda, usam o computador e os programas CAD, só como instrumento de desenho e não como uma ferramenta fantástica para integração e compatibilização das diversas especialidades de projeto. Soma-se a isto, que cada escritório, cada empresa, tem desenvolvido critérios próprios de layers e apresentação. Falta porém, uma real integração entre todos, que permitirá agilizar o processo de troca de informação e aumentar a confiabilidade nesta troca.

Os programas de Computer Aided Design (CAD) usados como ferramenta de desenho na AEC possuem certos princípios comuns, os quais passaram a ter propostas de padronização (CAMBIAGHI, et al., 2002):

A base de dados é o conjunto das informações disponibilizadas por todos os agentes envolvidos. É o conjunto dos arquivos de base gerado por todas as disciplinas. Nesta base de dados, os agentes do projeto buscam informações de outras disciplinas para complementar seus projetos São informações puras do tipo: "direto da fonte".

As diversas disciplinas, alimentadas com as informações da base de dados, geram as folhas de desenho. Estes arquivos são de responsabilidade individual de cada disciplina e só são enviados ao cliente e á obra através de arquivos de impressão e visualização, tipo PLT e PDF, ou em papel, para que não haja manipulação de dados e, portanto, uma efetiva rastreabilidade das responsabilidades. (CAMBIAGHI, et al., 2002)

(...)

Os arquivos de base não se constituem como infomação completa, só podendo e devendo ser utilizados como referência de outros arquivos, e só podendo se alterado por seu autor.

Tais proposições não são fruto de ações localizadas, mas agrupam todos os setores da indústria e associações profissionais (CAMBIAGHI, et al., 2002), tendo também se baseado:

(...) na classificação dos campos da norma ISO13567, sendo os mesmos adaptados às condições nacionais mantendo-se a flexibilidade necessária, para que nos eventuais trabalhos realizados fora do país e em situações

específicas de cada empresa, haja um mínimo de alterações para uma ampla conformidade com a referida norma.

Verifica-se, portanto, que a tecnologia de CAD-2D, ainda que há tanto tempo no mercado, mereceu atenção da indústria de AEC, para alcançar alguma padronização, apenas na última década e de forma orientativa, não normativa. O motivo desta falta de sistematização é obscuro, mas alguns fatores podem clarear a questão.

SILVEIRA et al. (2007), identificam alguns problemas que os responsáveis pela execução de obras encontram em projetos arquitetônicos:

Juntamente com os projetos de instalações, estes são os que mais levam o engenheiro de obras a consultar o núcleo de projeto para dirimir dúvidas.

Entre os problemas detectados verificou-se que os projetos de arquitetura apresentam erros de cotas, falta de detalhamento em relação às cotas de nível do pavimento térreo. Além disso, não possuem, em alguns empreendimentos, detalhes executivos da guarita (corte e fachada), que ocasionam dúvidas em relação à construção deste ambiente no final da obra.

Além disso, o projeto de cobertura não vem sendo detalhado ocasionando dúvidas constantes quando da execução desta fase da obra.

Ou seja, os projetos são levados à obra sem detalhamento nem compatibilização, o que significa a falta de desenvolvimento da etapa de projeto executivo de arquitetura. Como se pode observar na Figura 2, trata-se de evitar 25% do fluxo normal de projeto.

VANNI (1999) pondera sobre a integração entre projetos:

Um outro fator que prejudica a construtibilidade é a falta de integração entre os diversos projetos. Normalmente, os projetos são elaborados isoladamente, e após a aprovação do projeto arquitetônico, o calculista inicia o projeto estrutural, que será parcialmente desenvolvido concomitantemente com os outros projetistas, não existindo um envolvimento de todos nas etapas iniciais do anteprojeto arquitetônico, sendo esta a principal origem dos problemas em obras.

Observa-se que a autora sequer identificou, na indústria, a etapa de projeto executivo, levando a crer que projeto de arquitetura simplesmente é interrompido após a

aprovação do projeto legal, o que significa a falta de coordenação, como definida pelos conselhos profissionais, além da ausência de detalhamento e compatibilização, como já havia identificado por SILVEIRA et al. (2007). A solução proposta pela autora, entretanto, aponta para uma interferência maior em etapa anterior de projeto.

Também se observa uma organização do setor de AEC brasileiro absolutamente diversa do padrão internacional, que funciona pelo método *Design-Bid-Build* –(Projeto-Licitação-Construção), ou seja, a equipe de projeto é contratada pelo cliente, juntos licitam um construtor, o qual, uma vez escolhido, trabalhará sob a supervisão do cliente e da equipe de projetos (AIA, 2012). No Brasil, esse sistema contratual é tradicionalmente adotado apenas na área pública (BUENO, Júlio, 2009). Tem aparecido internacionalmente, com bastante impacto no estado americano da Flórida, (BUENO, Júlio, 2009) (AIA, 2012) o padrão Design-Built, no qual As equipes de projeto e execução se tornam uma só, a qual trata diretamente com o cliente. O padrão da indústria nacional inverte esta lógica, criando sistemas Construtor/Cliente-Contratação-Projeto ou ainda Cliente-Construtor-Contratação-Projeto, (BUENO, Júlio, 2009) organização, esta, que joga para a fase de projeto a oneração da competição por menor tempo e preço. Recentemente, segundo esse mesmo autor, observa-se uma relação dupla Construtor/Cliente-Projeto + Construtor/Cliente-Construtor Terceirizado, a qual coloca o ônus da licitação para duas partes, mas pode vir a ser uma etapa para a aproximação com o padrão internacional.

BUENO, Sílvia (2003) faz as seguintes considerações sobre a relação projeto do produto / gerência de projetos:

Dentro das condicionantes para a qualidade de projeto exposto por Castellis (op.cit) num apanhado de vários autores, podemos tirar considerações importantes quanto a (sic) relação entre clientes (construtores) e projetos:

- Quando a atividade de projeto é pouco valorizada. os projetos são entregues à obra repletos de erros e lacunas;
- Usualmente o tempo de elaboração é exíguo, sem a possibilidade de se refletir sobre as melhores alternativas de projeto - o tempo gasto com o projeto e planejamento aborrece a todos;

- Dificilmente o projetista consegue elevar a qualidade arquitetônica acima do que o cliente pretende, o resultado depende sempre dos objetivos do cliente
- Arquitetos bem pagos, perante clientes exigentes e com tempo suficiente, priorizam qualidade não lucro.

Verifica-se que, quando contratada de maneira eficaz, seguindo as rotinas e fluxos naturais de projeto, a questão financeira sequer é primordial para a equipe de projeto. E também que o padrão da construção no Brasil é a supressão de tempo e condições de trabalho para as equipes de projeto do produto.

Todos os autores apontam para um viés equivocado, por parte da liderança do setor de AEC, de economia no ponto errado do processo. De qualquer forma, sugere-se que a remoção da sequência do fluxo de projeto que cuida de forma crítica da interação entre os agentes do desenvolvimento do produto está um dos fatores responsáveis pela ausência de padrões e qualidade nos processos de desenvolvimento do projeto do produto.

3.2. CONCEITO TRADICIONAL CAD (2D) X CONCEITO BIM

A representação gráfica bidimensional (CAD-2D) utilizada, dentre outros, no desenvolvimento de projetos, consiste no planejamento do empreendimento através da elaboração de plantas, cortes, fachadas, elevações e detalhes construtivos, para análise e compreensão do produto final da proposta de projeto. Como num processo tradicional, sem o uso do computador, a informação é então, registrada como desenho bidimensional resultado de um processo de planejamento, pesquisas e armazenamento de informações e documentos manuais. Dessa maneira, os agentes envolvidos no processo de projeto e construção da obra, precisam compreender o projeto e detalhes construtivos, a partir das simbologias e representações bidimensionais. Tonissi, Goes e Santos (2011) informam:

Ferreira e Santos (2007), em pesquisa sobre a representação bidimensional na etapa de compatibilização de projetos de vedações, identificaram as seguintes limitações, que consideraram inerentes ao sistema bidimensional, de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1. Características da representação 2D que podem gerar problemas de análise no processo de Projeto

CARACTERÍSTICAS PROBLEMÁTICAS DA REPRESENTAÇÃO 2D	
Classificação	Definição
Omissão	A fim de sintetizar o desenho, são omitidas informações consideradas “óbvias” para o especialista que está projetando, mas desconhecidas para os outros agentes envolvidos, que não as levam em consideração por não estarem representadas. Também pode se caracterizar pela omissão de uma elevação ou corte necessário para a correta interpretação do projeto.
Simplificação	Pela escala do desenho, o projetista simplifica uma determinada representação, alterando o volume real do objeto ilustrado, embora com dimensões proporcionais.
Simbolismo	O objeto é representado por um símbolo cujas dimensões e formas não têm relação com o objeto real.
Ambiguidade	A mesma representação pode ser interpretada de mais de uma forma, mesmo que adicionada de notas, símbolos ou esquemas, em geral em algum ponto do contexto do desenho que pode não ser claramente percebido.
Fragmentação	Separação da informação em várias vistas ortográficas (planta, elevação, corte) e pode ser agravada com a eventual representação destas vistas em folhas separadas. O esforço cognitivo é aumentado quando é necessário correlacionar informações representadas em duas vistas diferentes, favorecendo o erro. Esse procedimento é diferente do desenho mecânico, onde as vistas devem sempre ser alinhadas, facilitando a correlação dos detalhes das vistas.

Fonte: Ferreira; Santos (2007)

Em relação ao BIM, (TONISSI; GOES; SANTOS, 2011)):

Para Eastman et al. (2008, p.13), BIM é “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”, tendo como objetivo a integração de projetos para a construção de um modelo virtual único do edifício. Segundo o autor, os modelos BIM são caracterizados por:

- Componentes do edifício, representados por objetos inteligentes que sabem o que são, e que podem ser associados a atributos gráficos e de dados, e a regras paramétricas.
- Componentes que contêm dados que descrevem seu comportamento e que podem ser utilizados em outros aplicativos para análises de desempenho ou orçamentação, por exemplo.
- Informações consistentes e não-redundantes, ao permitir alterações automáticas de várias vistas do objeto.
- Informações coordenadas, a partir da coordenação e organização das vistas do modelo.

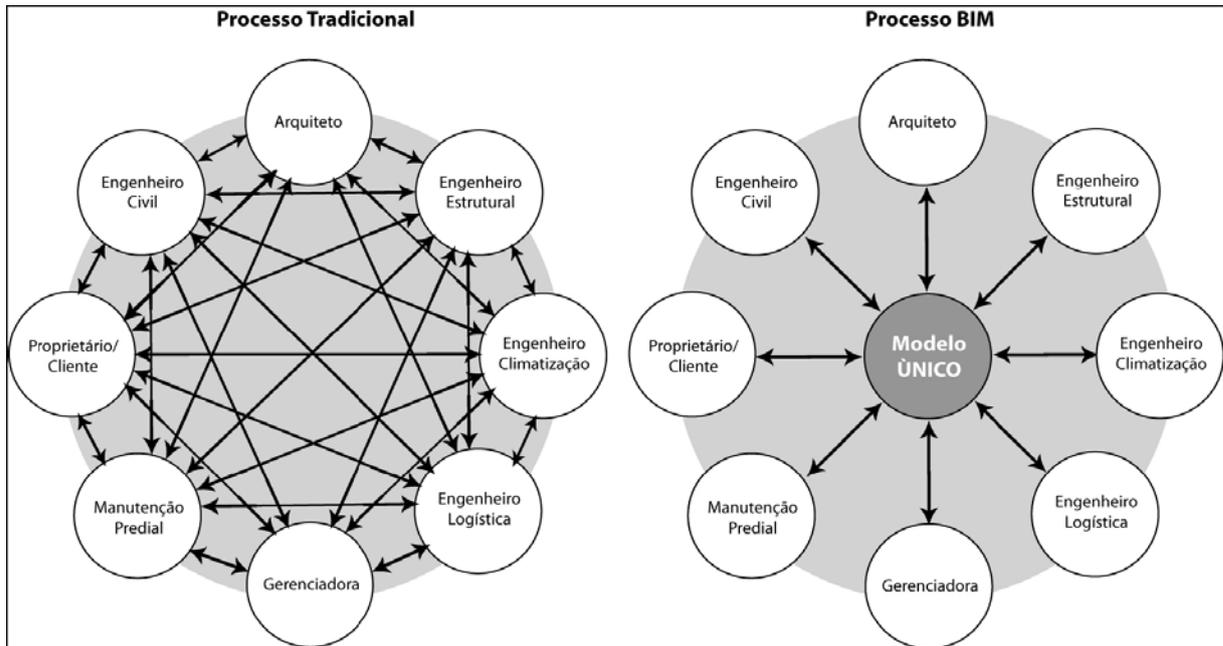
A diferença entre um modelo desenvolvido através do conceito BIM e um modelo desenvolvido através do processo convencional 3D é que este último é apenas uma representação tridimensional geométrica do edifício, que auxilia no processo de projeto devido à sua facilidade de visualização e na compreensão do objeto projetado, por parte do cliente final e construtores; enquanto um BIM é organizado como um protótipo do prédio, em termos de elementos construtivos utilizados no edifício como pisos, paredes, portas, janelas, revestimentos, seus espaços entre outros elementos, e uma vasta gama de informações associadas a cada um desses componentes, através de relações paramétricas. O modelo BIM pode, normalmente, ser visto em 3D, mas o modelo também inclui informações usadas por outros aplicativos de análise, tais como estimativa de custos, simulação de consumo de energia, iluminação natural, etc. (GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2007).

Apesar de ambos os sistemas possibilitarem a geração de desenhos bidimensionais, a partir dos modelos tridimensionais, outra diferença entre o BIM e um sistema CAD 3D é que o primeiro permite a geração automática de plantas, cortes, fachadas e elevações, com simbologias bidimensionais (EASTMAN et al., 2008), enquanto o último ainda requer inserção manual de algumas representações (FERREIRA, 2007). Em um modelo BIM, pode estar embutida toda a informação necessária à documentação técnica e gráfica, desde as fases iniciais de projeto até após a conclusão da obra, incluindo todo o ciclo de vida do edifício, integrando as disciplinas de projeto em um modelo único (Figura 1). Esses dados podem ser utilizados para verificações construtivas, análises estruturais, quantificação de materiais e serviços, e planejamento de obra.

Os componentes do edifício são objetos digitais codificados que os descrevem e representam. Por exemplo, um objeto parede é um objeto com propriedades próprias de paredes e possui as informações e as relações de uma parede, relacionando os elementos entre si (portas e janelas devem estar embutidas em paredes, por exemplo), assim como seus componentes. Isto quer dizer que este objeto é representado por dimensões como comprimento, largura e altura, além de possuir seus atributos parametrizáveis como materiais, finalidade, especificações, fabricante, e preço.

Eastman et al. (2008) define objetos paramétricos como elementos que possuem definições geométricas com dados e regras associados, que automaticamente alteram outros componentes e volumetrias associados ao contexto do objeto (exemplo: uma parede é automaticamente redimensionada quando uma porta é inserida ou modificada). Além disso, estes objetos possuem associações em diferentes hierarquias, o que permite que um objeto e seus atributos sejam automaticamente alterados, caso um de seus componentes sejam modificados.

Figura 3. Fluxogramas: Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto



Fonte: Adaptado de Pries (2010)

Figura 4. Figura: Ilustração das relações entre os stakeholders em um projeto utilizando o BIM.



Fonte: <http://www.arq-e-tec.com/2010/01/bim-archicad-vs-revit-vs-vectorworks>.

Analisando os dois conceitos utilizados no processo de projeto na construção civil e verificando resultados de estudos de caso publicados por Tonissi, Goes e Santos (2011), podemos citar alguns benefícios do BIM em relação ao CAD (2D) como:

- maior detecção de interferências e inconsistências geométricas, uma vez que a representação bidimensional (CAD-2D) apresenta limitações quanto ao desenvolvimento de projetos em relação à modelagem tridimensional BIM, que não só possibilita melhor visualização do projeto, como também seu próprio processo de desenvolvimento permite detecção de conflitos relativos à falta e incompatibilidade de informações.

- diminuição de retrabalhos e tempo de execução ao longo das fases de projeto, ao permitir que modificações em um elemento sejam reproduzidas automaticamente para todas as vistas do modelo – as ferramentas possibilitam alterações automáticas em todas as vistas e edições de dados paramétricos, em vez de alterações geométricas.

Continuam, esses autores:

O tempo de modelagem é apontado pela pesquisa de Tse, Wong e Wong (2005) como uma das principais barreiras para a aceitação do BIM como processo de desenvolvimento de projeto.

(...)

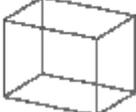
Entretanto, é possível afirmar que o processo de modelagem é uma atividade que não será refeita a cada fase de projeto, como o é no processo tradicional, em que cada revisão envolve a produção de novos desenhos ou modificações mais trabalhosas, ou seja, cada alteração em planta requer alterações em todos os desenhos e dados correspondentes: cortes, fachadas, detalhes, cálculos de áreas, tabelas de materiais, etc. Dessa maneira, embora o tempo de modelagem seja relativamente longo, a modificação do modelo é relativamente simples e rápida, gerando economia nos prazos de execução se for analisado o processo com um todo.

Em (PINIWEB/2008), Dominic Gallelo, presidente da Graphisoft, também avalia a migração de uso do CAD tradicional para o sistema BIM:

Essa migração ocorre nos países, alguns de forma mais ou menos acentuada, por diferentes razões. Há a razão cultural. Na Rússia, há um verdadeiro boom de nossos produtos. A situação na China é similar. Eu acho que para eles o 3D é algo natural. A pressão de mercado e a educacional também são outros fatores. Nos EUA, a associação de arquitetos é categórica ao indicar 3D. Além disso, as empresas de construção estão usando o chamado 5D – 3D, mais custo e prazo. As construtoras utilizam essa ferramenta para apresentar os projetos, e o arquiteto não pode ficar no 2D. Fizemos uma pesquisa com nossos usuários e descobrimos que nenhum considera que o 2D é suficiente.

Na Tabela 2, abaixo, pode ser visto um resumo comparativo entre o Conceito Tradicional CAD (2D), utilizando-se de maquete eletrônica (3D) e o Conceito da Modelagem de Informações da Construção (BIM), utilizando-se de parâmetros construtivos para a sua elaboração.

Tabela 2. Comparação Maquete Eletrônica x Modelo da Edificação

	ABORDAGENS	
TERMOS CORRELATOS	MAQUETE ELETRÔNICA	MODELO DA EDIFICAÇÃO
Plataforma	CAD convencional	BIM
Característica Geral 01	Não orientada a objetos e sem objetos paramétricos	Orientada a objetos com os objetos paramétricos
Característica Geral 02	Desenhos técnicos desvinculados da maquete eletrônica	Desenhos técnicos vinculados ao modelo da edificação
Exemplo de Software	AutoCAD 2000, 2004, 2006 e 3D Studio	Revit e ArchiCAD
Característica do software	O <i>software</i> não utiliza o conceito de BIM	O <i>software</i> utiliza o BIM
Tipos de Objeto	Linhas e Volumes	Paredes, Portas e Janelas
Visualização em 3D de um cubo como exemplo	A mesma nas duas abordagens 	
O software entende uma parede como sendo	Um sólido ou volume em 3D	A representação de uma parede como na edificação pronta
Informações que representam o projeto	Informações sobre: <ul style="list-style-type: none"> • Posição no Espaço • Componentes • Linhas ou Volumes • Aparência • Textura 	Informações sobre: <ul style="list-style-type: none"> • Geometria 3D • Posição no Espaço • Parâmetros de controle • Custos, Cronogramas • Especificações • Fabricantes • Ordens de compra • Listas de Pessoal • Manuais de Operação • Registros de Manutenção • Registros de Inspeções • Executor

Fonte: ARAÚJO, Thiago Thielmann; HIPPERT, Maria Aparecida Steinerz; ABDALLA, José Gustavo Francis./2011

Na maioria das vezes, no Brasil, o projeto é desenvolvido através do tradicional programa CAD, simultaneamente com o modelo tridimensional, sendo, cada um, desenvolvido em programas específicos diferentes, para auxiliar no processo de criação e desenvolvimento do projeto, assim como para melhor visualização por parte do cliente final. Dessa forma, os desenhos técnicos são produzidos desvinculados do modelo tridimensional, em que a geometria é baseada em coordenadas para o desenvolvimento de entidades gráficas, formando elementos de representação (paredes, portas, lajes, etc.).

Utilizando-se de programas desenvolvidos através do formato BIM, os desenhos técnicos são vinculados ao modelo tridimensional, uma vez que a elaboração do modelo é feita através de parâmetros construtivos como paredes, portas e janelas, ao invés de linhas representativas usadas no tradicional sistema CAD.

No formato BIM é possível criar objetos com parâmetros de controle, “que determinam suas restrições, características e comportamento” (CRESPO e RUSCHEL, 2007b). Como exemplo, podemos partir do objeto porta. Um parâmetro de controle seria: a porta só poderá ser colocada a uma distância mínima de dez centímetros da parede e a quarenta centímetros de uma janela (AYRES e SCHEER, 2007).

Todas as informações que podem ser agregadas ao objeto serão armazenadas no banco de dados do programa, evitando a necessidade de desenhá-lo várias vezes, nem mesmo em caso de modificações de projeto.

Como existem parâmetros que determinam a representação em cada situação (planta, corte, elevação e perspectiva, etc.), a visualização passa a ser função de uma escolha do usuário, e não da geração manual de um desenho adicional. A representação é, portanto, automática. (AYRES e SCHEER, 2007)

3.3. APLICAÇÕES DO PROCESSO DE PROJETO POR BIM

O BIM se apresenta como um importante conceito a ser empregado no processo de planejamento, gestão, construção da obra, orçamentação e ciclo de vida da edificação. Um projeto complexo, que envolve muitos profissionais e muitas tecnologias, pode ser facilmente gerenciado, pois ele facilita o processo colaborativo e concentração das informações em um modelo único. Por sua vez, um planejamento da obra bem feito resulta em uma obra mais eficaz, com menos erros, desperdícios e retrabalhos; além de uma orçamentação também com menor porcentagem de erros.

Ruschel et al. (2010, p. 138) citam três aspectos fundamentais do BIM: “a modelagem paramétrica para desenvolvimento do ‘modelo único’, a interoperabilidade

para integração e colaboração e troca de informações dos envolvidos e a possibilidade de gestão e avaliação do projeto em todo seu ciclo de vida”.

O compartilhamento das informações entre todos os agentes envolvidos dificulta omissões, o que significa que se algum problema vier à tona, a solução é recorrer aos dados armazenados, já que todos os dados, responsabilidades e direitos ficam registrados em projeto. O banco de dados completo do empreendimento, com informações detalhadas sobre uso e manutenção, também poderá ir de encontro com as reclamações de consumidores.

Ao se trabalhar com o conceito BIM, os softwares geram as pranchas, os desenhos e os detalhamentos com mais facilidade, reduzindo drasticamente o tempo que os profissionais perdem em passar para o papel a documentação do projeto. É dado um maior foco no projeto e melhor preocupação nas formas de representação gráfica (LAUBMEYER et al., 2009). Sendo assim, todas as representações são atualizadas automaticamente quando se faz uma alteração no projeto. Como exemplo, a representação tridimensional do projeto ou a maquete eletrônica é atualizada automaticamente quando é feita uma alteração nos projetos em 2D, como a planta baixa.

Uma alteração na dimensão de uma parede refletirá em alterações na maquete eletrônica e automaticamente na planilha de custos. Segundo Florio (2007):

(...) os elementos construtivos são paramétricos interconectados e integrados. Com o aprimoramento das capacidades de parametrização contidas nos programas gráficos é possível alterar seus componentes já modelados e obter atualizações instantâneas que repercutem em todo o projeto.

Este é o conceito de modelagem paramétrica para desenvolvimento do ‘modelo único’. (FLORIO, idem)

Outro ponto possibilitado pela ferramenta BIM, é em relação ao seu desempenho térmico analisado no projeto arquitetônico, através da conjunção das informações

geométricas, tais como forma, posição e dimensões, com as não-geométricas, que incluem propriedades térmicas dos componentes construtivos. No processo tradicional de criação e desenvolvimento de projeto – CAD (2D) + modelo tridimensional – também são possíveis estas análises, porém na maioria das vezes trabalhadas em programas computacionais diferentes e raramente contratadas.

Além de outros benefícios citados neste trabalho, o BIM pode vir a ser uma importante ferramenta de compatibilização de projetos, mais eficaz que os métodos tradicionais – que se utilizam de abstrações, sobreposições de desenhos e representações bidimensionais em CAD 2D – para a identificação de conflitos entre diferentes disciplinas de projeto, uma vez que as interferências dos complementares entre si e na arquitetura podem ser detectadas mais facilmente e com maior antecedência, através do modelo único. Aos profissionais envolvidos no processo é permitido o desenvolvimento colaborativo de um modelo de dados – este, por sua vez, é o conceito de interoperabilidade para integração e colaboração e troca de informações dos envolvidos. Em estudo desenvolvido por Goes e Santos (2011):

é verificado que o processo de compatibilização com modelos BIM detectou 78% mais inconsistências que o convencional, identificando que o próprio processo de modelagem contribui para a verificação de problemas, ao demandar maiores informações de projeto e seus componentes para a montagem adequada do modelo virtual, e embora exija maior tempo nas etapas iniciais do trabalho, economiza tempo considerável em seu detalhamento posterior.

A compatibilização de projetos é uma das principais atividades de projeto em que se pode interferir na qualidade final do projeto e da obra, através da redução de retrabalhos, desperdício de materiais, e no tempo de execução dos projetos e da obra.

Vasconcellos (2002) argumenta que “em vez de pensar a compartimentação estrita do saber, passa-se a focalizar as possíveis e necessárias relações entre as disciplinas e a efetivação de contribuições entre elas, caracterizando-se uma interdisciplinaridade”.

Outro departamento também impactado pelo BIM e que, para muitos talvez seja o mais impactado, é o de orçamentos. A extração de quantitativos do projeto, hoje feita manualmente e com margens flexíveis de erro, passa a ser feita de forma automática: uma vez que o modelo paramétrico esteja pronto, o próprio software gera a lista de materiais. Significa que o processo de orçamentação vai se tornar muito mais rápido e assertivo. Witicovski e Scheer (2011) citam:

Nas planilhas de custos detalhadas, uma quantidade significativa de tempo é gasto em interpretação, visualização e esclarecimento de desenho e especificação de informações, além de cálculos agregados às quantidades de mão de obra, materiais e equipamentos (SHEN; ISSA, 2010). Devido à complexidade de se estimar, aqueles que realizam o levantamento de quantitativos necessitam visualizar os itens que estão quantificando. A estimativa é a espinha dorsal do sucesso financeiro a qualquer projeto de construção (ALDER, 2006).

(...)

A principal vantagem da modelação 5D (modelação + tempo + custos) para os construtores é o aumento da precisão durante a construção, com menos desperdício de tempo, de materiais e de redução de alterações durante a execução das obras. Pode-se controlar tanto as atividades críticas que se sobrepõem durante a execução, compreender através de imagem virtual o projeto final, existindo uma maior conciliação das especialidades (AZEVEDO, 2009).

Todas as ferramentas BIM fornecem recursos para extração de quantitativos de componentes, quantidades de material, área e volume dos espaços. Esses recursos também incluem ferramentas para exportação de dados quantitativos em uma planilha ou uma base de dados externa (EASTMAN, et al., 2008). A estimativa é mais complexa do que simplesmente a obtenção de uma lista de materiais e suas dimensões. "Isso envolve a análise do edifício, o agrupamento de objetos em conjuntos apropriados para a construção, montagem e configuração de variáveis de item e, em seguida os preços dos objetos." (KHEMLANI, 2006).

Os projetistas e orçamentistas devem coordenar métodos para padronizar os componentes de construção e os atributos associados com os componentes para o levantamento de quantitativos. As estimativas de custos obtidas a partir do modelo de construção serão mais precisas a partir do rigor e nível de detalhe já modelado (EASTMAN et al., 2008).

A partir das informações citadas acima, é possível afirmar que o planejamento da obra – etapa de projeto – utilizando-se do formato BIM apresenta uma grande evolução em relação ao processo tradicional de desenvolvimento de projetos. Ao mesmo passo que,

um projeto bem elaborado é a base para um bom gerenciamento. Então, pode-se concluir que a possibilidade de gestão e avaliação do projeto a ser edificado, em todo seu ciclo de vida, é feita com maior clareza e eficiência, através do conceito BIM (WITICOVSKI; SCHEER, 2011):

A integração entre os processos de projeto e produção no setor da construção revela que sua efetivação depende prioritariamente de um planejamento adequado e do gerenciamento do fluxo de informações. O processo construtivo deve ser pensado durante o desenvolvimento do projeto para que problemas como incompatibilidade entre projeto e execução, não sejam causadores de aumento de custos e para que estejam contemplados todos os quesitos que definem a qualidade pelo seu conceito mais abrangente (REZENDE, 2008).

O planejamento não deve ser um elemento imutável, mas sim sensível às alterações ao projeto que vão surgindo ao longo da vida útil da sua criação e à sua posterior implementação. O grau de detalhe a considerar deve ser adequado para que não haja nem falta de informação nem elementos supérfluos que compliquem ou aumentem desnecessariamente o planejamento (SANTOS, 2010).

Os modelos geométricos tridimensionais (3D) quando ligados ao planejamento da construção, transmitem de um modo bastante claro o processo construtivo, constituindo um apoio importante na concepção e execução do projeto (SANTOS, 2010). A Construção Virtual permite coordenar as alternativas de desenho e planejamento, servindo para sincronizar e analisar as mudanças entre o desenho, custo e cronograma (AZEVEDO, 2009).

Outras questões podem ser somadas ao planejamento da obra, utilizando-se do modelo único gerado através do uso do BIM, como a possibilidade dos construtores gerir e simular as etapas da construção, assim como analisar melhor a possibilidade de construção antes da execução (AZEVEDO, 2009). Dessa maneira, os modelos 4D constituem uma contribuição positiva no apoio a decisões sobre o estabelecimento de estratégias de planejamento (SANTOS, 2010).

Planejar pode ser entendido como um processo de previsão de decisões, envolvendo o estabelecimento de metas e definição dos recursos necessários para atingi-las. O processo de planejamento deve ser estruturado para atender à hierarquia das decisões estratégicas, operando com a manipulação de dados e geração de informações, permitindo avaliar o impacto de estratégias de produção no resultado do

empreendimento e na empresa como um todo (MORAES, SERRA, 2009). Continuam Witicovski e Scheer:

O entendimento e programação da seqüência de atividades que serão realizadas no canteiro de obras são fundamentais para antecipar decisões e soluções que contribuam para diminuir desperdícios de tempo, de materiais e de recursos financeiros. Os programas BIM podem contribuir enormemente para a integração das informações provenientes dos diversos projetos em um único modelo digital 4D/BIM, constituído por um banco de dados de todos os elementos construtivos e suas relações espaciais (FLORIO, 2007).

Erros identificados virtualmente não têm conseqüências graves – desde que identificadas e tratadas cedo o suficiente para que eles possam ser evitados no canteiro de obras. Quando um projeto é planejado e construído, a maioria de seus aspectos relevantes para a construção pode ser considerada e comunicados antes de estarem concluídas. Afinal, se há uma oportunidade de fazer o certo, faz muito sentido se preparar bem para essa ocasião virtual, e assim reduzir os riscos inerentes e melhorar as chances de sucesso e eficiência (KYMMEL, 2008).

Portanto, o diagnóstico do fluxo de informações constitui etapa essencial para reconhecer se o mesmo está operando de forma eficiente, como também detectar os percursos das informações ditos desnecessários a fim de eliminá-los, tornando o fluxo mais enxuto (NASCIMENTO e SCHOELER, 1998).

A devida compreensão do planejamento apoiado no CAD 4D/BIM proporciona simulações de atividades críticas antes da execução. Desta forma, o canteiro pode ser um bom cartão de visitas, reduzindo os riscos de acidentes, criando maior motivação junto aos funcionários e proporcionando um substancial aumento da competitividade.

Na outra ponta do processo, o BIM tende ainda a diminuir o prazo das obras. Com a compatibilização dos projetos das várias disciplinas feita no modelo 3D, grande parte dos erros que seriam descobertos somente durante a execução é eliminada, reduzindo as chances de paralisações e atrasos. Além disso, a possibilidade de simular a seqüência construtiva no modelo ajuda a tornar o planejamento mais eficiente e a otimizar a logística do canteiro.

"A obra vai andar de maneira muito mais fluida, os materiais serão entregues na hora certa, no lugar certo, é uma construção bem planejada e a tendência é que se tenha

uma execução mais curta", avalia Lucio Soibelman, professor do departamento de engenharia civil e do meio ambiente da Carnegie Mellon University, nos Estados Unidos.

Assim, algumas empresas brasileiras já possuem como próximo passo a ser dado, a utilização da tecnologia nos processos de medição no canteiro de obras: avaliar o que já foi executado, o que ainda vai ser feito, o que precisa ser comprado pela área de suprimentos e outros.

Tobin (2008) apresenta as três gerações de adoção do BIM, nomeando-as de BIM 1.0, 2.0 e 3.0:

Para o autor, o BIM 1.0 é caracterizado pela substituição do desenvolvimento de projetos emCAD bidimensionais por modelos 3D parametrizados. Nesta fase, entretanto, o desenvolvimento do modelo é um processo individualizado, restrito aos projetistas, sem o envolvimento e colaboração de profissionais de outras áreas.

O BIM 2.0 expande o modelo a outros profissionais, além dos envolvidos no desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais. Nesta fase, modelos associando informações, tais como o tempo (4D), dados financeiros (5D) e análise de eficiência energética, dentre outros (nD), são associados ao sistema. Para tal, é necessária a cooperação entre os projetistas, consultores, empreendedores e construtores, com as devidas preocupações quanto à interoperabilidade dos dados, tendo em vista permitir o intercâmbio das informações entre os diversos participantes. A adoção efetiva do BIM 2.0 já é realidade em empreendimentos na América do Norte, Ásia e Europa. O sistema Revit, desenvolvido pela Autodesk, oferece suporte à colaboração multiusuário, utilizando o recurso Worksharing, que permite acesso simultâneo a um modelo do edifício compartilhado entre vários usuários. A solução exige a adoção do software Revit por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos, os quais são elaborados localmente no sistema do usuário e disponibilizado no modelo compartilhado.

Crespo e Ruschel (2007) afirmam que o modelo BIM da Autodesk possui recursos de coordenação da informação entre colaboradores em ambiente de rede extranet, o que exige planejamento nas regras de acesso a dados e busca de padronização para evitar conflitos de comunicação. Porém, as comunicações interativas textuais entre colaboradores não são suportadas pelo Revit. Para este fim, pode-se usar o Buzzsaw da mesma empresa, que é um software de ambiente de colaboração virtual. Empresas provedoras de sistemas colaborativos para gestão de projetos na construção civil estão incorporando recursos que permitem a distribuição de modelos BIM através de plataforma WEB. Serviços, tais como o Asite, Buzzsaw e Newforma, dentre outros, oferecem

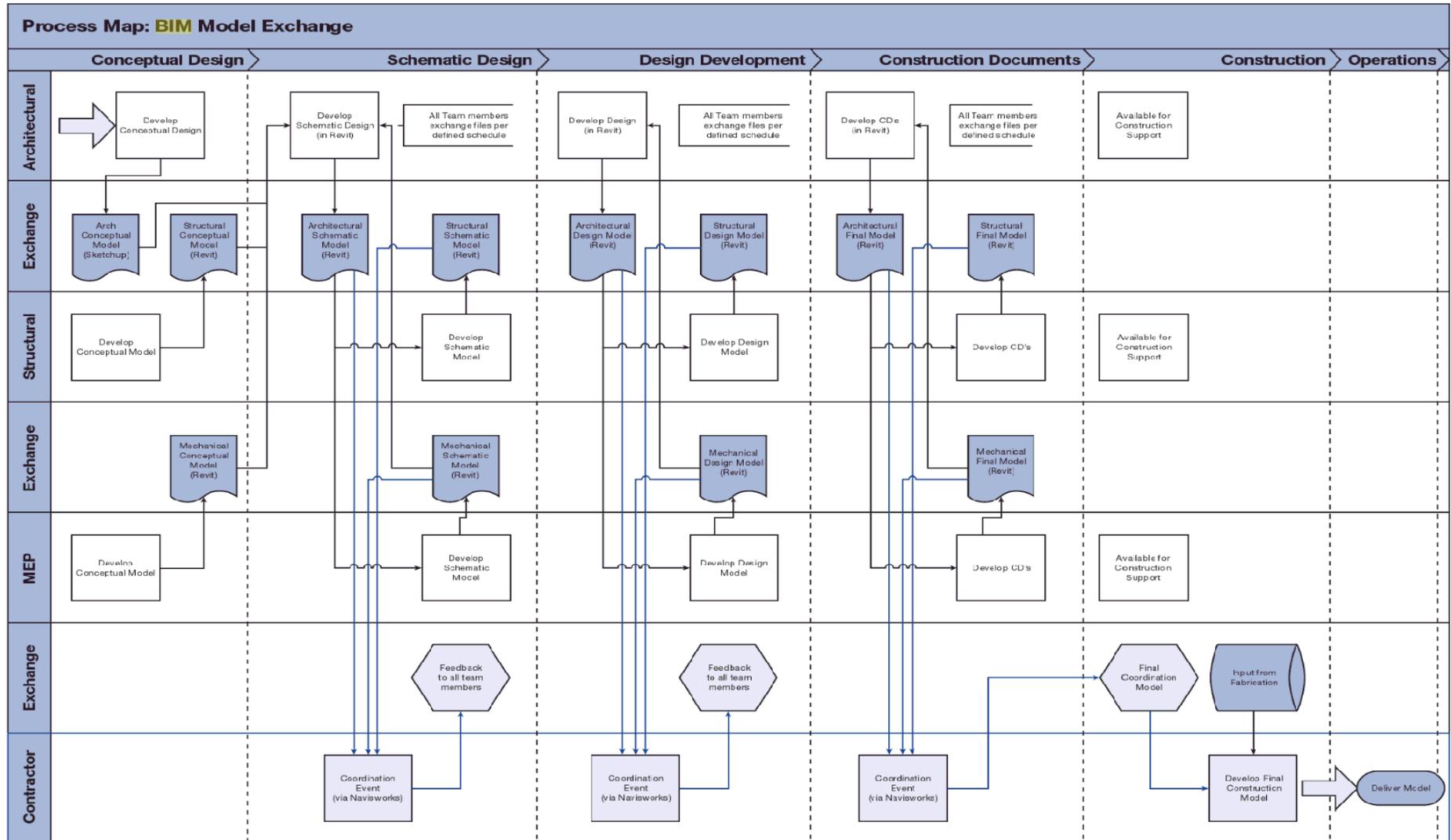
recurso para armazenagem de projetos desenvolvidos em sistemas BIM.

A era pós-interoperabilidade (BIM 3.0) é considerada por Tobin (2008) a terceira geração da adoção do BIM. No BIM 3.0, o intercâmbio das informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto é realizado através de protocolos abertos, tais como o IFC e os protocolos elaborados pela BuildingSmart, que permitem aos profissionais o desenvolvimento colaborativo de um modelo de dados que pode ser considerado um protótipo completo da construção do edifício.

Tobin (2008) especula que o modelo do BIM 3.0 estará disponível através de um banco de dados acessível através da internet, onde os modelos BIM serão construídos colaborativamente em um ambiente 3D.

A AIA (2009) propõe, então, em associação com a indústria de TI, uma nova solução de fluxo de projetos:

Figura 5. Fluxo de projetos adaptado à concepção BIM.



Fonte: AIA

3.4. DESAFIOS RELATIVOS AO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO

Os desafios relativos ao processo de implantação desse novo panorama de trabalho são muitos, percorrendo desde os escritórios de arquitetura, projetos complementares, gestores da obra, até o cliente final, passando também, por novas necessidades de investimentos e a mudança de entendimento do processo de planejamento da obra, por parte da própria indústria da construção civil. Do outro lado, a criação de bibliotecas de componentes (que aproximem o sistema virtual à realidade da obra) também se torna necessária.

A partir do momento em que estamos trabalhando com uma mudança de processo, naturalmente gera uma mudança de paradigma e sendo assim, os profissionais, arquitetos, engenheiros de instalações, cálculo, precisam estar envolvidos com essa nova necessidade e inteirados da mudança.

A mudança nos softwares e hardwares é necessária, uma vez que estaremos implantando novos sistemas de concepção e desenvolvimento de projetos. O treinamento para adequar as equipes a esse desafio é imprescindível, sem ele não se trabalha com a nova ferramenta.

Com a implantação do BIM na construção civil, fornecedores de produtos e materiais entram no processo de criação tanto de projetos de arquitetura como de elétricos, hidráulicos e de estrutura. Para que os desenhos virtuais possam de fato representar a realidade de uma obra, a criação de bibliotecas de componentes se torna essencial, assim como a maior aproximação entre fornecedores, arquitetos e engenheiros.

Além de informações detalhadas dos produtos, tais como dimensões e características físicas, também será necessária a divulgação de dados relativos aos seus desempenhos, bem como às normas técnicas, à aplicabilidade e até à manutenção. É o que aponta Fernando Augusto Correa da Silva, diretor da Sinco Consórcio Técnico. Mas muito mais do que mudar o conteúdo dos catálogos dos fornecedores, ele acrescenta a

necessidade do investimento em aplicativos que integrem as informações de seus produtos aos softwares em 3D.

Segundo Maria Angelica Covelo Silva, diretora da NGI Consultoria e Desenvolvimento, não há regras, tampouco padrões mínimos de qualidade que possam auxiliar os fornecedores a criar suas bibliotecas de componentes. "Pretendemos, no entanto, formular diretrizes que possam criar padronizações e, ao mesmo tempo, respeitar a heterogeneidade dos diferentes tipos de fornecedores da construção civil", afirma ela, que também é coordenadora do grupo interinstitucional sobre BIM que envolve associações setoriais.

A interação de toda a cadeia produtiva AEC (arquitetura, Engenharia e Construção) é fundamental para o sucesso da implantação do sistema, envolvendo desde os arquitetos, projetistas, passando por incorporadoras e construtoras, poder público, setor de obras/construção, setor de vendas, indústria e *facilities*, uma vez que o processo permeia todos os setores e pressupõe esta integração.

Addor et al. (2011), citam que dois anos antes de sua publicação, associações de projetos em São Paulo e no Brasil, como a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (Asbea), a Associação Brasileira de Cálculo Estrutural (Abece), a Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais (Abrasip) e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP), vêm se reunindo, para analisar e discutir essa nova plataforma de trabalho, estudando "cases" com empresas do setor e com as indústrias de materiais de construção, envolvendo até mesmo a participação de universidades, como a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Presbiteriana Mackenzie e a Universidade São Judas Tadeu (USJT).

Além destas iniciativas, ainda teremos grandes desafios a serem vencidos, para a consolidação do BIM no Brasil, como os já apontados que são: o treinamento dos profissionais e das empresas que envolvem toda a cadeia da construção civil, dos investimentos em hardwares e softwares; e outros ainda como a necessidade de mudanças de contrato entre os escritórios da construção civil e o cliente/contratante, fora os avanços

nas questões de interoperabilidade dos softwares e maior envolvimento das indústrias dos insumos da construção civil, que devem participar ativamente não só dos processos de implantação, como também da interoperabilidade de seus produtos, e ainda preparar e fornecer seus modelos em 3D, através da formatação de bibliotecas de componentes. Para a validação da mudança proposta, é fundamental que todos os envolvidos no processo trabalhem com a mesma ferramenta, caso contrário, não é válido.

A mudança de contrato entre os escritórios da construção civil e o cliente/contratante passa a ser imprescindível, uma vez que as decisões que normalmente eram concentradas em etapas e contratos posteriores de projeto – como a etapa de projeto executivo/detalhamento – serão antecipadas para a fase de projeto básico. Já na etapa inicial de projeto, serão exigidos planos tridimensionais para que seja possível fazer projeção real ao que vai ser construído com a definição de elementos estratégicos e estruturais da obra. Sendo assim, a fase de projeto – fase de planejamento da obra – passará a demandar mais tempo e assim, facilitar a fase de construção da obra, uma vez que todas as questões de projeto e compatibilização já estarão mais bem solucionadas e concentradas no banco de dados criado através do modelo BIM.

Pensando o projeto arquitetônico sem a aplicação do conceito BIM, a tomada de decisões acontece no decorrer do processo de projeto – dividido entre Projeto Preliminar, Projeto Básico, Projeto Legal, Projeto Executivo e Detalhamento. A função do arquiteto é iniciar o projeto da obra, conciliando questões espaciais, demandas específicas dos clientes, confortos térmico e acústico, viabilidade com o terreno e normas/legislações vigentes em cada região, programa de necessidades, assim como a sua viabilidade estrutural e previsão de posicionamento de instalações, que deve ser feito através do lançamento prévio em projeto, muitas vezes com consulta/análises junto com o calculista estrutural e os demais projetistas. Posteriormente é que são detalhados os processos para a execução da obra e elaborados os projetos complementares e realizada a compatibilização dos projetos. O que acontece é que, muitas vezes, nestas etapas de projeto de complementares e compatibilização, a obra já está sendo executada antes mesmo da finalização dos projetos, gerando erros, desperdícios, retrabalhos e resultado da obra diferente do que foi planejado. Outras vezes constroem até mesmo sem a

contratação do projeto executivo e detalhamentos, porque não querem pagar por eles, e também não pagar/contratar a fiscalização e acompanhamento da obra pelo arquiteto autor do projeto.

Guidugli (2011) critica a falta de importância dada à etapa de planejamento da obra, em que se ignora a elaboração de projetos, devido a fatores como: a cultura dos brasileiros, pouco afeita ao planejamento, “preferindo executar, fazer, por a mão na massa, ver resultados e se possível, rápido. Fazemos tanto, que não nos importamos muito em refazer, retrabalhar. O que interessa é tomar atitude e obter resultado, qualquer resultado.”; desconhecimento das “técnicas de análise e solução de problemas complexos, que normalmente os projetos buscam resolver”; (...) “não temos tempo; e elaborar projetos demanda tempo”; e cita que até mesmo “a bíblia do Gerenciamento de Projetos, o Guia PMBOK®, enfatiza o Gerenciamento de Projetos e não a Elaboração de Projetos”.

Essa realidade é completamente diferente, em se tratando de outros países como Japão e EUA que, segundo o texto “A PADRONIZAÇÃO DE LAYERS EM CAD PARA A COMPATIBILIDADE DE PROJETOS CIVIS MULTIDISCIPLINARES”, publicado no TC:

Tem-se dito que no Japão, cerca de 67% do tempo despendido desde a concepção à execução de um empreendimento é atribuído ao planejamento, enquanto que apenas 33% refere-se à sua execução. Nos EUA, esses percentuais correspondem respectivamente para 40% e 60%. Com a postura japonesa, tem-se a construção de uma edificação mais bem administrada, quase livre de patologias e não-conformidades. Este cenário é significativamente diferente da realidade brasileira. Enquanto os japoneses utilizam cerca de um ano para planejar e apenas seis meses para executar um empreendimento, os brasileiros planejam em aproximadamente um mês e constroem em um ano. A ausência de um bom planejamento reflete diretamente nas diversas interferências físicas constatadas durante a execução e, também, após o término das obras.

Então, antes mesmo de introduzir um novo conceito na indústria da construção civil brasileira, a própria indústria precisa mudar seu entendimento sobre o processo de projeto, planejamento, gerenciamento e construção da obra. De nada adianta ter o conceito BIM nas mãos e ter o cliente/incorporador/contratante não querendo pagar por eles.

Assim, o contrato entre os profissionais da construção civil, para projetos, sofrerá modificações, já que as decisões que normalmente se concentram no projeto executivo, serão antecipadas. Com o BIM, as deliberações na fase de concepção do empreendimento e de estudos preliminares já são, de certa forma, executivas. As informações se concentrarão no início do projeto, o que tende a levar mais tempo nesta etapa inicial e acontecer de maneira mais rápida nas etapas posteriores. O custo dos projetos para a inclusão do conceito BIM deverá ser recalculado já pensando nestas modificações, em que, a demanda maior de trabalho acontecerá no início do projeto e demandas menores no decorrer do processo. "Normalmente no início do projeto se tem um prazo curtíssimo, e depois um prazo um pouco mais longo para o desenvolvimento do executivo. A tendência é que isso se inverta", afirma o arquiteto Luiz Fernando Sabino, coordenador de projetos executivos da Wilson Marchi EGC Arquitetura.

Outra modalidade a ser repensada em termos de contrato, é a questão da responsabilidade do projeto com a utilização do BIM que, em caso de erros, deve estar bem clara e definida a responsabilidade de cada profissional envolvido no processo.

Sacks e Eastman, pesquisadores de modelagem da construção e autores de um dos livros mais importantes do tema, o "BIM Handbook", dizem que (0000):

As responsabilidades são determinadas pelo contrato. Na prática, o rastreamento eletrônico da comunicação é mais claro do que com o papel. O autor de um dado tem direito a modificar certos dados, e isso pode ser executado com as ferramentas do BIM.

E, questionados sobre a maneira de funcionamento nos Estados Unidos, respondem:

Nos EUA, agora, outra consequência é que estão surgindo novas formas de contrato, nos quais se enfatiza a colaboração. Aqui, em alguns casos, a organização e a responsabilidade são compartilhadas. Nesses casos, a autoria é dada à unidade contratada (contracting unit).

Na opinião de Nardelli, todos os agentes da cadeia terão que se readequar. "Isso porque o conceito será implantado de maneira integrada e atingirá inclusive aqueles

profissionais que atuam nos canteiros. As pessoas que trabalham no marketing, por exemplo, também vão ter que aprender o novo jeito de empreender para divulgar o conceito e seus benefícios", cita o professor.

Nesta direção, empresas e universidades também assumem o papel de agentes condutores da transformação. É o que garante Maria Bernadete Barison, arquiteta, doutoranda do curso de pós-graduação em engenharia de construção civil da Universidade de São Paulo e autora de diversos estudos sobre o BIM. "Enquanto as empresas, para suportar as novas demandas, terão que reestruturar seus quadros de funcionários e capacitá-los para uso das novas tecnologias, para formar profissionais engajados ao conceito será fundamental uma reformulação nas grades curriculares dos programas de Arquitetura e Engenharia Civil", aponta. Nas figuras abaixo podemos ver alguns caminhos apontados por estadunidenses e europeus para melhorar as vantagens utilizando-se do conceito BIM.

Gráfico 1. Vantagens de negócio do BIM



Fonte: McGraw-Hill Construction, in "Vantagens de negócio". Construção Mercado. Ed. 115 - 2010

Gráfico 2. Benefícios do BIM X Payback



Gráfico 3. Fonte: McGraw-Hill Construction, in “Vantagens de negócio”. Construção Mercado. Ed. 115 - 2010

Gráfico 4. Vantagens de negócio do BIM

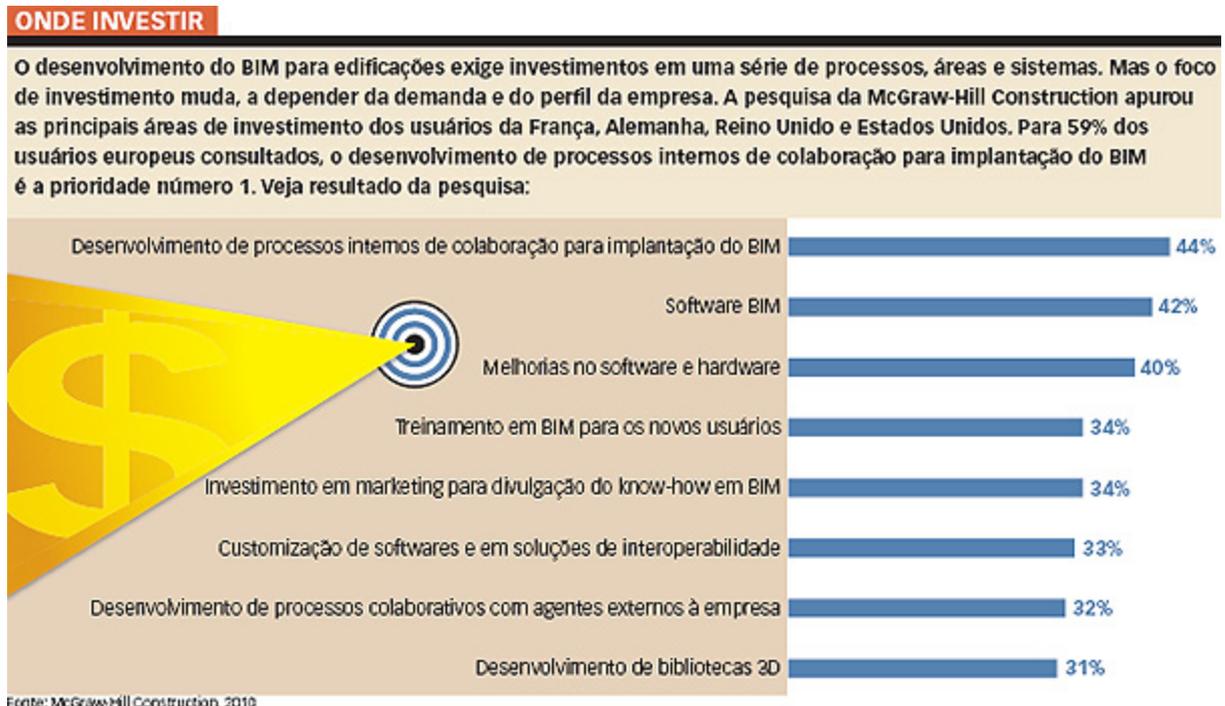
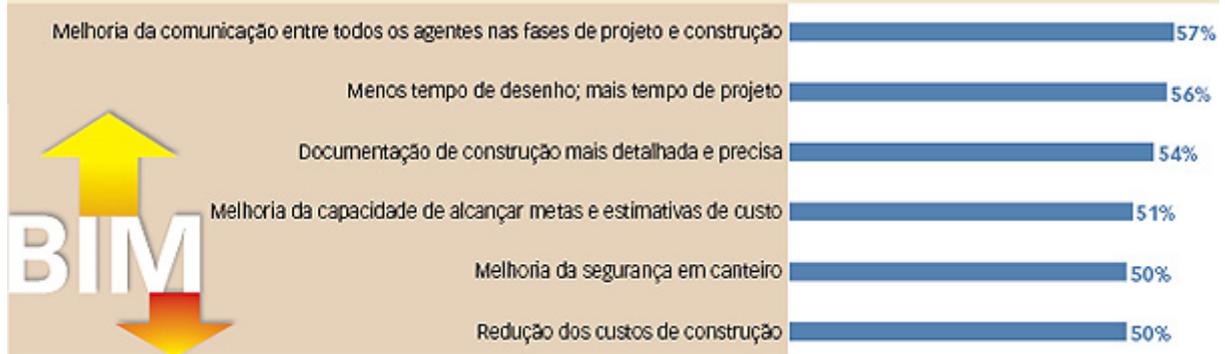


Gráfico 5. Fonte: McGraw-Hill Construction, in “Vantagens de negócio”. Construção Mercado. Ed. 115 - 2010

Gráfico 6. Vantagens de negócio do BIM

OPINIÃO DE NÃO-USUÁRIOS DO BIM

A pesquisa da McGraw-Hill Construction também apurou as razões principais relatadas por não-usuários de BIM, na Europa Ocidental e nos Estados Unidos, para a não-adoção do modelo. O primeiro motivo apurado refere-se à falta de demanda por parte de seus clientes, apontado por cerca de 55% dos participantes, seguido por falta de tempo para avaliar a solução (49%) e custo alto com software (41%). Mas quando perguntados sobre quais fatores os impulsionariam a adotar o BIM, os não-usuários apontaram os seguintes benefícios:



Fonte: McGraw-Hill Construction, in "Vantagens de negócio". Construção Mercado. Ed. 115 - 2010

3.5. O USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA

Com relação ao uso do BIM em projetos de arquitetura o que Souza et al. (2009) observou é que os principais motivos para adoção do BIM em escritórios de projeto de arquitetura são: melhoria da qualidade de projeto, menos erros; facilidade de modificação de projeto; diminuição do prazo de entrega de projeto; redução da carga horária de projeto; maior facilidade na apresentação de projetos; e complexidade dos projetos trabalhados.

Eduardo Luis Isatto, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, conta que a tendência é que os escritórios percam um pouco de produtividade durante o processo de aprendizagem, mas consigam níveis melhores quando tiverem assimilado a tecnologia. "No BIM, todos os objetos da edificação precisam ser modelados – lavatórios, janelas, portas. No começo, o projetista precisa fazer isso manualmente, o que tomará tempo de trabalho. Depois, ele apenas usa esses modelos já prontos", explica. Ele lembra que com a popularização da tecnologia, os fabricantes devem disponibilizar os arquivos eletrônicos de seus produtos na internet.

Sacks e Eastman, (BIM REVIT) questionados sobre a mudança do papel do arquiteto no processo de desenvolvimento do projeto através do BIM, dizem que:

“Ele passa a ser o responsável pelas atualizações, pelas interfaces entre os projetos e por resolver as incompatibilidades também”. Ainda sobre a matéria:

Eastman – O desenho sempre foi, por toda a história, fundamental ao processo mental na arquitetura, assim como o processo de produção. Por outro lado, eles [os arquitetos] têm sido os responsáveis pela coordenação na maior parte dos projetos de construção. Então, conforme a indústria se direciona a essa representação, que é mais eficaz, os arquitetos são obrigados a adotar uma nova representação e nova prática. Nos Estados Unidos e Europa, o BIM é ensinado nas escolas e integrado ao currículo. Em pesquisas recentes em escritórios de arquitetura, acima de 50% alegam usar o BIM.

Sacks – Nos tempos medievais, havia um construtor (Master Builder) que assumia ampla responsabilidade por todos os aspectos do processo de construção em edifícios públicos. Os desenhos formais somente se desenvolveram como meios de comunicação quando as pessoas começaram a ter papéis especializados, como os arquitetos, engenheiros estruturais, dentre outras disciplinas de engenharia. Porém, com o tempo, isso levou a uma mentalidade de "silo", em que cada profissional tem responsabilidade somente nos aspectos específicos de sua disciplina, perdendo a visão integrada do projeto. O BIM permite que a equipe de projeto e construção colabore mais de perto e desenvolva um entendimento comum do projeto mais minucioso, em termos de produto e processo.

3.5.1. PROJETOS E PESQUISAS RECENTES UTILIZANDO FERRAMENTAS BIM

O BIM influencia dramaticamente na construção. O sistema permite que a arquitetura seja integrada à engenharia, inclusive a sustentável. Um desenho 3D ajuda o arquiteto a planejar a obra de maneira mais eficiente, possibilitando que a obra seja construída mais próxima do que foi projetada – não apenas no design, mas também no processo de execução e como juntar todas as partes do projeto.

Dominic Gallelo, presidente da Graphisoft, no texto “BIM está mudando a maneira de projetar no mundo inteiro” cita um exemplo de projeto planejado através do BIM, que é a Nikken Sekkei, uma das maiores empresas de arquitetura do Japão, com cerca de 650

arquitetos, foi responsável pelo projeto do teatro Jimbocho, em Tóquio. Diz ainda que “o desenho em 3D eliminou desperdícios de material e retrabalhos, pois não houve modificações no projeto. A obra foi entregue em 15 meses. Esses fatores são importantes em uma cidade como Tóquio”. Por essas razões, sendo o projeto mais complexo ou sendo apenas um cubo, o custo seria similar, complementa. “Em termos de controle de custo, na velocidade e em considerar os mais diversos processos construtivos, o BIM possui um enorme impacto” (PINIWEB /2008).

Figura 6. O Teatro Jimbocho, Tóquio (Japão), foi projetado com o Archicad.



Fonte: <http://www.piniweb.com.br/construcao/arquitetura/bim-esta-mudando-a-maneira-de-projetar-no-mundo-inteiro-93523-1.asp>

Ainda a mesma matéria:

Os arquitetos passaram a ter diversas preocupações e, com isso, construir obras cada vez menores, com menos responsabilidades, por questões de recursos financeiros. O BIM oferece ferramentas para que o arquiteto valorize seu trabalho. O sistema pode especificar para o cliente quanto custará a obra durante o desenvolvimento do projeto, sem esperar três meses até a construtora fornecer os dados. Com isso, há a possibilidade de

mudar o projeto mais facilmente e mostrar ao cliente o que essas modificações causarão. Pela visualização espacial e informações, o desenho do arquiteto também não precisa de grandes modificações na execução, a construtora não perde tempo procurando soluções ou enfrenta problemas no canteiro. Um exemplo típico são os sistemas de ar condicionado, que geram diversos problemas na maioria dos projetos.

Outros exemplos de projetos planejados através do formato BIM podem ser citados, tais como (TECHNÉ, Por Renato Faria):

Freedom Tower

Já está em construção, em Nova York, o projeto da Freedom Tower, no local onde existia uma das Torres Gêmeas destruídas nos ataques de 11 de setembro de 2001. Com 541 metros de altura, a torre será oficialmente chamada de One World Trade Center e, quando pronta, se converterá no edifício mais alto do Ocidente. A SOM (Skidmore, Owings and Merrill), escritório responsável pelos projetos de arquitetura, estrutura e instalações prediais da nova torre, decidiu desenvolvê-los de forma integrada sob a plataforma BIM. Os construtores também utilizarão o banco de dados, importando os quantitativos para compor a planilha de custos. Entretanto, paralelamente, o orçamento também será feito pelos métodos tradicionais – as informações geradas do BIM servirão apenas para checagem dos dados.

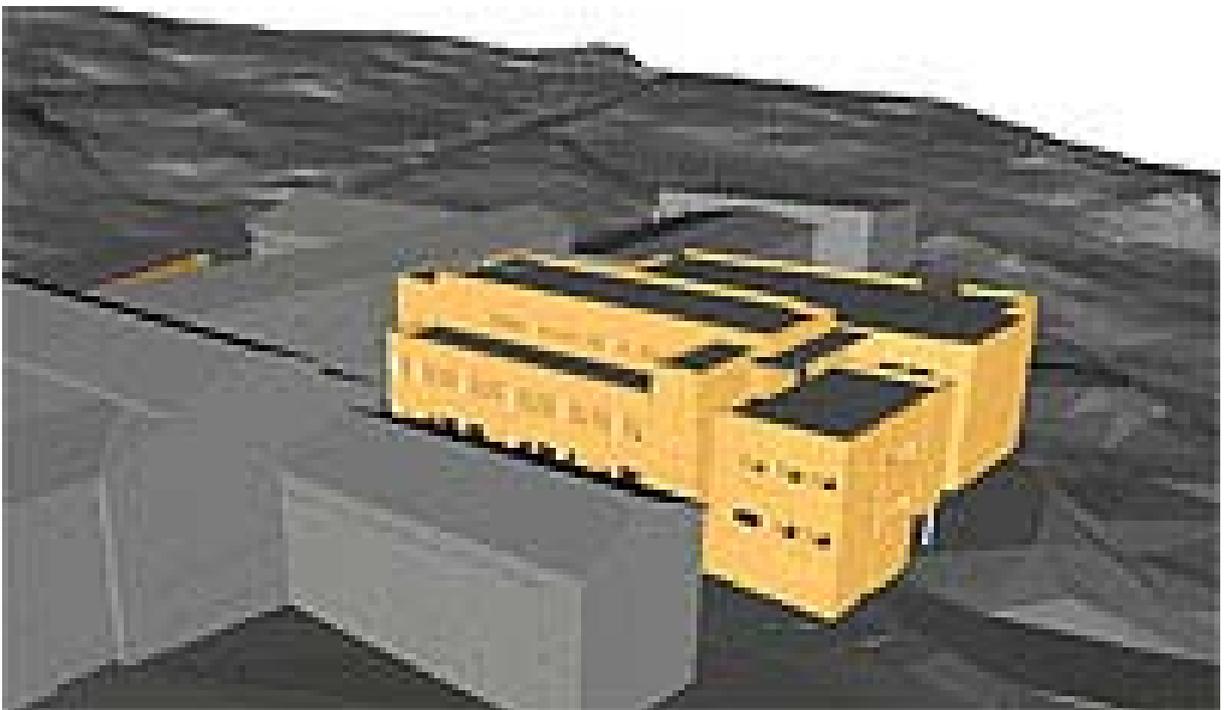
Figura 7. Freedom Tower.



Tromsø University College

Próxima ao Círculo Polar Ártico, a construção da Faculdade de Engenharia e Economia e da Faculdade de Educação da Universidade de Tromsø, na Noruega, foi o primeiro projeto que integrou, com o BIM, todas as etapas do empreendimento. Foi um teste para avaliar o desempenho da plataforma desenvolvida pela IAI para garantir a interoperabilidade de todos os softwares BIM disponíveis no mercado. Comparando-se com as construções tradicionais, percebeu-se que a quantidade de informações no anteprojeto era muito maior quando se utilizava a nova tecnologia.

Figura 8. Tromsø University College.



Fonte: : <http://www.revista techne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64516-1.asp>

Nova biblioteca da PUC-RJ

O vencedor do concurso foi o escritório de arquitetura SPBR, de São Paulo. Para desenvolver o projeto, o arquiteto Ângelo Bucci conta que implantou o sistema BIM há um ano. "Optamos pela nova tecnologia porque tínhamos folga no cronograma do projeto", revela o arquiteto. Ele afirma que, até o momento, não teve problemas de adaptação ao software. Atualmente no anteprojeto de arquitetura, as obras devem ter início no ano de 2009 e durar três anos. No entanto, a SPBR fará um vôo solo: não será possível integrar os projetos com outras áreas, porque a empresa é a única a usar a tecnologia no empreendimento.

Figura 9. Nova biblioteca da PUC-RJ Archicad.



Fonte: http://www.revista_techne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64516-1.asp

Yenagoa International Conference Centre

Desenvolvido pela Contier Arquitetura para um centro de conferências no Estado mais rico da Nigéria, foi a primeira experiência do escritório com o BIM. Durante as negociações, os contratantes afirmaram não conseguir garantir a segurança do arquiteto se ele visitasse o país. Soube-se que o governo brasileiro enviaria uma comitiva em missão de negócios, mas havia apenas quatro semanas para desenvolver o anteprojeto. "Com o BIM, duas pessoas conseguiram elaborá-lo em 20 dias", conta Contier. Foi quando descobriu que a modelagem de pequenos objetos era desnecessária "O arquivo fica muito pesado", conta. "É preciso saber onde parar de projetar", conclui. O contrato, entretanto, não foi fechado por razões burocráticas que inviabilizaram o projeto.

Figura 10. Yenagoa International Conference Centre



Fonte: http://www.revista_techne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64516-1.asp

Ainda na mesma matéria, o autor comenta ainda sobre o processo otimizável, resultado da aplicação do conceito BIM:

Imaginemos que o arquiteto faz o seu desenho e que é preciso fazer uma simulação térmica do edifício. Na melhor das hipóteses, isso é enviado para o engenheiro em formato CAD. Mas a ferramenta que ele usa para fazer os cálculos normalmente não "entende" esse formato. Então, ele refaz aquele desenho da forma como lhe convém e, depois, calcula. O processo costuma levar duas semanas. Com o BIM, arquiteto e engenheiro térmico usam programas que suportam essa tecnologia. O arquiteto faz seu desenho e o envia para o engenheiro. Este faz a simulação e a análise e pode devolver inclusive no mesmo dia.

A Gafisa, uma empresa do ramo da construção civil, está desenvolvendo um projeto piloto, junto com 21 escritórios de projetos, planejando operar com BIM em todos os seus empreendimentos, dentro de dois anos. (CONSTRUÇÃO MERCADO/2010):

A empresa está propondo usar a ferramenta da maneira mais eficaz possível, com todas as disciplinas conversando entre si dentro do processo. Segundo a Gafisa, no decorrer do processo de projeto, vários inconvenientes estão aparecendo, seja na parte de projeto de estruturas, instalações prediais e outros, no entanto, esses e outros desvios têm sido corrigidos pelos desenvolvedores do software com resultados satisfatórios. Também estão aparecendo problemas em relação à representação gráfica entre projetos brasileiros e estrangeiros. "Enquanto nos Estados Unidos os projetos elétricos são representados de

forma mais esquemática, no Brasil se exige um detalhamento maior e os softwares não estariam preparados para esse aprofundamento". A Gafisa esbarra ainda nas bibliotecas de componentes hidráulicos e elétricos, que possuem peças com padrões americanos ou europeus, diferentes dos componentes disponíveis no mercado brasileiro.

O programa interligou o cronograma feito no MS Project aos elementos do modelo e gerou um vídeo que simula o desenvolvimento da obra ao longo do tempo. A análise foi feita em caráter experimental, mas segundo Ewerton Bonetti, no decorrer de 2011 a Gafisa deve ampliar o uso desta e de outras ferramentas para melhorar o planejamento das obras e estudar a logística de canteiro.

Para que a integração com orçamentos seja efetiva, falta porém resolver questões que começam ainda na modelagem inicial da arquitetura. A empresa precisa definir qual o grau de detalhamento necessário aos modelos 3D, pois isso determina a forma como os itens constarão na lista de materiais.

(...) a incorporadora precisará alinhar a metodologia de trabalho dos vários departamentos envolvidos no projeto. De acordo com a arquiteta Olivia Salgueiro, da MCAA Arquitetos, foi solicitado que a Gafisa enviasse a todos os projetistas a forma como são quantificados os materiais no orçamento, para que a parametrização dos objetos na modelagem saia correta. "A partir disso vamos saber, por exemplo, se a Gafisa conta as soleiras por unidade ou por metro linear; se compra o drywall por metro quadrado ou por placa. Isto está sendo um desafio para a equipe: criar uma estrutura de dados que todos sigam", afirma ela.

Até mesmo a nomenclatura dos insumos precisa estar unificada desde o projeto até o departamento de suprimentos, para que a lista de materiais extraída do modelo seja eficiente. Ewerton Bonetti informa que a empresa está, aos poucos, alimentando os projetistas com essas informações.

Sobre os impactos na utilização do BIM, Ewerton Bonetti (CONSTRUÇÃO MERCADO/2010) "acredita que as fases de elaboração dos projetos possam se fundir em uma etapa única, afinal, informações que antes só entravam no detalhamento do projeto executivo passam a ser necessárias desde a criação do empreendimento". "O processo de concepção do projeto muda completamente", diz Luiz Fernando Sabino, coordenador de projetos executivos da Wilson Marchi EGC Arquitetura, que desenvolve o empreendimento em ArchiCAD para o projeto piloto da Gafisa. "No 2D você desenha linha. No BIM, está desenhando um objeto. Precisa saber a altura, a espessura, o acabamento".

Ainda na mesma matéria, a empresa afirma que:

Para consolidar a implantação do BIM na empresa, Bonetti estima que será preciso investir em máquinas mais potentes, melhor qualidade de visualização e monitores maiores. Isso sem contar o investimento em hardware em todos os canteiros de obras. A esses gastos somam-se ainda o treinamento do restante da equipe, as licenças dos softwares e as atualizações anuais que são necessárias. "Estamos avaliando se, mais para a frente, vai ser possível locar [os softwares] ou se realmente teremos que comprá-los", afirma Alexandre Regis. "Algumas empresas já sinalizaram a possibilidade do aluguel, mas ainda não abordamos essas empresas de forma clara."

3.6. CARACTERÍSTICAS DE TRABALHO COM O CONCEITO BIM

Abaixo veremos alguns conceitos relacionados ao formato BIM e que faz dele uma importante ferramenta a ser utilizada no planejamento, execução da obra e gestão da construção civil, a interoperabilidade e a modelagem paramétrica, conceitos estes que interferem diretamente em outros, tais como economia de tempo e projetos coordenados.

3.6.1. INTEROPERABILIDADE

"A integração automatizada do projeto arquitetônico a projetos complementares depende da criação de soluções tecnológicas que propiciem a interoperabilidade entre diferentes softwares." A afirmativa é de Eduardo Toledo Santos, professor do departamento de engenharia de construção civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP) (CONSTRUÇÃO MERCADO/2010). Sendo assim, é preciso criar uma linguagem comum ou uma solução de exportação para que os diferentes programas das diferentes disciplinas conversem.

A necessidade imperativa de imediata adoção do IFC não é, porém, um consenso. Para Luiz Augusto Contier, titular de Contier Arquitetura e coordenador do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade São Judas, a adoção ou não do IFC não impede nem adia a implantação do BIM. Antes dessa preocupação, segundo ele, é preciso que se efetive a necessidade de troca de arquivos entre as disciplinas. "Hoje, a arquitetura está

produzindo em BIM. À medida que outras disciplinas passarem a produzir sistematicamente, talvez haja a necessidade da adoção de uma nomenclatura comum e genérica – como é o caso do IFC", diz. Por outro lado, "a sugestão é que os próprios programas criem opções de importar/exportar informações de arquivos de outros softwares, pelo menos aqueles de maior receptividade do mercado, como já é prática corrente. Assim haverá maiores garantias de não haver perdas significativas em um projeto no momento da conversão dos dados de um sistema para o outro", explica (CONSTRUÇÃO MERCADO/2010).

A implantação do BIM, no entanto, não depende de uma resposta concreta para o desafio da interoperabilidade. "Não se trata simplesmente de uma vantagem estratégica. Quem não se adequar, não vai sobreviver. Isto vale para as empresas de software e também para as de projeto", adverte Belk(CONSTRUÇÃO MERCADO/2010).

Figura 11. Coordenação entre modelos de diferentes disciplinas. (© M.A. Mortenson Company).

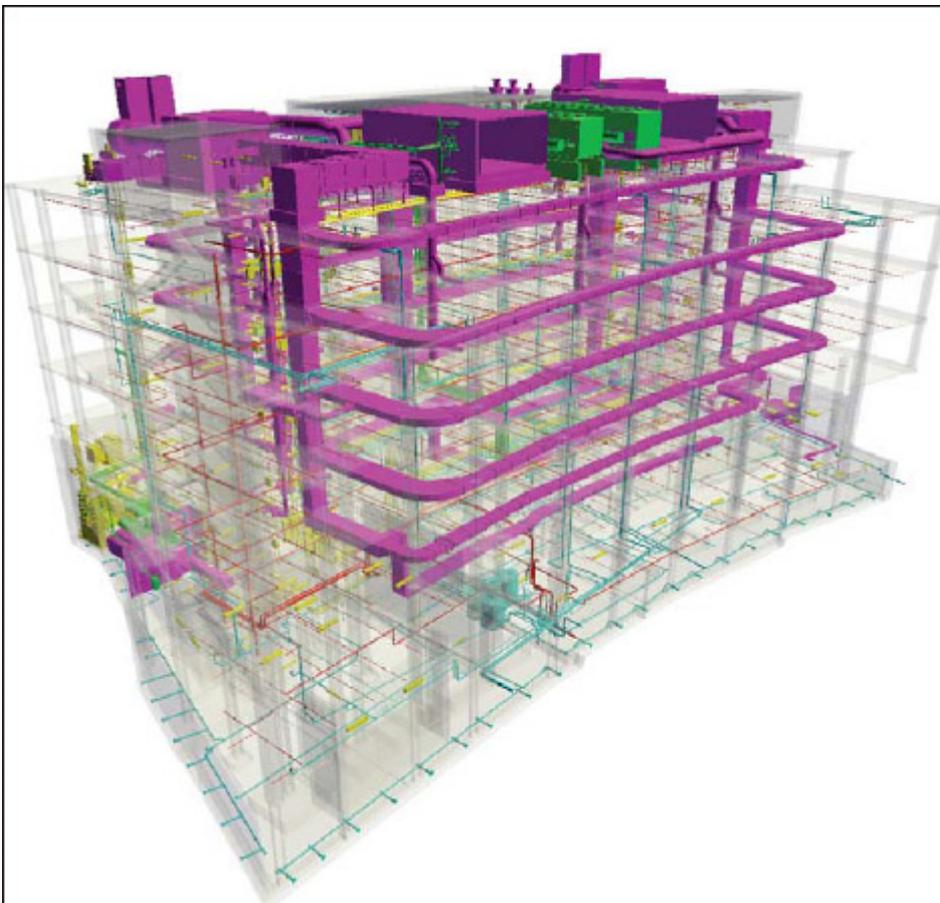
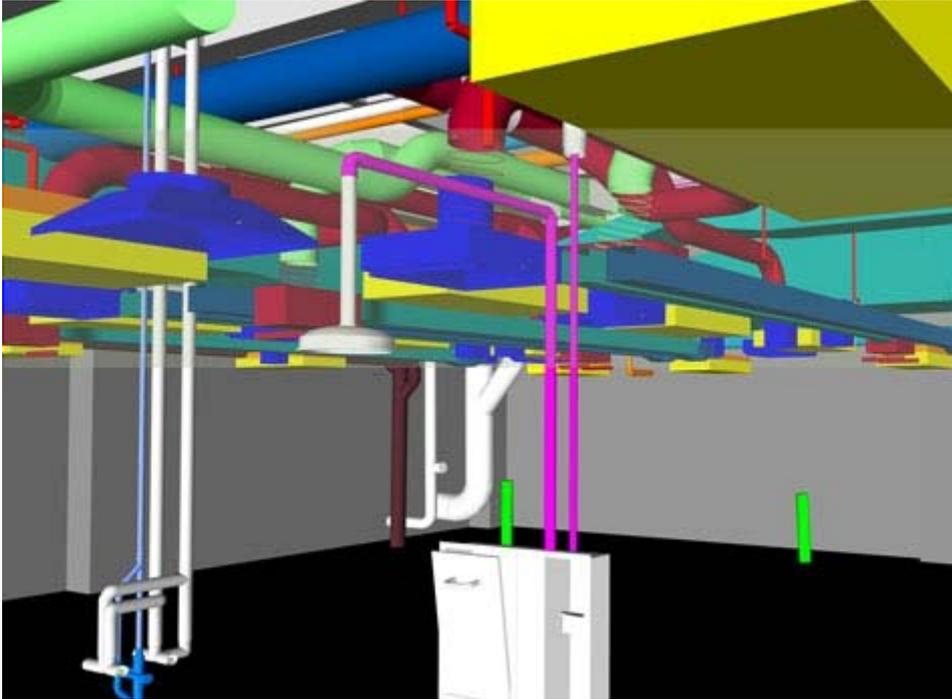


Figura 12. Vários componentes do edifício que foram pré-fabricados e na sequência instalados no local. (© M.A. Mortenson Company).



Fonte: http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2007/BIM_Awards_Part1.html.

Figura 13. BIM: Tecnologia, colaboração e inovação.



Fonte: <http://www.theboldtcompany.com/page/bim/>

3.6.2. MODELAGEM PARAMÉTRICA

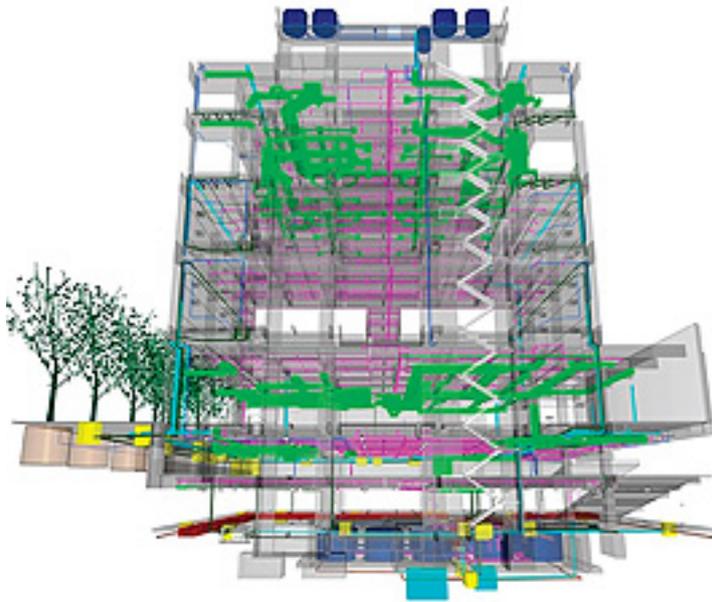
A modelagem paramétrica, segundo Hernandez (2006), é uma representação computacional de um objeto construído com entidades, geralmente, geométricas (algumas não são geométricas) que têm atributos que são fixos e outros que podem ser variáveis. Os atributos fixos são denominados por Hernandez (2006), como controlados (constrained) e os atributos variáveis podem, segundo Eastman et al. (2008, p.36), serem representados por parâmetros e regras, de forma a permitir que “ (...) objetos sejam automaticamente ajustados de acordo com o controle do usuário e a mudança de contexto”.

Aplicativos computacionais que empregam o conceito de modelagem paramétrica permitem ao arquiteto e demais projetistas a possibilidade de explorar diferentes alternativas de soluções de projeto de forma rápida e segura. Novos objetos podem ser criados e reconstituídos sem necessitar apagar ou criar outro objeto. Além do mais, objetos

com formas geométricas complexas, que outrora eram de difícil manipulação, são possíveis de serem transformados em modelos paramétricos.

A incorporação de conhecimentos na geração de objetos paramétricos usados em projetos de arquitetura levou a Hudson (2008) a rever o papel da estrutura teórica presente nos projetos arquitetônicos. Para o autor supracitado modelagens paramétricas podem estar associadas a sistemas de conhecimentos. Esta prática, segundo Hudson (2008), leva a uma significativa transformação no processo de projeto de arquitetura.

Figura 14. Sobreposição dos projetos arquitetônico e de instalações em 3D. Desenvolvido pela empresa Matec empresa para construção de um data-center.



Fonte: Construção Mercado Edição 115 - 2010.

3.6.3. ECONOMIA DE TEMPO

Uma das principais vantagens da tecnologia BIM é a economia de tempo, graças à emissão automatizada de desenhos com as dimensões da obra, à verificação do projeto e à eliminação de conflitos entre os desenhos. Segundo o arquiteto João Paulo Meirelles de Faria, sócio da SPBR Arquitetura, o BIM é ainda um importante banco de dados. “Ele integra processos na elaboração do projeto de arquitetura, desde a produção de um modelo de apresentações até o desenvolvimento dos desenhos de construção e a compatibilização

de informações entre os diferentes projetos complementares. Além disso, integra tarefas como orçamentos e quantificações”, explica.

“Em relação a orçamentos, outra vantagem do Building Information Modeling relaciona-se ao projeto estrutural, pois a tecnologia fornece cálculos mais precisos de volume de concreto e área de fôrmas, possibilitando definir as interseções entre vigas, pilares e lajes”, destaca Badra. Na engenharia de custos, enfatiza Badra, com o uso do BIM pode-se chegar à redução de 60% no tempo de elaboração da quantificação. “No planejamento, em razão da interpretação geral do projeto e da interação de todas as disciplinas proporcionadas pelo BIM, as análises necessárias para definir tempos e sequências executivas também se reduzem. Em nossos trabalhos de planejamento e orçamento de obras, conseguimos redução de até 70%, com precisão de até 95% em relação à análise e à quantificação de projetos”, calcula.

3.6.4. PROJETOS COORDENADOS.

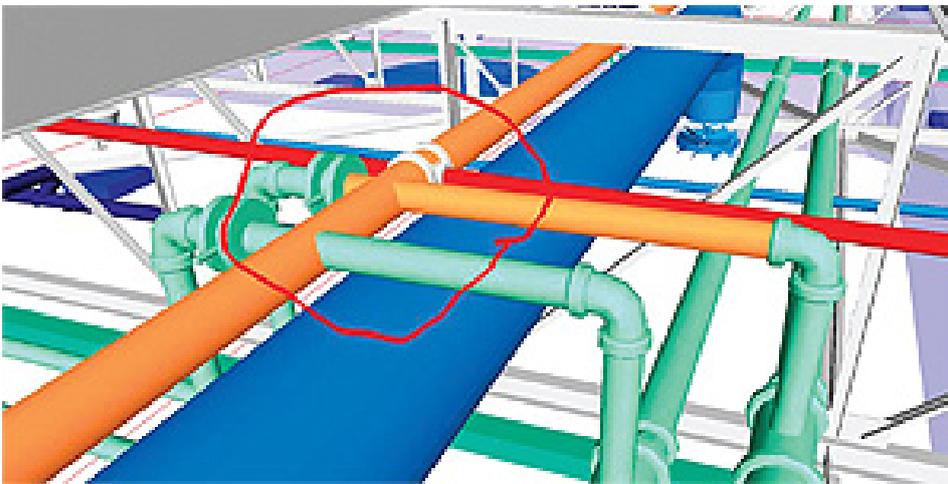
O processo de projeto e de produção de edificações na construção civil, planejado através do formato BIM, sofre mudanças significativas, sobretudo no gerenciamento, minimizando erros decorrentes da falta de compatibilização. No entanto, Faria afirma que o projeto não deve ser produzido apenas em função de um software ou outro, pois a questão principal não é minimizar o tempo, mas aumentar a eficácia para obter melhores resultados.

“O mais interessante é que o BIM pode abastecer de informações a produção da edificação de maneira industrial e direta. As informações podem ir do computador diretamente para a obra e até para as linhas de produção de elementos construtivos”, considera Faria. Porém, no Brasil, os desenhos ainda são impressos em papel e depois direcionados aos fornecedores e construtores, ele lembra.

“A diferença é que no modelo do BIM, além das informações da geometria dos elementos da construção, podem-se acrescentar outros parâmetros, como a densidade de uma viga em aço, com informações sobre seu peso e volume, gerando até simulações

sobre o seu comportamento”, explica Faria. A viga não é mais mostrada com valores apenas representativos, por meio de linhas, mas como objeto com todas as suas propriedades, características físicas e geométricas. O mesmo ocorre com as alvenarias, que são definidas pelo tipo de bloco, espessura de revestimento, fabricante etc., o que permite estudos estruturais, tecnológicos e arquitetônicos.

Figura 15. Modelo 4-D do projeto da General Motors, nova fábrica de motores nos Estados Unidos que permitiu à equipe de projeto detectar e corrigir erros digitalmente.



Fonte: Construção Mercado Edição 115 - 2010.

3.7. SOFTWARES DISPONÍVEIS NO MERCADO

A introdução da computação na arquitetura ocorreu nos anos oitenta, revolucionando o processo de criação, projeto e até mesmo a concepção de espaço. Outro passo significativo foi a integração da tecnologia BIM (Building Information Modeling) aos programas computacionais.

No mercado da construção civil, atualmente, é crescente a quantidade de empresas fornecedoras de software colaborativo, utilizando-se do conceito da Modelagem de Informações da Construção (BIM) em seus produtos. As propostas, nos modelos de informação, vão desde a elaboração e desenvolvimento de projetos arquitetônicos, projetos complementares, geradores de orçamentos e custos, até a construção da obra e ciclo de vida da edificação.

Os softwares que suportam o formato BIM, são (TECHNÉ):

- Active3D (Archimen);
- Revit (Autodesk);
- Allplan (Nemetschek);
- Archicad (Graphisoft);
- DDS-CAD (Data Design System);
- MicroStation (Bentley);
- Solibri;
- Tekla Structures;
- VectorWorks;

Durante das pesquisas feitas para a elaboração desta monografia, foi possível notar que os programas Revit e Archicad são os mais difundidos no mercado da construção civil, utilizados pelas empresas de planejamento e construção da edificação.

O software Revit da Autodesk possui plataforma composta por módulos: Revit Architecture voltado para projetos arquitetônicos e é mais usado pelos arquitetos; Revit Structure, voltado para projetos estruturais, usado pelos engenheiros estruturais; e Revit Systems (MEP), usado por outros profissionais como os engenheiros eletricitas e hidráulicos, para projetos das instalações da edificação, como instalações elétricas e hidrossanitárias entre outras. Atualmente a plataforma Revit da Autodesk trabalha com os módulos Architecture, Structure e MEP, todos na versão 2010. (AUTODESK, 2011)

O conjunto de softwares da Autodesk concentra as informações, o modelo base, e a coordenação na mão do profissional que utiliza o Revit Architecture, geralmente o arquiteto, também pelo fato deste profissional iniciar o processo. Os outros módulos utilizam o arquivo gerado pelo Revit Architecture como base para que sejam desenvolvidos os trabalhos das disciplinas complementares. (AUTODESK, 2011)

Projetos mais precisos e de qualidade é a proposta do Autodesk Revit Architecture, o software trabalha num processo que os arquitetos e projetistas complementares possam

pensar mais a respeito da obra, segundo o fabricante. Desenvolvido para a modelagem BIM, possibilita a visão ao longo de projetos e sua construção. A empresa enfatiza a concepção de informações para manter as atualizações automáticas e os resultados finais mais confiáveis (AUTODESK, 2011).

O software ArchiCAD 14 é fabricado pela empresa Graphisoft e apresenta sua versão mais atual com melhorias para o fluxo de trabalho da arquitetura e da engenharia. O foco de integração BIM e exigência da colaboração de todas as disciplinas são apresentados como ponto central de organização. O *IFC (Industry Foundation Classes)* funciona no fluxo direto das informações e o uso do *IFD (International Framework of Dictionaries)* resulta em projetos mais rápidos e com erros de coordenação significativamente menores. Com a versão mais atual, o ArchiCAD 14 ainda conta com um servidor BIM, visando à otimização na gerência de equipes. Promete resultados mais rápidos no fluxo de trabalho e documentações, com melhor capacidade de comunicação entre clientes e consultores. Para os elementos modelados estruturais de informações é possível inserir características geométricas e níveis de pavimentos (GRAPHISOFT, 2011).

Tabela 3. Comparação de softwares BIM

Produto	ArchiCAD	Bentley	REVIT	Vectorworks
Fabricante	Nemacheck / Graphisoft	Bentley Systems, Incorporated	Autodesk Ink	Nemetschek Vectorworks
Origem	Hungria / Alemanha	EUA com subsidiária no Brasil	EUA com subsidiária no Brasil	EUA
Preço	aprox. US\$ 4.000,00 consultar fabricante para preços atualizados	aprox. R\$ 13.000,00 consultar fabricante para preços atualizados	aprox. R\$ 9.000,00 consultar fabricante para preços atualizados	De R\$ 3.150,00 a R\$ 6.336,00 por conta dos módulos que o software disponibiliza. O valor do módulo Architect que é BIM é R\$ 4.356,00 consultar fabricante para preços atualizados
Locação de Licença	Não	A licença pode ser local (no servidor da empresa) ou remota (no servidor da Bentley, nos EUA)	Não tem	Não

Licença Standalone / Rede	Standalone / Rede	Licença nomeada em rede	Standalone / Rede	Standalone. Rede apenas no caso de laboratórios educacionais.
Renovação / Atualização	Subscrição anual	Contrato de manutenção anual "Bentley Select"	Subscription (1 a 3 anos)	Subscrição anual
Valor Renovação/ Atualização	US\$ 700,00 consultar fabricante para preços atualizados	aprox. R\$ 820,00 consultar fabricante para preços atualizados	aprox. R\$ 1.500,00 consultar fabricante para preços atualizados	varia entre 20% e 30% do custo de uma nova licença consultar fabricante para preços atualizados
Língua Produto	Português Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português
Língua Manuais	Português Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português para versão Fundamentals / Inglês para módulos (Architect, Landmark, Spotlight)
Língua Tutoriais	Português Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português / Inglês
Centros de Treinamento	PINI e Outros	São Paulo	Brasil	CAD Technology e seus representantes em vários estados do Brasil são Centros Autorizados de Treinamento / Outras escolas (Ex.: Rede VectorPRO, e outras) também são disponibilizadas
Suporte	PINI / Gratuito por meio de linha 0800	em idioma português, com suporte telefônico 0800 e endereço de e-mail de suporte	em idioma português, com suporte telefônico 0800 e endereço de e-mail de suporte	Suporte Técnico gratuito através de abertura de chamado online. Assinatura opcional de Suporte Técnico Completo inclui vários serviços como atendimento por telefone e conexão remota.
Suíte	-	existe promoção para compra de 1 pacote BIM	Revit Suite, Building Suite Standard, Premium e Ultimate	Vectorworks Architect com Renderworks
Preço da suíte	-	aprox. R\$ 820,00 consultar fabricante para preços	aprox. a partir de R\$ 9.000,00 consultar fabricante	R\$5.328,00

		atualizados	para preços atualizados	
Produtos Complementares	MEP (Instalações); ECODESING (Sustentabilidade); VBE (visualização)	Microstation (plataforma)	Revit MEP, Revit Structure, Vasari (Subscription), Roombook (Subscription), Navisworks, Inventor, Showcase, QTO, 3D Max, AutoCAD	VectorTILE (software para paginação de piso) e diversos volumes de bibliotecas extras
Licenças para Escolas de Arquitetura e Engenharia	Licenças e Treinamento 100% gratuitos para escolas de Engenharia e Arquitetura	Programa "Bentley Carrers Network"	Autodesk Education Suites (instituições) e grátis para estudantes (através do site students.autodesk.com)	Para Escolas de Arquitetura e Engenharia são vendidas licenças educacionais com valor equivalente a 5% de uma licença profissional / Versão gratuita para Estudantes (mediante aprovação de pedidos no Portal de Estudantes: http://www.vectorworks.com.br/estudantes)
Base de dados insumos e composições de construção civil	Integração com TCPO PINI	Biblioteca integrada, no entanto é necessária uma customização para atender a realidade nacional	customizável (biblioteca, Categorização e quantitativos)	Não
Consultoria p/ Implantação	Sim	Sim	sim (Subscription)	Sim. Preços variam de acordo com o tamanho do escritório
Interoperabilidade 1 – Arquivos IFC	Sim	Sim	Sim	Sim

Interoperabilidade 2 – Integração com outros softwares BIM:	Synchro; Solibri; Dprofile; Tekla Structures; TQS; CypeCAD; MagiCAD; DDSCAD; VICO Software; Tricalc; SAP 2000; SCIA Engineer; AutoCAD ; Autodesk REVIT; AutoCAD MEP; ETABES; ECOTEC; CADVENT; GREEN BUILD Studio; Artlantis; Volare PINI; TCPO PINI;	IFC, DWG, DXF, Sketchup, GBXML	IFC, DWG, DXF, Sketchup, GBXML, Archicad, Bentley, Inventor, Rhinoceros, TQS, Tekla, Solibri, Solidworks, Ecotect, SAP2000, Etabs, Vectorworks, Cypecad, Strap	Todos que possuam comunicação através de formato IFC (exemplo: TQS, DDS-CAD, entre outros)
Render Nuvem	Sim (Subscription)			
Armazenamento Nuvem	Sim (Subscription)			
Configuração mínima de Hardware	http://www.graphisoft.com/support/archicad/system_requirements/	http://www.bentley.com/en-US/Products/Bentley+Architecture/Technical-Requirements.htm	http://usa.autodesk.com/revit-architecture/system-requirements/	http://www.cadtec.com.br/index.php?redirect=http://www.cadtec.com.br/internas/vectorworks/vw2010/novos_recursos/index_principal.htm
Fonte das informações	Informações do Fabricante	Informações do Fabricante	Informações de Usuários por não termos obtido resposta do fabricante	Informações do Fabricante
	valores em dólares	valores em reais	valores em reais	valores em reais

Fonte: ASBEA.

Outro programa que também pode ser usado desenvolvendo o conceito BIM, é o Google Sketchup que, assim como estes programas citados, oferece a opção de se desenvolver o projeto juntamente com a criação de um banco de dados com elementos construtivos. Em participação no Seminário Internacional Google, o engenheiro da Google disse em sua palestra que, “o SketchUp isoladamente pode sim ser considerado um software BIM. Basicamente, porque permite anexar a componentes do modelo 3D informações textuais complementares – uma função essencial do conceito BIM” (BIM.BON):

A integração entre o modelo 3D e informações complementares pode ser usada para facilitar tarefas importantes do dia a dia de projeto. Por exemplo, pode-se gerar uma lista de fornecedores para cada componente construtivos, declarar informações técnicas e de *performance* de materiais, atrelar preços, especificar modelos e fabricantes no próprio modelo, gerar quadros de esquadrias, etc. Essas tarefas são cotidianas em todas as escalas de escritório e pode ser bastante facilitada na plataforma BIM.

A migração para BIM pode portanto começar pelo que é essencial no seu projeto e ser realizada dentro do próprio SketchUp.

O bim.bon pode ainda complementar o SketchUp oferecendo um banco de dados com milhares de elementos construtivos com modelo 3D e preços atualizados, além de ferramentas de cálculo de orçamento. A utilização de um plugin para estas funções pode dispensar horas de trabalho para a criação de um banco de dados de informações e facilitar a migração para o BIM sem alterar os processos atuais de projeto. Uma pesquisa realizada com cerca de 300 arquitetos em 20 cidades Brasileiras revelou que o software da Google é utilizado por 84% dos escritórios nacionais em pelo menos uma das fases de projeto. BIM pode estar portanto mais próximo e menos complicado do que aparenta.

Uma boa maneira de planejar uma migração para o BIM e definir qual software usar é contextualizando a discussão para o seu caso específico, porque provavelmente BIM para você será muito diferente de BIM para um grande escritório multinacional. Assim, o ideal talvez seja analisar qual a complexidade dos projetos que serão desenvolvidos na empresa; se há uma rede de escritórios parceiros de projetos complementares já adaptada ao uso do BIM e quanto pretende investir de tempo e recursos na migração para a nova plataforma.

Apesar da complexidade da maioria das ferramentas BIM, há também soluções mais enxutas que atendem às demandas que a maior parte dos pequenos e médios escritórios pode necessitar.

Em matéria publicada, é possível notar o avanço no uso do BIM (TECHNÉ, Por Renato Faria):

Mas a tecnologia tem seu preço. E não apenas das licenças dos softwares, que podem chegar aos R\$ 17 mil. Com essa avalanche de informações, os computadores demandam capacidade de processamento muito maior. Contier conta que investiu pesado na atualização de seu parque de informática. "Só a placa gráfica de um computador custou o valor de uma máquina nova", afirma. Por isso, Toledo Santos acredita que a penetração

do BIM na construção brasileira deve ser lenta e começar pelos grandes escritórios e construtoras.

Mesmo com o custo das licenças de uso, a procura por softwares BIM tem crescido no País. Segundo Marcos Cunha, responsável pelo segmento de building da Bentley Brasil, as vendas dos produtos BIM da empresa vêm crescendo de 15% a 20% por ano nos últimos três anos. Americo Corrêa Junior, engenheiro de aplicações da divisão de AEC da Autodesk, não divulga o crescimento das vendas, mas conta que Brasil e México são dois dos mercados em que as vendas dos softwares mais crescem no mundo.

4. CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL E A CONSOLIDAÇÃO DO BIM NO CENÁRIO INTERNACIONAL E BRASILEIRO

Apesar da construção civil ser uma das mais importantes atividades econômicas do país, tendo respondido por 9,2% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2009 (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010), o setor é reconhecido pela baixa produtividade em relação a outros países, apresentando também desempenho abaixo daqueles alcançados por outros setores da indústria nacional (FIESP, 2008). Uma das causas para este quadro é o alto índice de desperdício na construção (PERALTA, 2002), o que resulta em custos adicionais.

Na conjuntura atual de abertura de capital e altos investimentos financeiros na construção nacional, a indústria da construção civil – buscando uma modernização do setor – parece estar mudando seus conceitos em relação ao planejamento da obra e, conseqüentemente dando maior importância a fase de projeto, pois através da melhoria da qualidade e da produtividade de projeto o desempenho da obra será mais eficaz.

No Brasil, o CAD bidimensional ainda é a ferramenta mais comum no desenvolvimento de projetos, tanto de arquitetura quanto dos projetos complementares, com o objetivo de obter a documentação final do projeto, representando o conteúdo técnico das diferentes disciplinas de projeto, o que torna a informação fragmentada entre os diversos projetos e seus documentos, segundo Ferreira e Santos (2007).

Apesar do uso de modelos tridimensionais estar crescendo no cenário nacional (SOUZA et al., 2009), são ainda raras as empresas de projeto que exploram o potencial dos modelos virtuais no desenvolvimento de projeto, utilizando sistemas como o BIM). No cenário internacional, é notável nos últimos anos o número de pesquisas e o desenvolvimento dessas ferramentas voltadas para a construção civil, apontando para o uso de modelos tridimensionais de informação da construção. A implantação de sistemas integrados como o BIM é uma realidade a que o mercado internacional vem se adaptando ao longo dos últimos anos e, embora de maneira distinta, representa uma mudança

estrutural e técnica do processo de projeto, assim como ocorreu nas últimas duas décadas com o advento do CAD.

Em relação ao cenário internacional (ANDRADE; RUSCHEL, 2011):

Muitas instituições internacionais e governos têm investido nos últimos anos em pesquisas em BIM. Entre as organizações internacionais e os mecanismos que garantem sua implementação, pode-se citar: International Alliance of Interoperability (IAI), National Institute of Building Sciences (NIBS), Associated General Contractors of America (AGC), Construction to Operations Building Information Exchange (COBIE), General Service Administration (GSA), International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), Erabuild Funding Organizations, VTT, Eurostep, Rambøll, Virtual Construction (VIRCON). Além do mais, em alguns países, órgãos governamentais têm incentivado o uso maciço do BIM, seja por meio de investimentos em agências de pesquisa (como é o caso do GSA, nos Estados Unidos, da Senate Properties na Finlândia e da INNOVA na Europa), seja por meio de regulamentações para a construção, ou por meio de fóruns de discussões sobre o uso da tecnologia BIM.

Diversos estudos de casos de aplicação do BIM têm sido apresentados em workshops, conferências e publicações em todo o mundo. Estas têm mostrado os benefícios e desafios do uso do BIM por projetistas, construtores e outros, para o processo de projeto, construção do edifício e acompanhamento ao longo da vida da edificação. Contudo, o que se constata é que ainda se utiliza muito pouco da capacidade do BIM nos processos de projeto. Com exceção de alguns estudos de casos que remetem a experiências de projetos excepcionais, geralmente de médio e grande porte, com os apresentados por Eastman, et al. (2008), Fallon e Palmer (2007), Ku et al. (2008), Graphisoft (2007), etc., a prática do BIM em escritórios de projeto ainda é muito incipiente.

Sacks e Eastman, pesquisadores de modelagem da construção e autores de um dos livros mais importantes do tema, o "BIM Handbook", questionados sobre o avanço do software nos Estados Unidos e em outros países, respondem:

Eastman – Novas tecnologias são adotadas gradativamente, primeiro por empresas líderes, enquanto as mais conservadoras aguardam as mudanças se assentarem. Pelas minhas limitadas discussões, algumas empresas nos EUA estão mais avançadas que no Brasil, assim como empresas na Europa do Norte, que também estão adiantadas.

Sacks – É difícil generalizar em cima de dois países, especialmente tão grandes como Brasil e EUA. Mas é verdade que nos EUA e em países escandinavos, particularmente a Finlândia, há relativamente muitas empresas fazendo um uso sofisticado dos processos e tecnologia BIM. Digo isto para empresas de arquitetura, engenharia e construtoras. Entre as construtoras, algumas incorporaram BIM como processo padrão em todos os projetos. Empresas como Skanska, Mortenson e Turner têm seu próprio treinamento de programa BOM (bill of materials) para seus engenheiros. Como construtoras, elas usam BIM para coordenar disciplinas de projeto, estimativa de custo, detalhamento de fabricação (fabrication detailing), aquisição, e para monitorar as cadeias de abastecimento. Mas aqui no Brasil, empresas líderes como Gafisa adotaram o BIM como política da empresa, e estão fazendo grande progresso em estabelecer procedimentos BIM, começando com checagem de interferências e estimativas.

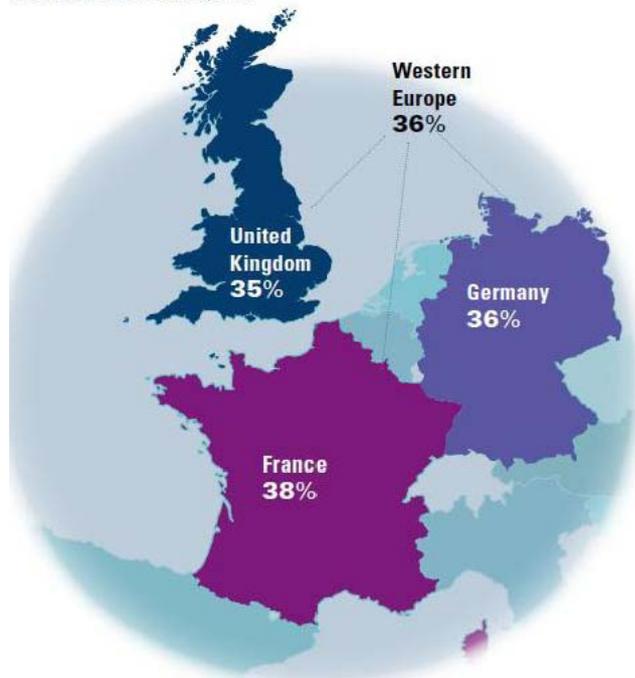
Por fim, as pesquisas sobre BIM são muito recentes aqui no Brasil, encontrando-se em estágios mais avançados nos países europeus. Trabalhos que abordam objetos paramétricos, Interoperabilidade e colaboração digital estão presentes em diversos congressos e eventos nacionais a mais de uma década. Porém, publicações com pesquisas que abordam a terminologia BIM são bem recentes, assim como sua aplicação em processo de projeto de edificações.

Embora existam atualmente iniciativas isoladas utilizando ferramentas CAD 3D ou BIM no Brasil, os processos de projeto na indústria da construção civil brasileira ainda são essencialmente desenvolvidos com tecnologia 2D. O BIM é um paradigma emergente baseado em objetos parametrizados, que promete melhor desempenho no desenvolvimento de projetos, gestão e obra na construção civil.

Figura 16. Consolidação do BIM no cenário internacional.

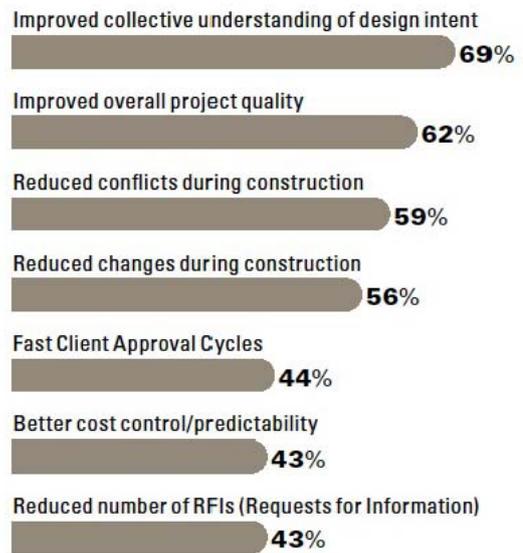
IM Adoption Rate

Source: McGraw-Hill Construction, 2010.



BIM Benefits Contributing the Most Value

Source: McGraw-Hill Construction, 2010.



Fonte: <http://www.autodesk.com.br>

5. A IMPLANTAÇÃO DO BIM NO CURRÍCULO DAS ESCOLAS

A construção civil, nos dias de hoje, passa por constante mudança em relação ao uso de ferramentas computacionais na atividade de projeção arquitetônica e urbanística. A crescente e constante informatização, que vem se implantando neste campo do conhecimento, interfere no processo projetual, principalmente por meio dos programas de desenho auxiliado por computador – *Computer-aided design* (CAD), outros de manipulação da forma tridimensional (3D) e, mais recentemente, por aqueles baseados em um modelo de informação para a construção – Building Information Modeling (BIM).

Esse processo tem modificado o método de desenvolvimento de projetos, as rotinas e as formas de trabalho adotadas nos escritórios e escolas de Arquitetura. Assim, os tradicionais métodos de ensino de projeto, principalmente por parte do ensino de graduação, devem ser repensados de modo a adequá-los a estas novas condições.

Contudo, a rápida evolução dos programas computacionais e os consequentes ajustes às necessidades dos profissionais fazem com que se modifiquem, também, as maneiras de se utilizar estes recursos na criação e no desenvolvimento dos projetos. Assim, os programas de modelagem tridimensional e as ferramentas BIM podem vir a modificar ainda mais o processo de projeto, ao possibilitar a criação e o gerenciamento dos elementos construtivos de modo mais rápido e objetivo.

Uma análise a ser feita, neste momento, é buscar entender até que ponto as escolas de arquitetura devem assumir o compromisso com o ensino das ferramentas digitais, aplicadas ao processo de projeto e suas evoluções. Outra questão é, se o fato de saber manusear os programas, garante ao estudante uma melhoria na qualidade de seus projetos (CARVALHO; PEREIRA, 2011).

Por exigência do mercado de trabalho, sejam por estagiários ou por profissionais, muitos estudantes se sentem na obrigação de, não somente utilizar como também, dominar as gráficas digitais. É necessário discutir que tipo de articulações os professores podem fazer entre os novos processos de projeto digital e as tradicionais formas de

trabalho do arquiteto. Assim como, procurar saber se os professores estão dispostos a aprender e a ensinar estas novas formas de produção (CARVALHO; PEREIRA, 2011).

Existem hoje importantes experiências de utilização da Modelagem da Informação da Construção no ensino de Arquitetura e de Engenharia Civil, especialmente em países onde o BIM está mais difundido. Foi relatado que (SANTOS; BARISON):

Em 2008, ao relatar sua experiência com o ensino de BIM na California State University, o professor William Kymmell citou as possíveis limitações e obstáculos que um curso enfrentaria ao introduzir BIM no currículo. Esses problemas incluem dificuldades na utilização e aprendizagem das ferramentas BIM, incompreensão dos conceitos de BIM e as circunstâncias do ambiente acadêmico, entre os quais está a falta de "espaço" no currículo, a rápida evolução das novas tecnologias, a escassez de professores especializados, a disponibilidade de recursos, entre outros.

(...)

Algumas universidades internacionais que superaram esses obstáculos são hoje identificadas como líderes no ensino de BIM. Suas estratégias de introdução de BIM no currículo foram, essencialmente, de quatro tipos: disciplinas isoladas, colaboração intracursos, colaboração interdisciplinar e colaboração à distância.

(...)

Considerando-se a abordagem internacional de introdução de BIM nos currículos, a predominância é introduzir BIM em atelier de projeto, mas há casos em que o atelier é integrado com outra matéria, geralmente para ensinar as ferramentas BIM. Outra abordagem é ensinar BIM em Representação Gráfica Digital, Gerenciamento, Tecnologia da Construção, Estágio e Trabalho Final de Graduação.

“Quanto a experiências brasileiras, sabe-se apenas da adoção de ferramentas BIM em alguns cursos de Arquitetura, e de disciplinas especializadas no tema, em nível de pós-graduação” (SANTOS; BARISON).

Por fim, como o processo de projeto, atualmente, está tão vinculado ao meio digital, talvez a melhor posição a ser tomada, seja a inserção da Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil (TIC) no processo de projeto como mais uma ferramenta possível ao educando, através do incentivo do professor de projeto. Dessa

maneira, os estudantes poderão ser estimulados a experimentar novas possibilidades de resposta, com o auxílio do professor, geralmente impraticáveis no meio tradicional; também contando com melhorias na qualidade e atualização dos equipamentos em salas e laboratórios, adaptados à nova realidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um cenário onde se exige o uso de sistemas de informações eficientes, capazes de processar, transmitir e disseminar dados que representam informação para o processo da construção civil, buscando o aprimoramento de seus métodos e ferramentas, o presente texto procurou demonstrar a viabilidade da implementação do conceito BIM aplicado no processo de planejamento e gestão de empreendimentos, bem como uma breve contextualização do uso na organização do setor de AEC e avaliação da academia.

Conforme a argumentação apresentada, este trabalho considera que o uso do formato BIM se apresenta como uma mudança benéfica na maneira de planejar a construção civil, garantindo um aumento na qualidade da obra construída, através de benefícios como maior interatividade entre os agentes envolvidos e processo coordenado resultando em compatibilização mais eficiente, menos erros e retrabalhos durante a obra, corrigindo um desvio histórico da indústria.

Toda ação no sentido de implementar e modernizar as ferramentas de planejamento e gestão de empreendimentos, seja através das empresas do setor ou mesmo dos fabricantes de software e demais produtos, deve partir de um plano global e não localizado, quando se trata de um ferramental como o conceito BIM.

Partindo de um plano localizado, é possível, sim, a sua implementação e com resultados expressivos. Porém, para obter o máximo de resultados, com maior eficiência e agilidade de execução, é necessário que esta mudança aconteça englobando todos os setores envolvidos na cadeia. Para tanto, especial atenção deve ser dada à indústria da construção civil, imprescindível como preparação do ambiente produtivo para receber as transformações necessárias à adequação aos novos conceitos. O grande desafio, portanto, reside na necessidade de uma transformação cultural e de práticas profissionais em todos os agentes envolvidos.

Por fim, através da análise da bibliografia existente sobre o assunto, poderemos vir a constatar que o sistema BIM pode ser uma importante ferramenta de criação, projeção,

execução e gestão da construção civil. Porém a sua adoção provavelmente virá acompanhada da necessidade de revisão do processo de projeto e sua gestão na construção civil.

REFERÊNCIAS

- SAGGIO, Antonino. **Frank O Gehry: Architecture Residuali**. Turim, Itália: Testo & Immagine, 1997.
- CAMBIAGHI, Henrique et al.. **Diretrizes gerais para intercambialidade de projetos CAD: integração entre projetistas, construtoras e clientes**. São Paulo: Pini, 2002.
- PMI – **Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. 4ª ed. EUA: Project Management Institute, 2008
- HARRIS, Cyril M. **Dictionary of Architecture and Construction**, 4ª ed. EUA: McGraw-Hill, 2006.
- BURDEN, Ernest. **Illustrated Dictionary of Building Design And Construction**, EUA: McGraw-Hill, 2005.
- CONFEA – Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. **Resolução 1010/2005 – Anexos I,II,III**, Brasília: CONFEA, 2005.
- KWAK, Young-Hoon (2005). **"A brief history of Project Management"**. In: The story of managing projects. CARAYANNIS, Elias G. et al. (9 ed.s), EUA: Greenwood Publishing Group, 2005.
- ARCHICAD. Software Integrado ao Sistema BIM (Building Information Modeling) - Elaboração de Projetos por meio de construção do Edifício Virtual, com estímulo à liberdade de criação. **Piniweb**. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/empresa/software/archicad-128462-1.asp>>. Acesso em: 15 nov. 2011, 13:00:00.
- FRANK, Rafael. BIM está mudando a maneira de projetar no mundo inteiro. **Piniweb**, Junho/2008. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/arquitetura/bim-esta-mudando-a-maneira-de-projetar-no-mundo-inteiro-93523-1.asp>>. Acesso em: 12 nov. 2011.
- COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso Carlos. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. 2008. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf. Acesso em: 13 nov. 2011).
- ANDRADE, Max Lira Veras X. ; RUSCHEL Regina Coeli. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no brasil e tendências**. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2009.
- SOUZA, Livia L. Alves; AMORIM, Sérgio R. Leusin; LYRIO, Arnaldo de Magalhães. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos** [ISSN 1981-1543], v.4, Nov. 2009.

SANTOS; Joana Prata. **Planeamento da Construção Apoiada em Modelos 4D Virtuais** 2010. Disponível em: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/806043/1/DISS_FINAL.pdf> Acesso em: 10 jan. 2012).

CHECCUCCI, Érica de Sousa; PEREIRA, Ana Paula Carvalho; AMORIM, Arivaldo Leão. **A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia-UFBA-2011.

BARISON, Maria Bernardete; SANTOS, Eduardo Toledo. **Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

ARAÚJO, Thiago Thielmann; HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz; ABDALLA, José Gustavo Francis. **A contribuição do BIM para a representação do ambiente construído.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

FREIRE, Márcia Rebouças; AMORIM, Arivaldo Leão. **A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia-UFBA-2011.

ARANTES, Eduardo Marques; DIAS, Ezequiel Rosa. **Análise do processo de projeto de um empreendimento privado mediante implementação de tecnologia building information modeling.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

STEHLLING, Miguel Pereira; ARANTES, Eduardo Marques. **Contribuições da tecnologia BIM em processo de projeto na construção civil em Belo Horizonte.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

OLIVEIRA, Ludmila Cabizuca; PEREIRA, Alice T. Cybis. **O uso de tecnologias BIM em escritórios de arquitetura relacionado ao modo de implantação.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

LIMA, Mariana Monteiro Xavier; MAIA, Sara Costa; BARROS NETO, José de Paula. **O pensamento complexo e suas implicações ao processo de projeto.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

BRODESCHI, Michelle. **A gestão da comunicação em projetos com uso de ferramentas colaborativas e sistemas CAD-BIM.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

BASTOS, Bernardo de Alencar; FONSECA, Jealva Ávila Lins; GOMES, Vitória Mello de Souza; SANTOS, Alane Amorim. **Implantação de tecnologia BIM na incorporação imobiliária.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

CARVALHO, Michael Antony; SCHEER, Sérgio. **Uso e eficiência do IFC entre produtos de proposta BIM no mercado atual.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

GOES, Renata Heloisa de Tonissi e Buschinelli; SANTOS, Eduardo Toledo. **Compatibilização de projetos: comparação entre o BIM e CAD 2D.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

MANZIONE, Leonardo; ABAURRE, Mariana Wyse; MELHADO, Silvio Burrattino; OWEN, Robert. **Desafios para a implementação do processo de projeto colaborativo: análise do fator humano.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

RÊGO, Rejane de Moraes; NUNES, Aliomar Ferreira **Conhecimento e uso de tecnologias BIM por empresas de AEC e por cursos de arquitetura e engenharia civil de Recife: situação e desafios.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

CARVALHO, Ramon Silva; PEREIRA, Affonso Pedro de Savignon. **Professor do futuro x arquiteto do futuro.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

WITICOVSKI, Lilian Cristine; SCHEER, Sergio. **Utilização de modelagem BIM no processo de integração entre projeto e orçamentação.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

RABELO, Patrícia Fraga Rocha; MECA, Ana Luiza; FRANÇA, Sarah Lúcia Alves; ROCHA, Nívea Maria Fraga. **As TICs nos currículos dos cursos de arquitetura e urbanismo.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

CHECCUCCI, Érica de Sousa; AMORIM, Arivaldo Leão. **Modelagem da informação da construção como inovação tecnológica.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

CÉSAR JR, Kléos M Lenz; PINTO, Luiz Guilherme. **A padronização de layers em CAD para a compatibilidade de projetos civis multidisciplinares.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

KEHL, Caroline; SIVIERO, Luís Artur; ISATTO, Eduardo Luis. **A tecnologia BIM na documentação e gestão da manutenção de edifícios históricos.** V Encontro de

tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

MONTEIRO, Ari; SANTOS, Eduardo Toledo. **Representação do projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em um CAD-BIM.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia-UFBA-2011.

GROETELAARS, Natalie Johanna; AMORIM, Arivaldo Leão. **Nuvem de pontos na criação de modelos BIM: aplicações em documentação arquitetônica.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia-UFBA-2011.

FOUQUET, Jean; SERRA, Sheyla Mara Baptista. **Planejamento de edifícios através de software 4.D.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

ARAUJO, Ana Paula Ribeiro **Ferramentas BIM para o projeto arquitetônico: estudo comparativo para a adoção em cursos de graduação em arquitetura e urbanismo.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

CEPEDA, Rosa Alejandra Cajavilca **Processos criativos no desenvolvimento de projetos arquitetônicos em ambientes virtuais.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

BRITO, Juliana Nunes de Sá; KEHL, Caroline. **International collaborative construction management: lições aprendidas e o papel da tecnologia da informação.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

Gestão remodelada - Construtoras e incorporadoras brasileiras se mobilizam para implementar a modelagem da informação na construção. Mais do que transformar o processo de produção, o BIM trará mudanças profundas para a gestão das empresas. Descubra o que muda no seu negócio. **Revista Construção Mercado.** Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

Gafisa cria política de fidelização de projetistas para adotar BIM - A afirmativa é de José Marmo, diretor da Gafisa, que conta as estratégias da empresa junto aos funcionários, projetistas e fornecedores para viabilizar a modelagem da construção em seus empreendimentos. **Revista Construção Mercado.** Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

BURGARDT, Lilian; KINDLE, Mariana; REIS, Pâmela. Como o BIM impacta cada agente do setor da construção - Modelagem da informação da construção impacta todos os agentes da cadeia. Veja os principais impactos na sua área. **Revista Construção Mercado.** Edição

115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

Gafisa testa BIM em cinco empreendimentos - Conheça o projeto piloto que a Gafisa está desenvolvendo junto com 21 escritórios de projetos. Em dois anos, a empresa espera operar com BIM em todos os seus empreendimentos. **Revista Construção Mercado**. Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

Matec: modelagem por conta própria - Construtora assume elaboração de projetos tridimensionais para antecipar incompatibilidades e desvios, e evitar atrasos nas obras. **Revista Construção Mercado**. Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

Método planeja levar o BIM às obras - Construtora cria núcleo de formação de pessoas para aplicação do BIM em diversos departamentos da empresa. Próximo passo é usar a tecnologia nos processos de medição no canteiro. **Revista Construção Mercado**. Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

BARONI, Larissa Leiros. Os desafios para implementação do BIM no Brasil - Consolidação do BIM no Brasil demanda capacitação de profissionais, formatação de biblioteca de componentes e avanços na interoperabilidade. **Revista Construção Mercado**. Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

BLANCO, Mirian. Vantagens de negócio - Saiba o que as empresas têm a ganhar ao adotar a modelagem da construção para empreendimentos residenciais e comerciais. **Revista Construção Mercado**. Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

SANTOS, Eduardo Toledo; BARISON, Maria Bernadete. BIM e as universidades - Formação de recursos humanos devidamente familiarizados com os novos paradigmas que o BIM pressupõe é essencial e urgente. **Revista Construção Mercado**. Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

O BIM vira negócio **Revista Construção Mercado**. Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

BIM: talentos às escondidas. **Revista Construção Mercado**. Edição 115 – 2010. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/sumario.asp>>. Acessado em 20/dez/2011.

FARIA, Renato. Construção integrada: Novos softwares permitirão que todas as equipes de engenharia e arquitetura trabalhem no mesmo arquivo eletrônico. Conceito promete

revolucionar segmento de projetos. **Revista Techne**. Disponível em: <<http://www.revista-techne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64516-1.asp>> Acessado em: 12 nov. 2011.

BARBOZA, Nathalia. SindusCon-SP debate desafios para disseminar o BIM no país. **Sinduscon-sp**. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/imprensa/noticiasdaconstrucao/2011/ed97.pdf>>. Acessado em: 12 nov. 2011.

BIM no Canteiro de Obras. **BIM Revit**. Disponível em: <<http://communities.autodesk.com/brazil/node/348/feed-items>>. Acessado em: 12 nov. 2011.

TAMAKI, Luciana. Entrevista com os autores do "BIM HANDBOOK"- Pini Web: A nova fase do BIM já prevê o controle de módulos de trabalho no canteiro - é o KanBIM. No Brasil, autores do famoso "BIM Handbook" falam com exclusividade sobre essas e outras tecnologias associadas à modelagem de informação. **BIM Revit**. Disponível em: <<http://communities.autodesk.com/brazil/blog/entrevista-com-os-autores-do-bim-handbook-piniweb>> Acessado em: 12 nov. 2011.

Especialistas estrangeiros debateram o uso do BIM durante workshop em São Paulo: Rafael Sacks, professor do Instituto de Tecnologia de Israel, ainda apresentou um novo sistema de controle em canteiro de obras baseado no Building Information Modeling, chamado KanBIM. **PINIweb**. Disponível em: <<http://incorporacaoimobiliaria.com/tag/bim/>>. Acessado em: 12 nov. 2011.

MEDEIROS, Heloisa. Uma nova maneira de projetar e modelar. **Arcoweb**. Disponível em: <<http://incorporacaoimobiliaria.com/tag/bim/>>. Acessado em: 20 nov. 2011.

ABNT elabora normas para o BIM e Coordenação Modular. Revista. **Techne**. Disponível em: <<http://incorporacaoimobiliaria.com/tag/bim/>>. Acessado em: 12 nov. 2011.

Tecnologia orçamentária: Especialista em BIM (Building Information Modeling), Eduardo Toledo Santos, professor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, é coordenador do Grupo BIM e especialista em Tecnologias da Informação aplicadas à Construção Civil; explica como o conceito pode revolucionar os processos de orçamentação. **Construção e Mercado**. Disponível em: <<http://incorporacaoimobiliaria.com/tag/bim/>>. Acessado em: 12 nov. 2011.

GUIDUGLI, Roberto. Por que a elaboração de projetos é tão importante e tão desprestigiada? **Meta Consultores Ltda**. BeloHorizonte, 2012. Disponível em: <<http://www.consultoresmeta.com.br/>> Acessado em: 20 jan. 2012.

BIM - Building Information Modeling e suas inovações foi tema de interessantes discussões no Fórum AsBEA e 8º Encontro Regional. **AsBEA**. Disponível em: <<http://www.asbea.org.br/index.asp>> Acessado em: 12 nov. 2011.

ADDOR, Miriam Roux A.; CASTANHO, Miriam Dardes de Almeida; CAMBIAGHI, Henrique; DELATORRE, Joyce Paula Martin; NARDELLI, Eduardo Sampaio; OLIVEIRA, André Lompreta. Colocando o "i" no BIM. **Usjt - arq.urb**. N°4, 2010. Disponível em: <http://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf> Acesso em: 13 nov. 2011.

Como migrar para o BIM sem enlouquecer seu escritório. **Blog do BIM BOM**. Disponível em: <<http://www.bimbon.com.br/blog/?p=120>>Acessado em: 10 jan. 2012.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. III Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção Civil – TIC. Porto Alegre -2007.

Project Architect vs. Project Manager. **The.Project.Management.Hut**. Disponível em:<<http://www.pmhut.com/project-architect-vs-project-manager>>Acessado em 20 jan. 2012.

U.S. NAVY BUREAU OF NAVAL PERSONNEL, TRAINING PUBLICATIONS DIVISION. **Construção Civil, Teoria e prática**. São Paulo: Ed. Hemus, 2005.

BUENO, Sílvia Elvira d'Agostini. **O projeto arquitetônico nas empresas construtoras: uma proposta de conciliação através de programas de qualidade**. Florianópolis: UFSC, 2003.

VANNI, Cláudia Maria Kattah. **Análise de Falhas Aplicada à Compatibilidade de Projetos na Construção de Edifícios**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1999.

SILVEIRA, Jacson Carlos da; SALES Alessandra Luize Fontes; MOURÃO Yves Rabelo; SILVEIRA Liana; BARROS NETO José de Paula; **Problemas encontrados em obras devido às falhas no processo de projeto: visão do engenheiro de obra**. II Workshop Nacional Gestão do processo de projeto na construção de edifícios. UFPR, Curitiba – PR, 06-07 de dezembro de 2007.

KWAK, Young-Hoon. "A brief history of Project Management". Separata de: CARAYANNIS, Elias G. et al. **The story of managing projects**. (9 ed.s), EUA: Greenwood Publishing Group, 2005.

MALARD, Maria Lúcia. Alguns Problemas de Projeto ou de Ensino de Arquitetura. Separata de : MALARD, Maria Lúcia. **Cinco textos sobre Arquitetura**. Belo Horizonte: Editora IJFMG, 2005.

BUENO, Júlio César. **Melhores práticas em projetos de infraestrutura: sistemas contratuais complexos e tendências num ambiente de negócios globalizado**. 9ª Conferência Internacional da LARES - Latin American Real Estate Society. Real Estate e os Efeitos da Crise Financeira. São Paulo, Outubro 13-15, 2009.

SACOMANO, José Benedito; GUERRINI, Fábio Müller; SANTOS, Myrian Tizuko Sasaki; MOCCELLIN, João Vitor. **Administração de produção na construção civil: o gerenciamento de obras baseado em critérios competitivos**. São Paulo: Arte & Ciência. 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13531:1995 - Elaboração de Projetos de Edificações**. Rio de Janeiro: 1995.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13531:1995 - Elaboração de Projetos de Edificações**. Rio de Janeiro: 1995.

ASBEA – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura. Tabela Comparativa de Softwares BIM. **ASBEA**. Disponível em:< [www.asbea.org.br/download/Tabela Comparativa Softwares BIM.xls](http://www.asbea.org.br/download/Tabela_Comparativa_Softwares_BIM.xls)>. Acessado em 20/dez/2011.

BIBLIOGRAFIA

PEREIRA, Silvia Maria Soares de Araujo; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin. **BIM como instrumento de apoio à introdução da ecoeficiência em projetos de biotérios.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; RUSCHEL, Regina Coeli; MARTINS, Felipe Alonso. **Uso de realidade aumentada para visualização do modelo da edificação.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

BARISON, Maria Bernardete; SANTOS, Eduardo Toledo **Tendências atuais para o ensino de BIM.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

SOMBRA, Paula Lima; CORREIA, Lucas de Oliveira. **Proposta de modelo virtual de captação de requisitos de clientes para inserção no BIM.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia-UFBA-2011.

ROMCY, Neliza Maria e Silva; CARDOSO, Daniel Ribeiro; BERTINI, Alexandre Araújo; PAES, André Nogueira; RODRIGUES, Paula. **BIM e coordenação modular: possibilidades de melhoria para a indústria da AEC.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

DOMINGUES, Eduardo Hernandes; OLIVEIRA, Claudia Terezinha de Andrade. **O uso de software de manufatura no desenvolvimento de projetos de edificações pré-fabricadas.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

ARANTES, Eduardo Marques; SILVA JUNIOR, Homero; D'ALMEIDA, Caio Sergio Bedeschi. **A experiência de implementação do sistema colaborativo SISAC para a gestão de projetos em uma entidade pública.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

DE MORI, Luci Mercedes; JUNGLES, Antônio Edésio. **Rede neural artificial: previsão de produtividade do trabalho na execução de alvenaria.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia-UFBA-2011.

SCHRAMM, Fábio Kellermann; FORMOSO, Carlos Torres. **Uma análise do uso da simulação como ferramenta do projeto do sistema de produção em empreendimentos da construção civil.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

SILVA, Julio Cesar Bastos; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin. **A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM - uma abordagem teórica.** V Encontro de

tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

BUORO, Anarrita Bueno; LARA; Arthur Hunold; IKEDA, Cristina Yukari Kawakita; NOJIMOTO, Cynthia; CAMARGO, Monica. **Aplicações paramétricas visando o projeto com eficiência energética.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

MANZION, Leonardo; ABAURRE, Mariana Wyse; MELHADO, Silvio Burrattino; BERLO, Léon. **Desenvolvimento e aplicação de indicadores de desempenho na análise e melhoria da gestão do fluxo de informações do processo de projeto em BIM.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

MARQUES, Sandra; FERRIÈS, Bernard. **Quadro sinóptico de três iniciativas de incentivo da BIM no contexto francês.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

CELANI, Maria Gabriela Caffarena; VAZ, Carlos Eduardo Verzola. **Scripts em CAD e ambientes de programação visual para modelagem paramétrica: uma comparação do ponto de vista pedagógico.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

VALENTE, César Augusto Vieira; SALES, Adriano de Alencar; KATER, Marcel; RUSCHEL, Regina Coeli. **Uma leitura visual do tema BIM no período de 2005-2010 nas revistas AECBYTES e ITCON.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

PUPO, Regiane Trevisan; RUSCHEL, Regina Coeli; ANDRADE, Max Lira Veras Xavier; SALES, Adriano de Alencar. **Implantação em cursos de engenharia e arquitetura.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

FERREIRA, Sérgio Leal; PETRECHE, João Roberto Diego; LEITE, Brenda Chaves Coelho. **Pré-processador de dicionário de dados para interfaces de programas de simulação energética de edificações.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

MENDES, Nilton Paulo Raimundo; SANTOS, Eduardo Toledo. **Maquete virtual interativa: proposta de uma ferramenta de vendas para o mercado imobiliário residencial.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

SOUZA, Ellen Priscila Nunes; DIAS, Maíra Vieira **Iluminação artificial e o restaurante tradicional japonês: um estudo de caso.** V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção – TIC. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA-2011.

BOLAND, R.J., LYTTINEN, K., YOO, Y. **Path Creation with Digital 3D Representations: Networks of Innovation in Architectural Design and Construction.** Case Western

Reserve University, EUA, 2003. Sprouts: Working Papers on Information Systems, 3(9).
Disponível em: <http://sprouts.aisnet.org/3-9>. Acesso em 23 jan. 2012.

ANEXO A: ARTIGOS E TRABALHOS PUBLICADOS EM EVENTOS

A difusão do formato BIM, na indústria da construção civil, pode se tornar mais eficaz através de pesquisas e estudos de casos desenvolvidos sobre o assunto, além de modificações no ensino de graduação dos cursos de arquitetura e engenharias.

Com o objetivo de complementar a bibliografia existente neste capítulo, veremos um pouco sobre a difusão das ferramentas BIM no Brasil, através de um levantamento existente, que teve como objetivo identificar os núcleos de pesquisa sobre o tema; quem são os pesquisadores; onde estão localizados; quais os enfoques das pesquisas; como os eventos nacionais nas áreas de arquitetura e engenharia tratam o tema, e a evolução da difusão destas tecnologias ao longo dos últimos anos, com abrangência temporal de 2005 a 2010.

Checucci; Pereira; Amorim (2011) apontam os seguintes resultados:

Tabela 4. Trabalhos em cada fonte de pesquisa X trabalhos sobre o tema X trabalhos de pesquisadores brasileiros ou radicados no Brasil – por fonte de pesquisa

Fonte de Pesquisa	Número de trabalhos	Trabalhos sobre o tema	Trabalhos de pesquisadores brasileiros ou radicados no Brasil
Eventos			
GRAPHICA (2005 / 2007 / 2009)	443	4	3
SiGraDi (2005 a 2010)	664	25	12
PROJETAR (2005 / 2007 / 2009)	451	0	0
TIC (2005 / 2007 / 2009)	78	8	8
WBGPPCE (2005, 2007, 2008, 2009)	281	9	9
Revistas			
PARC (v. 1, 2, 3, 4 e 5)	30	0	0
Revista AC	-	0	0
Gestão & Tecnologia de Projetos	58	6	6
Total de artigos	-	52	38
Portal de teses da CAPES e Portal Domínio Público		10 dissertações / 1 tese	10 dissertações / 1 tese

Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Tabela 5. Bases internacionais: trabalhos sobre o tema

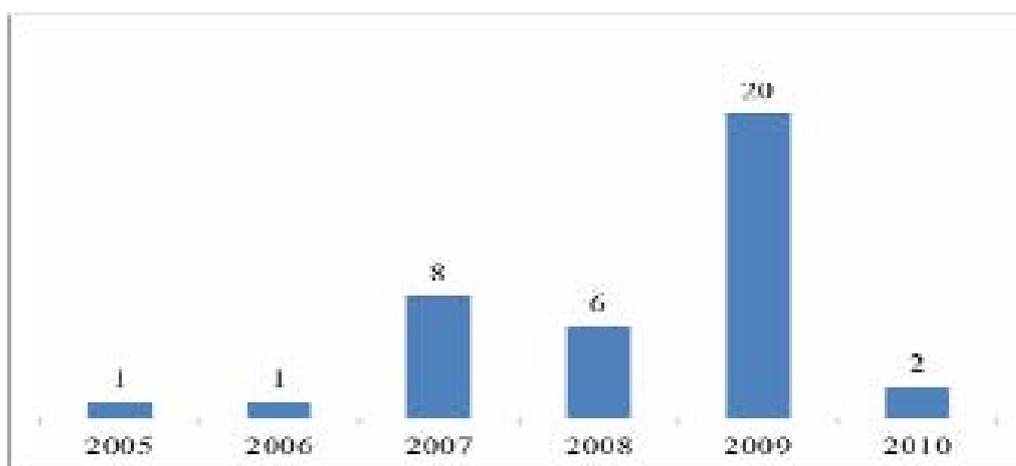
Fonte de Pesquisa	Trabalhos sobre o tema
CumInCAD	93
<i>Web of Science</i>	108
Total de artigos	201

Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Quanto ao crescimento da difusão da BIM ao longo dos anos:

O Gráfico 1 mostra a evolução das publicações realizadas no período de 2005 a 2010, podendo-se verificar que o tema no início deste período é pouco discutido, havendo um crescimento nos anos 2007 e 2009, mas sendo ainda muito incipiente o número de publicações. O número reduzido de trabalhos em 2010 pode ser justificado por haver apenas um evento analisado neste ano (SiGraDi). A edição de 2009 do SiGraDi teve 6 trabalhos de pesquisadores brasileiros sobre o tema contra 2 trabalhos publicados em 2010, porém devemos considerar que em 2009 o evento ocorreu no Brasil e em 2010 ele ocorreu em Bogotá, na Colômbia. Dos 6 artigos sobre o tema, publicados na revista *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 5 foram do ano de 2009.

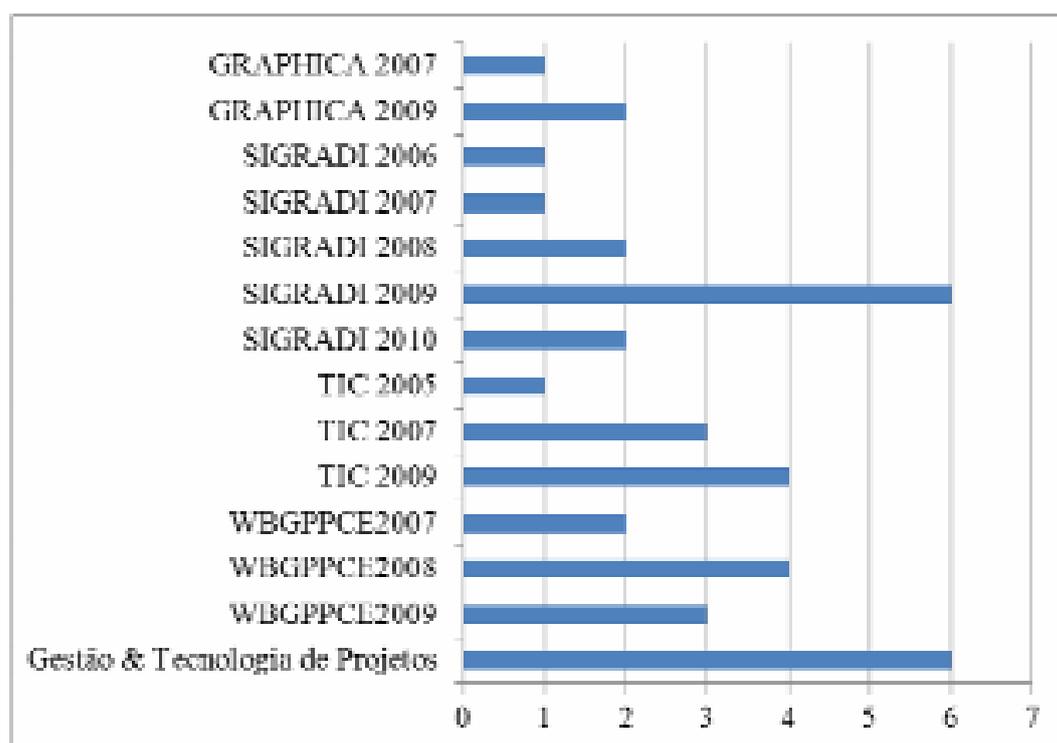
Gráfico 7. Número de artigos publicados por ano



Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Em relação aos veículos com maior número de publicações, foi gerado o gráfico abaixo, em que estão à frente a revista Gestão & Tecnologia de Projetos e o SiGraDi 2009, ambos com seis trabalhos publicados sobre o tema no período:

Gráfico 8. Número de artigos por veículo x ano

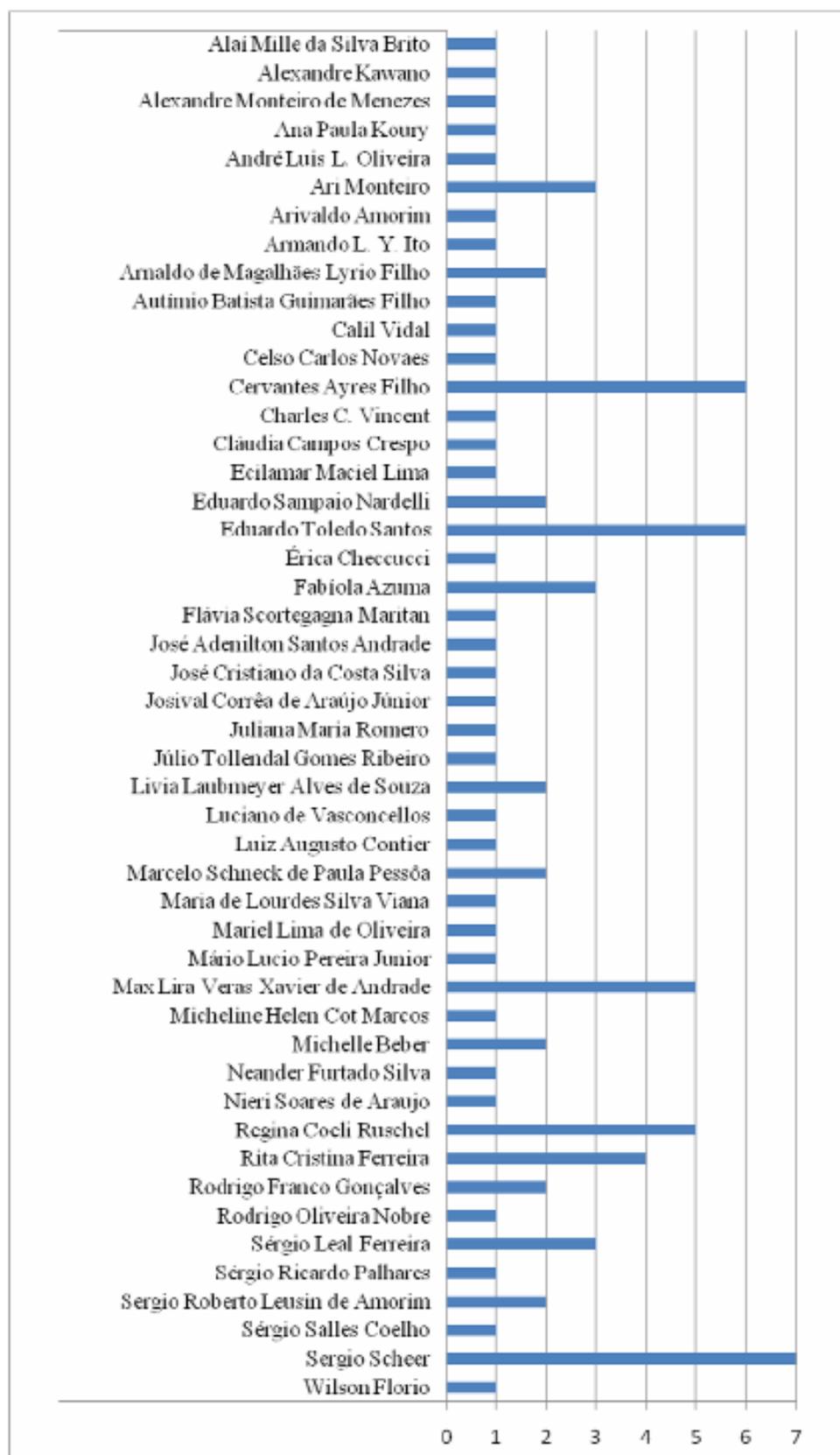


Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Em relação aos autores e número de publicações, tem-se que:

o autor que mais publicou neste período foi Sérgio Scheer (7 artigos), seguido por Cervantes Ayres Filhos e Eduardo Toledo, que publicaram 6 artigos cada. Em terceiro lugar, com 5 artigos cada, Regina Ruschel e Max Andrade. Em quarto lugar, com 4 artigos publicados, Rita Cristina Ferreira. Tem três artigos publicados, cada um destes três autores: Sérgio Ferreira, Fabíola Azuma e Ari Monteiro. Ao todo, foram identificados 48 autores, pesquisadores sobre BIM:

Gráfico 9. Número de artigos publicados por autor

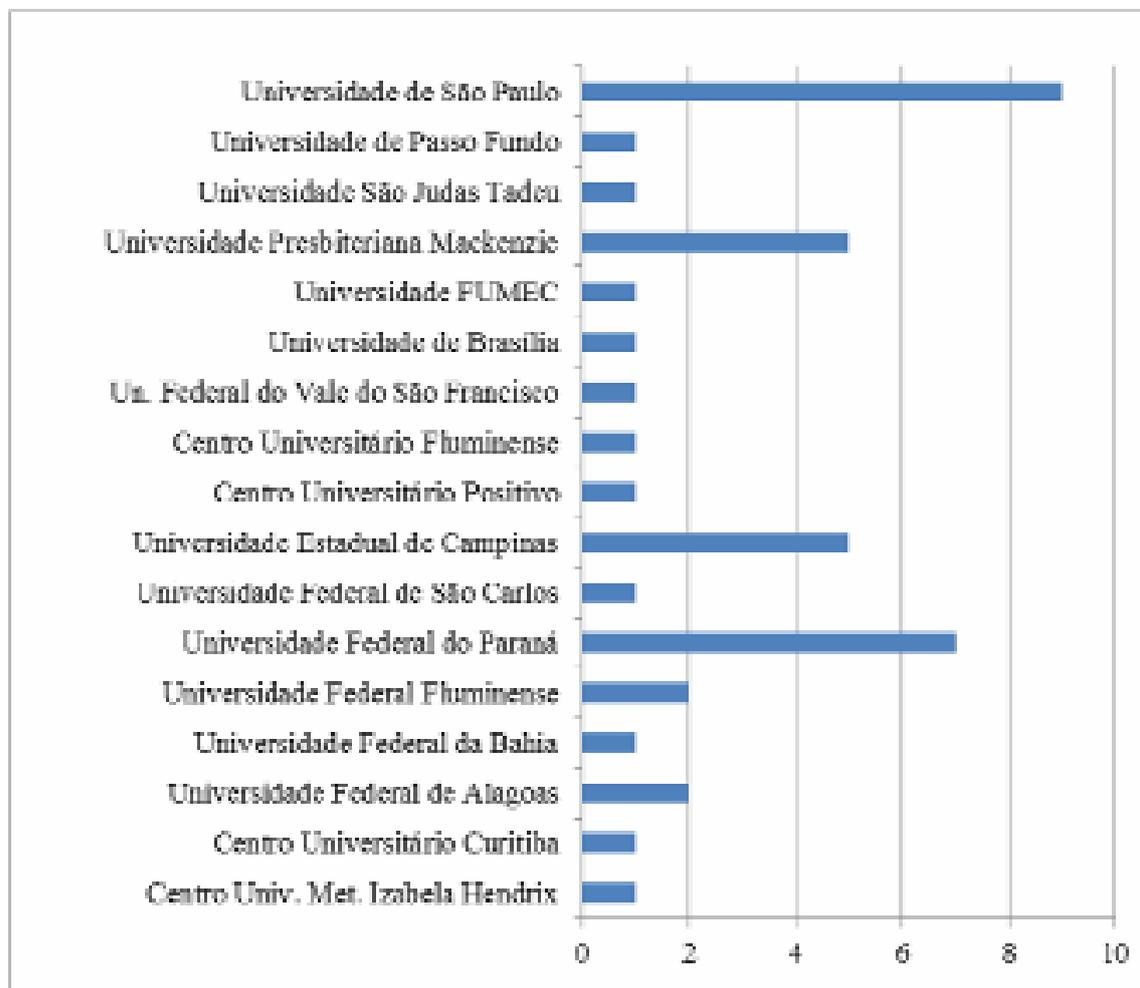


Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Em se tratando da relação de Instituições e número de publicações, foi constatado que:

No período analisado, foram identificadas 17 instituições que têm profissionais pesquisando sobre BIM. A instituição que mais publicou foi a USP, com 9 artigos publicados no período. Em segundo lugar, a UFPR com 7 artigos; em terceiro lugar a UNICAMP e a MACKENZIE com 5 artigos cada. Fica identificada a maior concentração de artigos publicados pelas instituições do estado de São Paulo, com 21 artigos, do total dos 38 artigos:

Gráfico 10. Número de publicações por instituição

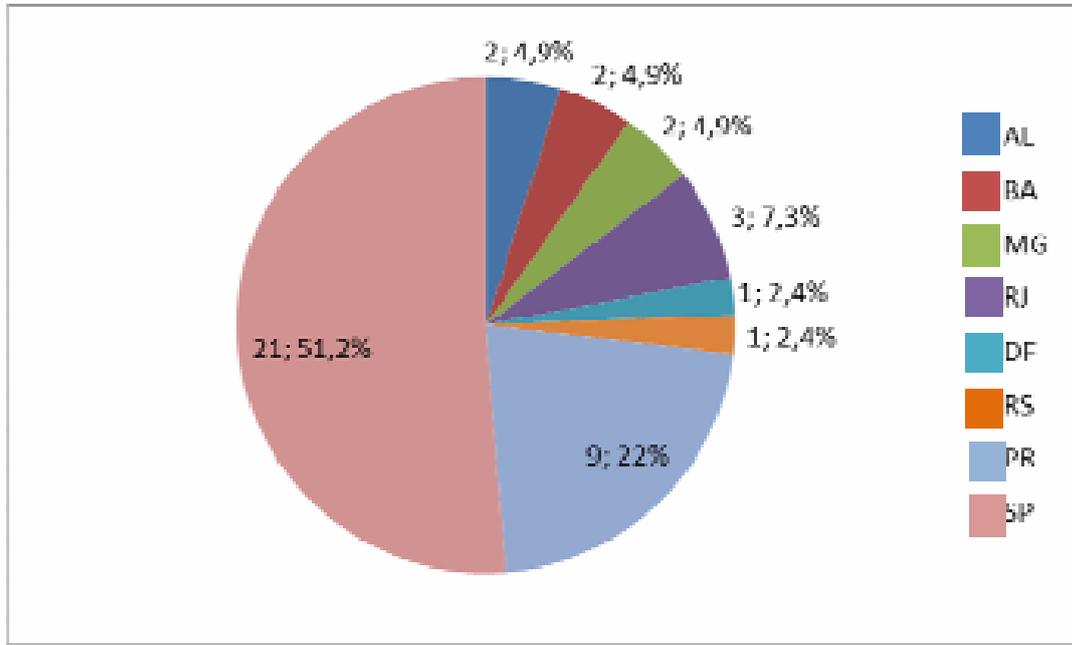


Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

A distribuição geográfica dos grupos de pesquisa mostrou que:

As publicações se concentram na região Sul e Sudeste do país, sendo São Paulo o estado com maior número de publicações. O Gráfico 5 mostra o número de publicações por estado:

Gráfico 11. Número absoluto e percentual de publicações por estado



Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Análise de conteúdo

Os trabalhos identificados foram classificados segundo o seu conteúdo em cinco categorias. As quatro primeiras foram adaptadas de Andrade e Ruschel (2009), tendo sido criada uma quinta nova categoria: (a) artigos que tratam sobre conceitos relacionados à BIM, os seus benefícios e desafios no seu uso; (b) o uso da BIM no processo de projeto arquitetônico; (c) a colaboração entre projetistas e a interoperabilidade entre sistemas; (d) questões sobre customização e melhorias em aplicativos BIM; (e) descrições e análises sobre experiências de ensino.

a) Conceitos relacionados à BIM, os seus benefícios e desafios no seu uso

- CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. (2008) discutem questões relacionadas aos Modelos de Informação da Edificação (BIM) como opção para melhorar a eficiência projetual de edificações, com consequente desenvolvimento de projetos com melhores índices de desempenho. Apontam e analisam as tecnologias disponíveis, comparando as vantagens e as dificuldades na sua implantação.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009a) fazem uma análise sobre as pesquisas que envolvem a BIM no Brasil, identificando e analisando artigos que tratam do tema em publicações de eventos nacionais. Concluem que no Brasil a implantação do BIM ainda está na

primeira geração e sugerem que sejam pesquisadas metodologias de projeto que utilizam as tecnologias digitais.

b) O uso da BIM no processo de projeto arquitetônico

- SCHEER et al (2007) apresentam impactos de sistemas CAD geométricos e sistemas CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura da cidade de Curitiba – PR, através da realização de dois estudos de caso.
- MARCOS, M. H. C. (2009) com base em um estudo de caso, analisa a emissão de CO2 por uma edificação durante o seu ciclo de vida pré-operacional (fabricação, transporte de materiais e erguimento da construção). Utiliza uma ferramenta CAD-BIM (ArchiCAD) para realizar esta análise.
- RIBEIRO, J. T. G.; SILVA, N. F.; LIMA, E. M. (2009) comparam o projeto de reforma e de expansão do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Brasília, desenvolvido em ferramenta CAD e em ferramenta BIM, e verificaram de forma objetiva e sistemática alguns dos benefícios que as ferramentas BIM trazem na projeção de aeroportos.
- ROMERO, J. M.; SCHEER, S. (2009) investigam a utilização de ferramenta BIM para acelerar os procedimentos de aprovação de projetos de edificações, através de estudo de caso na Prefeitura Municipal de Curitiba.
- VASCONCELLOS, L., MARITAN, F. S. (2009) analisam método de projeto arquitetônico desenvolvido com o auxílio do Autodesk REVIT Architecture e como esta ferramenta pode influenciar o processo de projeto.
- SOUZA, L. L. A.; LYRIO, A. M.; AMORIM, S. R. L. (2009), realizaram uma pesquisa em 13 escritórios de arquitetura do Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba que utilizavam a tecnologia BIM. Foram analisados os impactos do uso da BIM nestes escritórios, as vantagens e os problemas da adoção da tecnologia.
- SOUZA, L. L. A.; LYRIO, A. M.; AMORIM, S. R. L. (2009b) analisam os impactos decorrentes da implantação da tecnologia BIM em escritórios de projeto de arquitetura. Foram feitos estudos de campo em escritórios do Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba.
- NARDELLI, E. S. (2010) discute a necessidade do uso da tecnologia BIM, na cadeia produtiva da indústria da construção civil no Brasil, visando alcançar os objetivos do programa de construção habitacional “Minha Casa, Minha Vida”. Fala sobre a transição do CAD ao BIM, da necessidade de normatização, da interoperabilidade, de prototipagem rápida, ambientes imersivos e outras inovações que alteram a cadeia produtiva da construção civil.

c) A colaboração entre projetistas e a interoperabilidade entre sistemas

- CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. (2007) discutem o potencial das ferramentas BIM na melhoria do processo de desenvolvimento do produto da construção civil. Falam sobre colaboração, interoperabilidade e simulação. Descrevem a solução REVIT da AutoDesk, direcionada para o

desenvolvimento do projeto arquitetônico e estrutural e a integração entre estes programas.

- FERREIRA, S. L. (2007) apresenta a BIM como uma evolução da Engenharia Simultânea (sic) e elabora uma discussão sobre essa evolução. Fala sobre colaboração e interoperabilidade e sugere algumas linhas de pesquisa sobre o tema.
- COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. (2008) realizam pesquisa bibliográfica e levantamento de informações e recursos para colaboração no trabalho com modelos BIM. Apresentam a evolução de ferramentas BIM e a necessidade da revisão dos processos de colaboração entre os projetistas.
- CONTIER, L. A.; KOURY, A. P. (2008) trazem uma perspectiva histórica para discutir a integração entre os profissionais envolvidos no projeto do edifício, e entre estes e a indústria da construção civil.
- ANDRADE, M. L.V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009b) discutem a interoperabilidade entre duas ferramentas BIM (ArchiCAD e REVIT) utilizando o formato IFC.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009c) identificam não conformidades na troca de informações dos modelos do edifício produzidos em aplicativos BIM, voltados para arquitetura e discutem como estes aplicativos tratam as informações de mesmas famílias de objetos. Apresentam exemplo bem sucedido de sistema de compartilhamento de modelos BIM e mostram que os tradutores de IFC ainda não são robustos o suficiente para transportar os dados do modelo com a qualidade do original.
- SANTOS, E. T. (2009) fala sobre a interoperabilidade em BIM, que é o intercâmbio de informações entre sistemas, mostrando que IFC é a melhor opção para assegurá-la. Descreve outros padrões menos conhecidos, como IDM, MVD e IFD e mostra como estes atuam no intercâmbio de dados.
- SCHEER, S.; AYRES FILHO, C. (2009) trazem uma abordagem sobre colaboração e interoperabilidade BIM através de quatro diferentes escalas de modelagens: a supermodelagem (processos envolvidos no ciclo de vida da edificação); a metamodelagem, que produz padrões de intercâmbio de dados; a modelagem (onde o modelo de um edifício é produzido) e a micromodelagem, que determina a criação de objetos componentes do modelo.
- AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. (2009) mostram formas de desenvolvimento de aplicações para acesso aos dados de modelos de edifícios em formato IFC. Apresentam sugestões para a criação de uma ferramenta para metacompilação semiautomatizada de bibliotecas de classes Java.
- SCHEER, S. et al. (2009) analisam como o ARCHICAD suporta o trabalho colaborativo em equipe.

d) Questões sobre customização e melhorias em aplicativos BIM

- FERREIRA, S., KAWANO, A., OLIVEIRA, A. (2005) descrevem uma proposta de ampliação do modelo IFC, para o objeto "luminária", e uma aplicação em Java, criada colaboração, interoperabilidade e simulação. Descrevem a solução REVIT da AutoDesk, direcionada para o desenvolvimento do projeto arquitetônico e estrutural e a integração entre estes programas.

- FERREIRA, S. L. (2007) apresenta a BIM como uma evolução da Engenharia Simultânea (sic) e elabora uma discussão sobre essa evolução. Fala sobre colaboração e interoperabilidade e sugere algumas linhas de pesquisa sobre o tema.
- COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. (2008) realizam pesquisa bibliográfica e levantamento de informações e recursos para colaboração no trabalho com modelos BIM. Apresentam a evolução de ferramentas BIM e a necessidade da revisão dos processos de colaboração entre os projetistas.
- CONTIER, L. A.; KOURY, A. P. (2008) trazem uma perspectiva histórica para discutir a integração entre os profissionais envolvidos no projeto do edifício, e entre estes e a indústria da construção civil.
- ANDRADE, M. L.V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009b) discutem a interoperabilidade entre duas ferramentas BIM (ArchiCAD e REVIT) utilizando o formato IFC.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009c) identificam não conformidades na troca de informações dos modelos do edifício produzidos em aplicativos BIM, voltados para arquitetura e discutem como estes aplicativos tratam as informações de mesmas famílias de objetos. Apresentam exemplo bem sucedido de sistema de compartilhamento de modelos BIM e mostram que os tradutores de IFC ainda não são robustos o suficiente para transportar os dados do modelo com a qualidade do original.
- SANTOS, E. T. (2009) fala sobre a interoperabilidade em BIM, que é o intercâmbio de informações entre sistemas, mostrando que IFC é a melhor opção para assegurá-la. Descreve outros padrões menos conhecidos, como IDM, MVD e IFD e mostra como estes atuam no intercâmbio de dados.
- SCHEER, S.; AYRES FILHO, C. (2009) trazem uma abordagem sobre colaboração e interoperabilidade BIM através de quatro diferentes escalas de modelagens: a supermodelagem (processos envolvidos no ciclo de vida da edificação); a metamodelagem, que produz padrões de intercâmbio de dados; a modelagem (onde o modelo de um edifício é produzido) e a micromodelagem, que determina a criação de objetos componentes do modelo.
- AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. (2009) mostram formas de desenvolvimento de aplicações para acesso aos dados de modelos de edifícios em formato IFC. Apresentam sugestões para a criação de uma ferramenta para metacompilação semiautomatizada de bibliotecas de classes Java.
- SCHEER, S. et al. (2009) analisam como o ARCHICAD suporta o trabalho colaborativo em equipe.

e) Questões sobre customização e melhorias em aplicativos BIM

- FERREIRA, S., KAWANO, A., OLIVEIRA, A. (2005) descrevem uma proposta de ampliação do modelo IFC, para o objeto "luminária", e uma aplicação em Java, criada para interpretar e apresentar dados do formato IES LM-631 e calcular o Coeficiente de Utilização, um parâmetro importante em um dos métodos mais utilizados de cálculo luminotécnico, o Método das Cavidades Zonais.
- GONÇALVES, R. F. et al (2007) trazem uma proposta de implementação em UML2 das informações de um projeto de arquitetura e

explicitam as relações semânticas existentes entre os elementos do projeto. A partir de estudo de caso, executam modelagem dos objetos, apresentando como resultado a representação explícita das interfaces entre objetos AEC.

- FERREIRA, R. C. et al. (2007) trazem uma visão de implementação em UML da informação de um projeto de AEC e tornam explícitas suas relações semânticas. Os resultados da pesquisa foram obtidos através da realização de um estudo de caso de projeto de produção em CAD 3D dos subsistemas alvenaria e revestimento para um edifício residencial. O principal resultado obtido foi a representação explícita das interfaces entre objetos AEC.
- AYRES FILHO, C.; AZUMA, F.; SCHEER, S. (2008) discutem sobre os requisitos necessários a uma ferramenta CAD/BIM direcionada para automatização de documentos de projeto de alvenaria de blocos de concreto.
- AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. (2009) apresentam sugestões para a criação de uma ferramenta para metacompilação semi-automatizada de bibliotecas de classes Java, correspondentes às entidades IFC do esquema ifcXML, que forneçam aos desenvolvedores métodos de acesso mais diretos e que permitam um desenvolvimento mais rápido de aplicações.
- FERREIRA, S. L. (2009) propõe um sistema aberto para catalogação de preços unitários de diversos fornecedores, e relata parte da implementação de um sistema rápido e atualizável de custo de construção. Apresenta como inovação o uso do IFC, que permite a interoperabilidade entre os programas CAD.
- MONTEIRO, A.; FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. (2009) discutem a questão da representação do objeto "parede" num aplicativo BIM, de forma a atender aos níveis de detalhes inerentes a um projeto para produção de vedações verticais em alvenaria, sem sobrecarregar demasiadamente o modelo, o que inviabilizaria sua manipulação. Descrevem duas proposições distintas para representar a "parede" e utilizam o REVIT para analisar as duas opções propostas.
- MONTEIRO, A.; FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. (2009b) apresentam algumas abordagens para a representação da modulação de alvenaria utilizando o objeto "parede", no REVIT. Fazem uma análise comparativa das diferentes abordagens, destacando suas vantagens e desvantagens.
- MONTEIRO, A.; SANTOS, E. T. (2009) apresentam alguns resultados preliminares da investigação sobre o uso de modelagem generativa para a representação de modulação de alvenaria e para a proposta de uma gramática da forma visando representar seus elementos básicos, em ferramentas BIM.

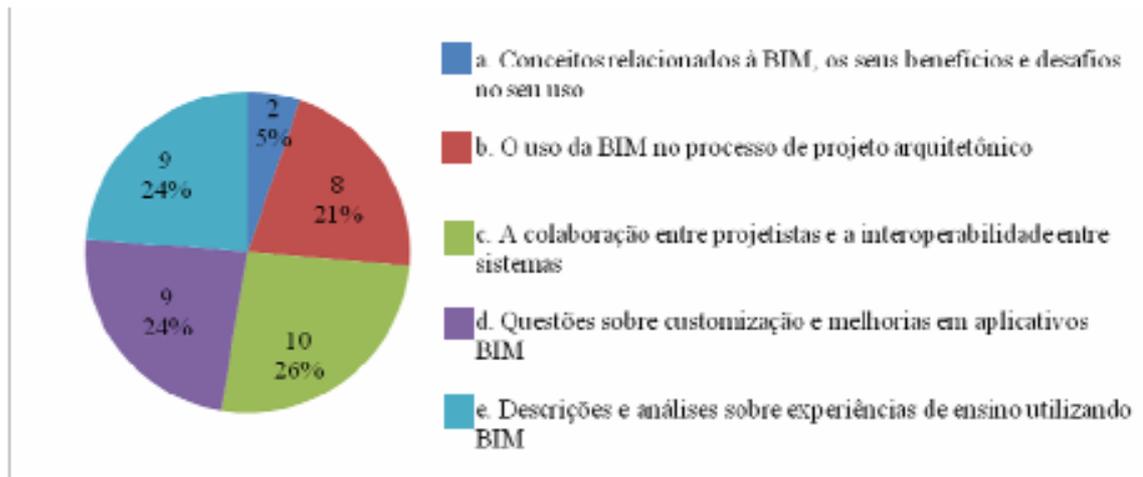
f) Descrições e análises sobre experiências de ensino utilizando BIM

- VINCENTE, C. C. (2006) apresenta uma experiência de ensino de projeto arquitetônico com uso de ferramentas CAD (Desenho Assistido por Computador), CAAD (Projeto e Desenho Assistidos por Computador) (sic) e BIM (Modelagem de Informações da Edificação), na qual a aprendizagem passa a ter como foco o processo de trabalho projetual.
- ANDRADE, M. L. V. X. (2007) relata uma experiência de ensino de Computação Gráfica Digital (sic), com objetivo de comparar as vantagens e desvantagens do uso de modeladores geométricos versus editores de

desenho para o ensino de projeto, ressaltando que as ferramentas tridimensionais são um instrumento importante para o ensino da representação arquitetônica, para a visualização do espaço e a compreensão dos sistemas construtivos do edifício, sendo conseqüentemente, um instrumento de auxílio à concepção do projeto.

- ANDRADE, M. L. V. X. et al (2007) descrevem uma experiência de ensino onde comparam as vantagens e desvantagens de utilização de três ferramentas gráficas: SketchUp, AutoCAD e ArchiCAD, em fases diferentes da projeção arquitetônica.
- FLORIO, W. (2007) examina as contribuições da BIM nas ações cognitivas realizadas pelo projetista durante o processo de criação e de desenvolvimento de projeto de arquitetura. Ele examina três projetos, que serviram para testar o potencial de modelagem paramétrica de componentes e sua eficácia na visualização desses elementos no espaço.
- Relata uma experiência didática na qual utilizou o Autodesk REVIT 8.1 e conclui que a inclusão da BIM no ensino de arquitetura contribui para a compreensão da articulação entre elementos construtivos do edifício, tornando mais clara e precisa a comunicação das informações e intenções projetuais.
- NARDELLI, E. (2008) aponta alguns desafios sobre a utilização da BIM e seu reflexo nas escolas de arquitetura, concluindo pela necessidade em atualizar currículos e estruturas de ensino.
- RUSCHEL, R. C.; GUIMARÃES, F. A. B. (2008) apresentam uma experiência de ensino que visa abordar barreiras de cunho cultural para a adoção do CAD 4D.
- ARAÚJO, N. S. (2009) apresenta a importância da experimentação no ensino de projeto de arquitetura. Mostra que a tecnologia facilitou as simulações e investigações projetuais, proporcionando uma melhor compreensão e tomada de decisão nos projetos.
- OLIVEIRA, M. de L. (2009) questiona a maneira de ensinar a geometria projetiva nos cursos de arquitetura e urbanismo diante das mudanças no conhecimento e na representação da forma, estabelecida pela gráfica digital com as tecnologias CAD e BIM.
- MENEZES, A. M. et al (2010) mostram as mudanças metodológicas no processo de projeto decorrentes da implantação da tecnologia BIM. Fazem um comparativo sobre o processo linear de ensino e de prática de projeto e o que utiliza a tecnologia BIM, mostrando que esta tecnologia implica numa nova abordagem para a prática profissional, com conseqüências para o ensino. O Gráfico 6 mostra, em números absolutos e percentuais, a quantidade de trabalhos existentes em cada categoria.

Gráfico 12. Número absoluto e percentual de publicações por categoria

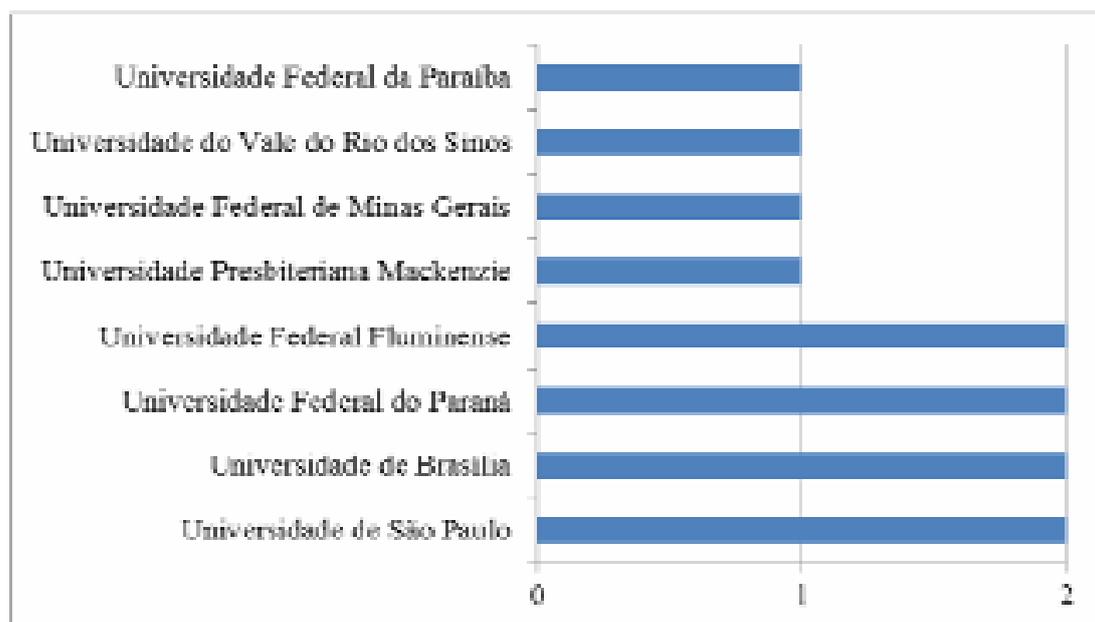


Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Em relação às Instituições e número de publicações:

O Gráfico 7 mostra a distribuição dos trabalhos encontrados, em relação às instituições em que foram realizados. As instituições com maior número de trabalhos são Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal do Paraná, Universidade de Brasília e Universidade de São Paulo, cada uma com dois trabalhos sobre o tema.

Gráfico 13. Número de teses e dissertações por instituição



Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Análise de conteúdo

Foram lidos e analisados os resumos dos trabalhos identificados, que foram enquadrados nas cinco categorias utilizadas anteriormente:

Conceitos relacionados à BIM, os seus benefícios e desafios no seu uso

- CORDEIRO (2007) analisa as transformações que ocorreram com utilização de ferramentas CAD no desenvolvimento de projeto. Utiliza uma abordagem macroergonômica (do todo para o detalhe) e estuda variáveis sociotécnicas, tentando identificar obstáculos da organização na implantação das tecnologias. Apresenta características desejáveis das ferramentas CAD e prescrições de recursos que elas devem oferecer para promover a integração do projeto.
- AYRES FILHO, C. G. (2009) apresenta uma revisão sobre as origens e os conceitos fundamentais da modelagem de produto na construção, e experimentos realizados para demonstrar as “formas de acessar os dados de modelos de edifícios e as suas potenciais vantagens para o desenvolvimento de aplicações computacionais para a indústria da construção”.
- MORAES, M. C. (2009) propõe a identificação dos impactos da tecnologia BIM ao longo da cadeia da construção civil, a prospecção de seus potenciais e desafios para o setor. Constata que a criação do modelo tridimensional que represente completamente a edificação marca um novo ciclo produtivo para a construção civil.
- BATISTA, L. T. (2010) apresenta um panorama das ferramentas digitais aplicadas ao projeto e aponta de que maneira os profissionais brasileiros estão inseridos neste movimento. Investiga o BIM a fim de discutir implicações de sua adoção.

O uso da BIM no processo de projeto arquitetônico

- MOREIRA, T. P. F. (2008) analisa as diferenças da utilização de ferramentas CADD não paramétrico (AutoCAD) e paramétrico (REVIT) em projetos arquitetônicos, através de estudo de caso realizado em dois escritórios.
- MARCOS, M. H. C. (2009) utiliza ferramenta CAD-BIM para determinar a emissão de CO₂ na fase pré-operacional da construção, em dois tipos de habitação de interesse social.
- MARIA, M. M. (2009) apresenta a tecnologia BIM e discute implicações no processo de projeto de arquitetura e engenharia civil. Consta que houve não só redução no tempo de projeto e construção, mas também em custos e impactos ambientais.
- RIBEIRO, J. T. G. (2009) desenvolve, implementa e avalia um modelo aplicado ao projeto de terminais de passageiros aeroportuários utilizando tecnologia BIM.
- SOUZA, L. L. A. (2009) apresenta uma análise da implantação da tecnologia BIM em escritórios de projeto de arquitetura, identificando impactos sobre o processo de projeto. Buscou preencher uma lacuna

diante da escassez de dados nacionais sobre o assunto. Foram avaliadas vantagens obtidas e dificuldades encontradas na adoção desta tecnologia em empresas do país.

A colaboração entre projetistas e a interoperabilidade entre sistemas Não foram encontrados trabalhos que tratasse especificamente deste eixo.

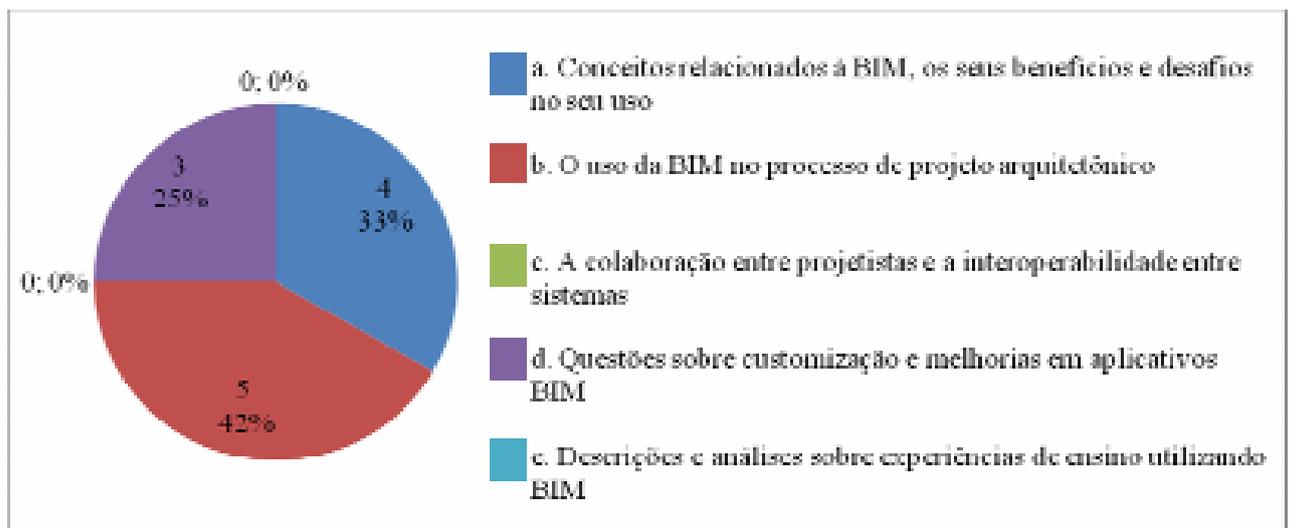
Questões sobre customização e melhorias em aplicativos BIM

- FERREIRA, S. L. (2005) apresenta uma proposta de ampliação do modelo IFC para o elemento luminária, baseada na descrição do IES LM-63.
- FERREIRA, R. C. (2007) apresenta uma proposta de uso do CAD 3D para desenvolvimento de projetos para produção de vedações verticais.
- NEVES, J. R. G. (2009) propõe diretrizes para melhoria na produção de estruturas de concreto visando redução de perdas. Afirma que a utilização das TIC associadas a BIM pode ajudar a solucionar problemas encontrados no processo de produção destas estruturas.

Descrições e análises sobre experiências de ensino utilizando BIM Não foram encontrados trabalhos que tratassem especificamente deste eixo.

O Gráfico 8 mostra, em números absolutos e percentuais, a quantidade de trabalhos existentes em cada categoria listada no item 4.2.

Gráfico 14. Número absoluto e percentual de teses e dissertações por tema de pesquisa



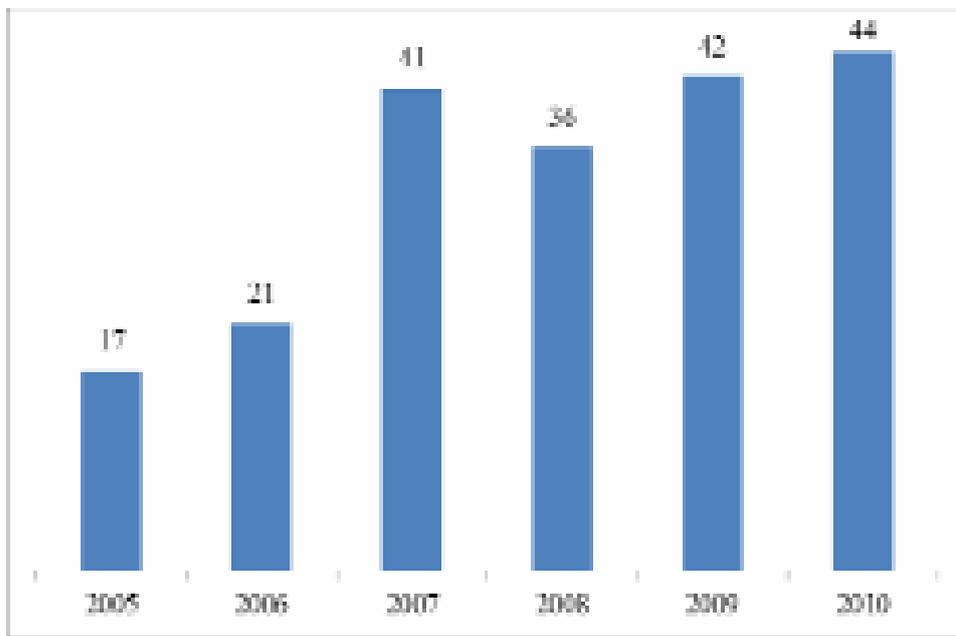
Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Esta seção analisa a difusão da BIM em bases de dados internacionais. Para isto, foram escolhidas as bases CumInCAD e Web of Science. As análises foram realizadas em 201 trabalhos, sendo 93 artigos da primeira base de dados e 108 da segunda. Destes artigos, apenas um é de autores brasileiros (PUPO, R.; CELANI, G., 2007).

Crescimento da difusão da BIM ao longo dos anos

O Gráfico 9 mostra a evolução das publicações no período de 2005 a 2010 nestas bases de dados. Pode-se verificar o crescimento de publicações a partir de 2007.

Gráfico 15. Número de artigos publicados por ano

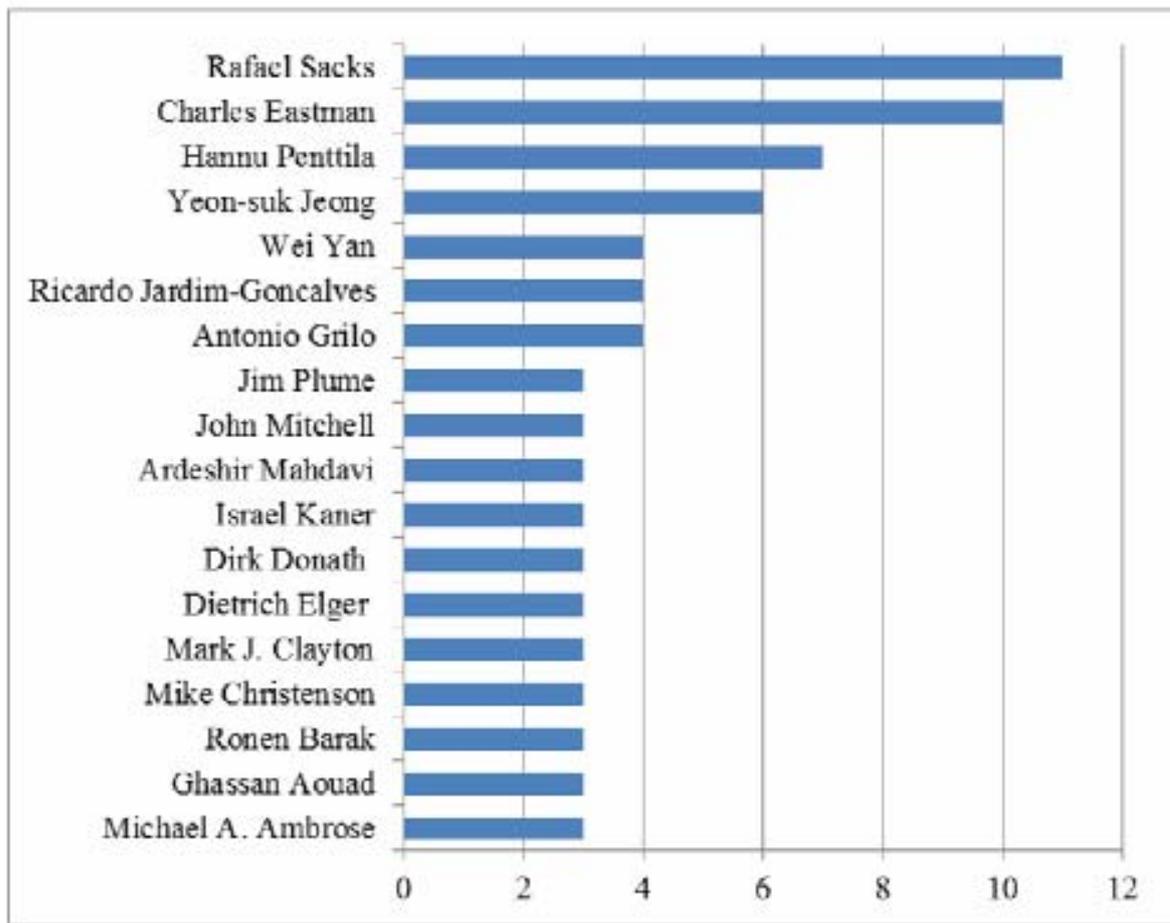


Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Relação de autores e número de publicações

Os 201 trabalhos analisados foram escritos por mais de 300 autores. Destes, o autor com maior número de publicações foi Rafael Sacks, seguido por Charles Eastman. O Gráfico 10 mostra os autores com 3 ou mais publicações no período.

Gráfico 16. Número de publicações internacionais por autor

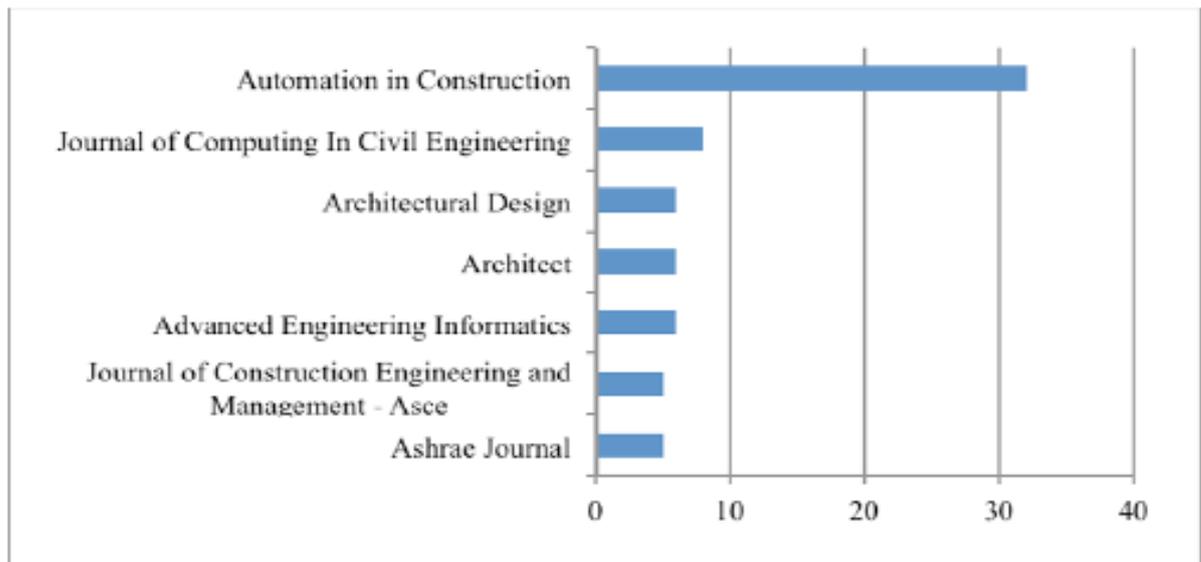


Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Relação de periódicos com maior número de publicações na base Web of Science

A partir dos 108 artigos encontrados na base Web of Science foi feito um levantamento nos periódicos, sendo a revista Automation in Construction a que apresentou o maior número de publicações sobre tema, 32 papers. O Gráfico 11 mostra o número de publicações dos periódicos com cinco ou mais artigos sobre o tema.

Gráfico 17. Número de publicações internacionais por periódicos



Fonte: CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011

Como considerações finais, são apontados no texto que:

- Embora a difusão da BIM tenha aumentado recentemente, o seu emprego ainda se dá de forma incipiente no Brasil;
- a maior concentração de pesquisadores encontra-se nas regiões Sul e Sudeste do país;
- é demonstrado um grande percentual de trabalhos sobre experiências de ensino, o que demonstra que a BIM está, pouco a pouco, fazendo parte das preocupações no ensino de arquitetura e engenharia. De um modo geral, os trabalhos demonstram que a tecnologia ainda está numa fase inicial de implantação no país;
- nem todas as teses e dissertações estão disponíveis no banco de teses da CAPES ou o Portal Domínio Público; nem todos os anais de evento estão disponíveis na internet (mesmo que para aquisição), existindo ainda poucos trabalhos sobre BIM em eventos mais relacionados à arquitetura (PROJETAR / GRAPHICA), assim como nas revistas eletrônicas PARC e AC.