



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

BIM BR: UMA PROPOSTA DE MODELO PARA DESENVOLVIMENTO E TESTE DE PROCESSOS E PROTOCOLOS PARA USO DE TECNOLOGIAS BIM

**Carlos A. Nome (1); Ludmila Cabizuca (2); Solange V. G. Goulart (3); Fernando O.
R. Pereira (4); Alice T. C. Pereira (5)**

- (1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: carlos.nome@gmail.com
- (2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: ludmila.cabizuca@arq.ufsc.br
- (3) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: solange@labeec.ufsc.br
- (4) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: feco@arq.ufsc.br
- (5) Departamento de Expressão e Gráfica – Centro de Comunicação e Expressão – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: pereira@cce.ufsc.br

RESUMO

O artigo proposto expõe os trabalhos iniciais de um projeto de pesquisa recém-criado na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, e faz parte do projeto PNPD (Programa Nacional de Pós doutorado), que está sendo desenvolvido na Pós- Graduação em Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina. cujas metas respondem a uma necessidade imediata decorrente das mudanças de paradigma globais relacionados à produção na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). O objetivo do artigo é apresentar um modelo para desenvolvimento e teste de processos e protocolos de integração de diferentes interfaces BIM no projeto arquitetônico, visando a implementação prática no ensino de arquitetura. O estudo propõe exemplos de metodologias para inserir múltiplas disciplinas, já suportadas por plataformas BIM, no ensino de projeto através de produtos específicos gerados por estas plataformas. A pesquisa parte de uma revisão bibliográfica sobre experiências de implementação de tecnologias BIM em ambientes acadêmicos relacionando com exemplos da prática profissional. O escopo da revisão para a geração do modelo parte de estudos quantitativos e qualitativos e seu processo dedutivo toma como referência experiências de ensino, em primeira mão, valendo-se destas tecnologias em ateliês de projeto. Como resultado, é elaborado e proposto um modelo de pesquisa para desenvolvimento e teste de processos e protocolos de integração de diferentes interfaces BIM, incorporando conceitos específicos ao ato de projetar uma edificação. Também são incorporados princípios de aferição de ferramentas, geração e consumo de produtos específicos de plataformas BIM. Este modelo permite assim, a busca de soluções que se adéquem às realidades do Brasil, bem como a aplicação em seus respectivos meios acadêmicos, especificamente em ateliês de arquitetura. O resultado do estudo entra no cerne da discussão sobre o potencial de integração decorrente do princípio conceitual gerado por tecnologias BIM tanto na prática quanto no ensino da arquitetura.

Palavras-chave: BIM; ensino de arquitetura; integração de projetos; prática profissional.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Integração de projetos e BIM

Integração de projetos (*IPD - Integrated Project Delivery*) tem sido o foco da atenção da indústria de AEC no mercado global por anos (AIA-CC, 2007). Com o desenvolvimento das tecnologias de modelagem de informação de edificações, os processos de integração de projetos passam a ter um veículo capaz de habilitar a sua implementação prática (EASTMAN, 2008). Embora a totalidade dos benefícios teorizados ainda não esteja sendo alcançada na prática, existe um forte movimento de implementação destas tecnologias e destes processos no mercado global de AEC (CLAYTON et al., 2008).

As estruturas tradicionais de produção na indústria de AEC tendem a ser altamente hierárquicas e isto é refletido diretamente tanto nos seus processos (KALAY, 2006), como no ensino das disciplinas afins (CLAYTON et al., 2008). Com a disponibilidade de novas tecnologias de comunicação, modelagem, simulação e processamento de dados, existe um claro potencial para uma revolução na forma de produzir arquitetura (KALAY, 2006). Nesta transição é necessário reconhecer que, na sua forma linear de produção, mudanças na indústria da AEC estarão limitadas à otimização de processos isolados. Desta forma a integração continuará a manifestar-se na forma de simples transferência de informação. O passo a ser dado, e agora habilitado por aceleradas mudanças tecnológicas, requer que seja considerada uma integração em rede em vez de linear (BODDY, REZGUL, COOPER, & WETHERILL, 2007).

Os benefícios destes processos são ilustrados na curva proposta por Mcleamy (Figura 1). A utilização de processos integrados permite, por meio de tomada de decisões nas fases iniciais de projeto de edificações, a maximização de possíveis impactos positivos e a minimização do custo de mudanças. Em outras palavras, é visto que o custo de mudanças de projeto aumenta na medida em que as fases de projeto avançam; e que a capacidade de afetar o desempenho e o custo da edificação entra em declínio na medida em que fases subsequentes de definição do projeto avançam.

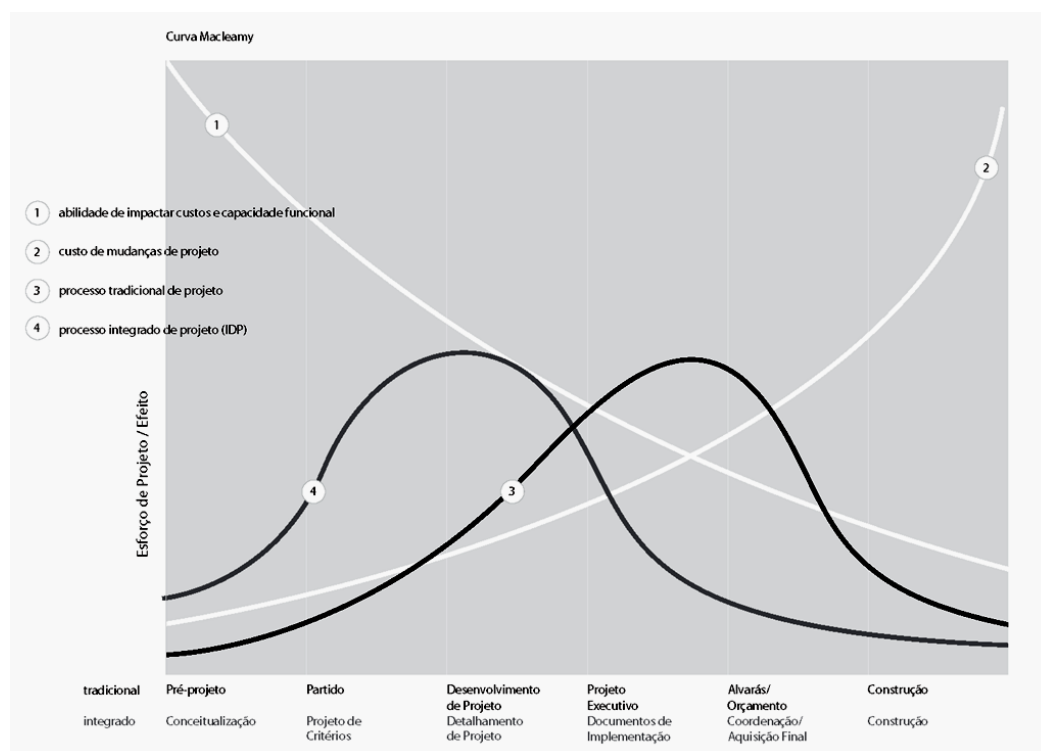


Figura 1. Curva Macleamy, adaptada de AIA-CC 2007.

Nesta perspectiva a formação de profissionais e pesquisadores capacitados a trabalhar dentro deste paradigma é crucial para o avanço científico e produtivo na área de arquitetura, engenharia e

construção civil (CLAYTON et al., 2008). Assim, é fundamental que em países como o Brasil, tecnologias e processos sejam implementados visando à otimização do aproveitamento dos recursos humanos e econômicos disponíveis.

O produto deste estudo tem o potencial de posicionar o país na linha de frente em termos de avanços nas mudanças teóricas, práticas e pedagógicas necessárias à profissão e ao ensino de arquitetura e engenharia quando da incorporação destas tecnologias e processos. A presente proposta visa desenvolver processos de integração de projetos utilizando modelagem de edificações que respondam à realidade da indústria AEC e que permitam sua aplicação em meios acadêmicos, especificamente em ateliês de arquitetura.

2 OBJETIVO

O objetivo do artigo é apresentar um modelo de pesquisa para desenvolvimento e teste de processos e protocolos de integração de diferentes interfaces BIM no projeto arquitetônico, visando a implementação prática no ensino de arquitetura.

3 METODOLOGIA

O método de desenvolvimento do modelo de pesquisa se embasou na revisão da literatura específica sobre o tema. Seu processo dedutivo decorre de experiências práticas prévias em ateliês de projeto. A revisão da bibliografia referente a estudos sobre a implementação de tecnologias BIM na prática e ensino de arquitetura foi a base para a definição do modelo para os estudos relativos a estas tecnologias. Cinco tópicos fizeram parte do escopo desta etapa: Educação e prática profissional; Revisão de Modelos; Processos e Produtos; Ciclo de desvalorização de BIM; e Estratégias de Implementação.

4 REVISÃO

No presente momento, busca-se entender o panorama das pesquisas relacionadas à Integração e ao Desenvolvimento de Métodos para Projetos em Arquitetura no Brasil necessário para o embasamento do modelo de pesquisa a ser adotado. Para tanto, faz-se necessária uma revisão bibliográfica acerca das pesquisas que relacionam ensino e prática profissional em Arquitetura e Engenharia, configurando o estágio inicial desse processo.

4.1 Educação e Prática Profissional

A exemplo da pesquisa aplicada em ateliês de ensino de projeto nos Estados Unidos (ÖZENER, 2009), algumas temáticas voltadas para a prática profissional podem ser exemplificadas no Brasil, partindo desde estudos acerca da Engenharia Simultânea (FABRICIO & MELHADO, 1998), da gestão de projetos relacionada à modelagem paramétrica (COELHO & NOVAES, 2008) e do gerenciamento da informação compartilhada em projetos de Engenharia e Arquitetura (ANDRADE JUNIOR, 2003), até a real aplicação desses instrumentos no ensino (MENEZES, 2006) de Arquitetura e Urbanismo. As temáticas contemplam também uma possível lacuna existente entre processos práticos e teóricos da área. Podem ser citados ainda organismos e grupos oficiais existentes na atualidade direcionados ao estudo tecnológico ligados a AEC (AIA-CC, 2007), sendo ainda pontuais os casos direcionados especificamente ao contexto brasileiro, exemplificados na sequência, como no modelo de projeto aqui abordado, em andamento na Universidade Federal de Santa Catarina.

O projeto recém criado na UFSC possui como um de seus objetivos agir como catalisador para a criação do “Laboratório de Integração e Desenvolvimento de Métodos para Projetos em Arquitetura” auxiliando a configuração de um cenário propício ao desenvolvimento de processos de integração prático-acadêmicos que envolvam diferentes instituições de ensino e órgãos representativos do mercado de Arquitetura e Urbanismo.

No meio acadêmico, mesmo sendo mais escassos, os exemplos se concentram na área da Informática Aplicada ao Ensino manifestada em diversas interfaces. Pode ser citado o estudo que se concentra em incluir na formação do engenheiro civil e arquiteto, o tema Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC (RUSCHEL & FABRICIO, 2008). No mesmo contexto técnicas e procedimentos para avaliação do desempenho de edifícios, projetos e desenho são analisados assim como o uso de modelos físicos - Prototipagem Rápida - e eletrônicos no processo de projeto (KOWALTOWSKI et al., 2006).

Para o entendimento de como caminham as pesquisas no Brasil, foi feita uma busca em anais de congressos e eventos da área nos últimos 10 anos. Os congressos selecionados foram ENTAC, SIGRADI E GRAPHICA e, dentro desses, o exemplo encontrado de aplicação mais direta de BIM em ambientes acadêmicos foi nos Programas de Pós-graduação (PPG) em Engenharia Civil da FEC-UNICAMP e em Arquitetura e Urbanismos da EESC-USP que ofereceram a disciplina de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil & Gestão de Projeto. Segundo RUSCHEL & FABRICIO (2008), “a disciplina foi desenvolvida como uma pesquisa-ação, sendo ministrada de forma simultânea nos dois programas por meio de ferramental de ensino a distância. Esta abordou as TIC’s relativas aos conceitos de controle pró-ativo de projeto e obra, ferramentas de gestão de projeto, ambientes colaborativos e *Building Information Modeling (BIM)*”. O grupo realizou vídeo conferências interligando três pontos durante as aulas: as duas instituições e a cidade do palestrante de acordo com o tema discutido. Ao final da disciplina, por meio de enquete sobre o conteúdo ministrado, os alunos apontaram o BIM como uma das vídeo-conferências mais interessantes.

Por isso, acredita-se que o universo de aplicação prática de ferramentas BIM em cursos de graduação ainda seja restrito configurando grandes possibilidades de avanço com pesquisas dessa natureza, ou seja, que sigam os moldes já aplicados fora do país.

4.2 Revisão de Modelos

Dentro da busca realizada nos anais desses congressos, focaram-se também exemplos de aplicações práticas da integração entre ferramentas computacionais e manuais em ambientes de ensino que se relacionassem de alguma forma com os conceitos de interdisciplinariedade e interoperabilidade preconizados pelo BIM. Ilustrando esse cenário, cabem como exemplo 2 estudos encontrados nos anais do ENTAC e do GRAPHICA e 1 tese dos Estados Unidos. Os modelos são relativos a Interfaces Disciplinares, Prototipagem Rápida e Aplicação de BIM em ateliês de ensino, respectivamente.

4.2.1 Modelo 1: Interface disciplinar entre Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Expressão Gráfica.

O trabalho levantou uma reflexão acerca das limitações existentes na Expressão Gráfica de fatores climáticos, de parâmetros ambientais de Conforto e Eficiência Energética e de fenômenos associados à representação do projeto, no âmbito do ensino de Arquitetura. O estudo partiu da dificuldade de expressão dos referidos parâmetros por estudantes e profissionais na representação do projeto. Foi desenvolvida uma abordagem teórica sobre exercícios acadêmicos, realizados em disciplinas de Conforto Ambiental, nos cursos de Graduação e de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/PROARQ/UFRJ). Como resultado, houve uma contribuição para a interface disciplinar entre as áreas citadas com extensão ao exercício profissional. O modelo constava da elaboração de exercícios cruzando a Expressão Gráfica em disciplinas de Iluminação Natural, Ventilação Natural e Qualidade do Ar, por meio de simulações computacionais que geram diagramas solares e bioclimáticos sobre zonas de conforto e de ventilação, além de mapas de Rugosidade e Rosa dos Ventos. (QUEIROZ; PORTO & SOUZA, 2004).

Atualmente, a Autodesk® oferece gratuitamente seus produtos para alunos através de *logins* feitos por meio de registros institucionais. Dentro dos *softwares* oferecidos, os usuários de sistemas BIM na área de planejamento térmico ganham um reforço com as funções do Ecotect®, que permitem a visualização de gráficos para insolação com simulação de sombras, mapas de calor, geração de dados e de planilhas precisas com previsão de transmissão térmica pelo material escolhido para a superfície.

4.2.2 Modelo 2: Protótipos Rápidos no processo de projeto de arquitetura.

Neste caso foram apontadas considerações acerca das potencialidades dos sistemas de Prototipagem Rápida nas fases de concepção dos projetos. O estudo realizado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UPM - Universidade Mackenzie - abordou experimentos com objetivo principal de “analisar a possível (re)conciliação entre o uso de desenhos manuais e de modelos físicos com modelos digitais e protótipos rápidos”. O trabalho salienta que “um dos fatores que impulsionou o uso de modelos físicos e digitais em arquitetura nos últimos anos foi a necessidade de resolver problemas relativos à crescente complexidade das formas arquitetônicas.” A representação física de um modelo digital permite a correta avaliação do projeto de arquitetura, materializando-o. A técnica pode cumprir esse papel ao traduzir arquivos CAD 3D em modelos físicos por meio de máquinas de corte a laser. “PRs pertencem à terceira fase na evolução das técnicas de prototipagem, onde a primeira foi a manual e a segunda a prototipagem virtual.” (FLORIO; SEGALL, ARAUJO, 2007).

4.2.3 Modelo 3: Aplicação de BIM em ateliês de ensino dos Estados Unidos.

O estudo apresentado na tese de Doutorado da *Texas A&M University* nos Estados Unidos, expôs o uso das plataformas BIM em ateliês de ensino visando aspectos de integração na concepção de projetos (*Integrated Project Delivery - IPD*). O estudo partiu do domínio de três conceitos fundamentais:

- a) Teoria do BIM: Abordagem de definições, premissas e implicações do BIM, desenvolvimento e implementação de produtos de construção de modelos (*Building Product Models - BPM*); componentes processuais e tecnológicos de BIM; interoperabilidade e padrões de dados para intercâmbio efetivo de informação, bem como a relação entre BIM e projetos baseados em desempenho (*Performance Based Design*);
- b) Prática Integrada: Foco no dimensionamento da prática arquitetônica e da indústria de AEC, avaliando influências ambientais e sócio-econômicas para a atual integração desta; suas transformações atuais e previsíveis bem como na prática arquitetônica. Demandas relacionadas a aspectos colaborativos e interdisciplinares além de alterações contratuais e, por fim, BIM como catalisador de projetos e processos integrados; e
- c) ateliês de ensino integrado de projeto: Práticas atuais e futuras para o ensino e motivação para o uso de técnicas de integração e de incorporação de BIM em ateliês (ÖZENER, 2009).

Os resultados apontam para a existência de uma transformação significativa na indústria de AEC, incluindo a adoção de estratégias diversificadas de BIM que sinalizam mudanças substanciais no ensino e nas práticas pedagógicas, descritas na tese através de modelos analíticos.

Ainda que não configurem uma aplicação direta da plataforma, as práticas expostas nos três modelos já sinalizam uma abertura para futuras aplicações de BIM como uma evolução natural do processo.

4.3 Processo e produto

Para melhor entender o impacto de BIM na cadeia de produção da indústria de Arquitetura Engenharia e Construção (AEC) é necessário entender o contexto atual dessa indústria. Comparado com os demais setores industriais desde 1950, o setor de AEC foi o único que não teve aumento na sua produção (TEICHOLZ, 2001).

Um processo, segundo Ritzman (2003), consiste em “qualquer atividade ou conjunto de atividade que recebe uma dada matéria prima, a transforma, adiciona valor e oferece um ou mais produtos”. A partir disso, o projeto arquitetônico pode ser considerado um subprocesso da cadeia produtiva associada à indústria AEC. De fato este subprocesso é o que tem o maior impacto no desempenho e nos custos de execução de uma edificação.

A transferência da tomadas de decisões para as etapas iniciais do subprocesso (Fig.1) reduz os potenciais custos associados a mudanças ao longo do projeto e potencializa tomadas de decisões que aumentam o desempenho da edificação (AIA-CC, 2007). Tecnologias BIM oferecem à prática e ao ensino de arquitetura a oportunidade de redefinir o processo de projeto de forma a catalisar a cadeia de produção da indústria de AEC.

Como centralizador de dados, o modelo de informação da edificação passa a suprir as necessidades dos diferentes subprocessos da indústria. Bem gerido, tem o potencial de integrar consultores envolvidos nas etapas de projeto (SUCCAR, 2009). Indo além, um modelo BIM tem o potencial de promover a real interdisciplinariedade e romper com a descontinuidade na troca de informações decorrentes dos métodos tradicionalmente adotados pela indústria de AEC (EASTMAN, 2008).

4.4 Ciclo de Desvalorização de BIM

Uma das barreiras para a implementação de novas tecnologias é o nível de comprometimento com a mesma (EASTMAN, 2008). No caso BIM foi identificada a existência de um ciclo de desvalorização (CLAYTON et al., 2008) que descreve o efeito do desuso de dados inseridos em um modelo de informação de edificação bem como a falta de *softwares* específicos da indústria de AEC.

O desuso de dados inseridos no modelo gera questionamentos acerca da utilidade do compartilhamento e do valor em se alcançar elevados níveis de detalhamento na modelagem. Nessa discussão duas considerações são necessárias: Primeiro, que determinados níveis de detalhamento do modelo são percebidos como adicionais à documentação tradicional de etapas iniciais de projeto. E segundo que, o compartilhamento do modelo BIM entre disciplinas implica no consumo de dados e de informações inseridas por terceiros de forma a tornar o processo mais eficiente. A raiz do problema está no fato de que se os dados adicionais são inseridos por um indivíduo ou um grupo e não utilizados por um segundo indivíduo ou grupo para, definido por outra disciplina, ou ainda sua utilização não gera realimentação perceptível do modelo, o valor do trabalho adicional e o potencial das ferramentas BIM são questionados. Além disso, este trabalho é visto por arquitetos como uma redefinição de escopo demandando uma estrutura de compensação compatível (CLAYTON et al., 2008).

A principal diferença em escopo provém do nível de definição em fases iniciais de projeto necessário ao processo de modelagem da informação da edificação quando comparado a processos que utilizam tecnologias tradicionais. Discutivelmente, novos processos de modelagem se tornam onerosos em termos de tempo e em recursos humanos às equipes de projeto nas fases iniciais (SUCCAR, 2009). O ônus de tempo provém da quantidade de definições necessárias para modelos, consideradas atípicas para as fases iniciais de projeto valendo-se de tecnologias e de processos convencionais. Já o ônus em termos de recursos humanos, advém da necessidade de alocar profissionais mais experientes para assistir à correta definição dos sistemas necessários à edificação.

Um ponto não discutido é a questão de aferição e validação de ferramentas BIM. Em diferentes meios profissionais e acadêmicos é necessário aferir a precisão de determinada ferramenta de modo a assegurar que os resultados obtidos estejam dentro de um padrão aceitável de confiabilidade. Sem este padrão mínimo demonstrado, passa a existir o risco real de afetar adversamente o desempenho de uma dada edificação. Neste caso postula-se que o desuso de produtos específicos para uma dada disciplina seja tão prejudicial à percepção do potencial das ferramentas BIM, quanto o uso de ferramentas sem a devida validação (Figura 2).

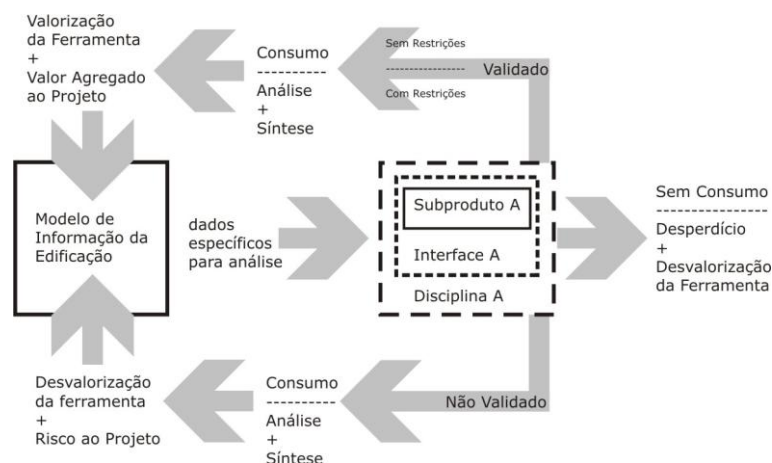


Figura 2. Ciclo de desvalorização de ferramentas BIM.

4.5 Estratégias de implementação

Segundo Clayton (2008) na indústria AEC existem variações em implementação de tecnologias BIM, que implicam em níveis de complexidade de adoção baixos, médios e altos. Definidas como estratégias de adoção, elas tomam por base o papel do uso de BIM no desenvolvimento de um dado projeto e do grau de penetração da tecnologia numa dada equipe. As três variantes das estratégias de implementação de BIM identificadas por este estudo realizado nos Estados Unidos são progressivas em complexidade e em potencial de impacto. São elas:

a) BIM-A (*acelerado*) é considerado um nível baixo de adoção. Limita-se ao uso de aplicativos BIM para aceleração da produção de documentos gráficos de projeto na prestação de serviços de arquitetura. Neste nível, o modelo de informação da edificação é isolado e não há compartilhamento com outros profissionais envolvidos na concretização do projeto. O estudo indicou que atualmente BIM-A oferece grandes vantagens sobre o CAD convencional ao comparar seu desempenho na documentação de projetos. Os autores relatam que adotantes iniciais desta estratégia em grandes empresas alcançaram economias de 30% ou mais em custos de produção bem como aumentos na rentabilidade;

b) BIM-B (*business - negócio*) é considerado um nível médio de adoção. Consiste no uso de aplicativos BIM no estabelecimento de parcerias entre empresas a fim de alcançar as vantagens das oportunidades de intercâmbio de dados e informações e para reduzir custos de comunicação. Segundo Clayton (2008), BIM-B está recém emergindo em caráter experimental em alguns projetos piloto. Nesta estratégia, BIM requer relações próximas e de longo termo entre arquitetos, consultores e empreiteiros. Assim justificam-se também os esforços necessários à standardização de procedimentos de documentação e representação. Em teoria, este nível tem potencial para aumentar o valor agregado na prestação de serviços no contexto da indústria AEC. Os autores relataram fortes indicativos da efetividade desta estratégia, porém, classificaram como ainda distantes os benefícios teorizados para as tecnologias BIM; e

c) BIM-I (*integrado*) é considerado um nível alto de adoção. É o modelo conceitual da indústria AEC para a admissão de protocolos de intercâmbio de dados através de interfaces standardizadas de múltiplos aplicativos. Segundo os autores, BIM-I requer a ampla standardização dos referidos protocolos, bem como acordos contratuais e tácitos de compartilhamento de dados. Embora o potencial para a redução de custos de comunicação, desperdício na construção, compactação de cronogramas e aumento de qualidade seja difícil de quantificar, o montante total foi estimado em vários pontos percentuais do custo total de construção.

Em função da maturidade atual da tecnologia e dos processos na indústria de AEC a sequência de BIM-A para BIM-B e de BIM-B para BIM-I pode ser vista como necessária. Esta sequência é relevante tanto para a prática quanto para o ensino. Decorre do fato de que BIM-B requer domínio interno dos processos representativos do BIM-A. BIM-I, embora distante de uma aplicação real, pode requerer um grau de familiaridade com o intercâmbio de dados necessários ao BIM-B. Considerando o idealizado pela indústria AEC como o marco teórico de BIM, será necessária ainda a adoção prevalente das tecnologias BIM e de protocolos de intercâmbio de dados entre arquitetos, consultores, empreiteiros e fornecedores envolvidos nas diferentes etapas do ciclo de vida de uma edificação.

Os autores indicaram que a adoção interna de métodos e ferramentas de BIM-A melhorou medidas de rentabilidade, precisão e valor agregado para escritórios de arquitetura e de cálculo estrutural. A adoção interna aparenta ser uma tendência que em breve será o padrão da indústria nos Estados Unidos e na Europa. Este cenário considera a existência de desafios relacionados à tecnologia, como usabilidade e interfaces dos aplicativos. A percepção geral da indústria norte-americana apresentada por Clayton (2008) é que a tecnologia é adequada e que as melhorias virão como suporte às atividades relativas aos processos de desenvolvimento de Modelos. A rentabilidade de trabalhos piloto segundo BIM-A, em geral, impulsionou decisões de implementação universal dentro de várias empresas.

BIM-B foi apresentado, no momento do estudo, como relacionado a empresas de prestação de serviços integrados de arquitetura, engenharia e construção. Estas foram determinantes para os novos limites de BIM e para os novos formatos de negócios. Os limites tendem à práticas completamente integradas na

indústria, e as atuais ferramentas disponíveis no mercado dão suporte parcial aos processos e aos métodos. No entanto, existem desafios relacionados à atual cultura de negócios que precisam ser encarados para o sucesso da estratégia. Em função da sequencialidade de adoção descrita é natural que BIM-B necessite mais esforço, conhecimento e experiência que BIM-A. Pelos resultados de Clayton (2008) pode-se afirmar que a integração completa do processo, produção e operação de edificações é desejável. De fato esta é uma meta estabelecida em diversas frentes na indústria de AEC. No entanto, não há evidências de projetos integrados bem sucedidos valendo-se de ferramentas BIM. As atuais limitações da tecnologia levam os autores a crer que uma integração completa ainda é inviável.

5 EXPERIÊNCIA EM ATELIÊS

Nos anos de 2008 e 2009 foram oferecidas duas disciplinas de mestrado denominadas Ateliês Compreensivos de Projeto I e II, junto a *Prairie View A&M University*, nos Estados Unidos. A ênfase era auxiliar os 17 alunos na compreensão das implicações de sistemas estruturais e o sistema que compõe o “envelope” edificado. Como objetivo secundário o curso questionou como contextos físico-temporais, sócio-culturais e político-econômicos poderiam guiar intenções e conceitos de projeto, bem como continuamente informar o processo de projeto. O curso levou os alunos a considerarem os seguintes componentes do processo de projeto:

- a) BIM - Desenvolvimento conceitual: Envolvimento de pesquisa de precedentes estáticos e dinâmicos permitindo ao aluno gerar respostas adequadas ao programa arquitetônico;
- b) Código de obras e de segurança: Aqui o aluno deveria entender as implicações da legislação internacional e municipal relacionada à edificação em desenvolvimento;
- c) Análise de sítio e entorno: Nesta análise, era solicitada a visita ao terreno, bem como a coleta e a apresentação gráfica de dados específicos sobre a área de intervenção de forma a informar decisões de projeto;
- d) Estudo preliminar: Este componente incluía planejamento do sítio, partido arquitetônico, documentos gráficos tradicionais, estudos espaciais tridimensionais e análise preliminar dos sistemas da edificação;
- e) Desenvolvimento de projeto: Envolvia o detalhamento de diagramas programáticos, plantas, cortes, fachadas, esquemas estruturais, escolha de materiais e esquemas de montagem; e
- f) Comunicação do projeto: Neste tópico, o aluno deveria descrever e justificar claramente as soluções adotadas no projeto. Incluía a apresentação de justificativa conceitual, diagramas programáticos, documentos gráficos tradicionais, renderizações, sistemas do envelope edificado, modelos digitais e analógicos além da defesa oral da proposta.

A abordagem do ateliê funcionava como incentivo e suporte à utilização de múltiplas mídias associadas às ferramentas BIM no processo de desenvolvimento dos projetos. Os 17 alunos envolvidos não tinham qualquer contato prévio com ferramentas BIM. O potencial da utilização de múltiplas mídias aliadas à plataforma foi apresentado ao grupo por meio de três seminários abordando estruturas, sustentabilidade e produção. Foram determinados produtos específicos a serem utilizados para descrever e justificar as soluções. A base para a definição destes produtos foi o uso de subprodutos conhecidos das ferramentas BIM. Não houve treinamento de *softwares* ou ensino de técnicas específicas em aula. Essa abordagem considerou a existência de uma maturidade e de um entendimento prévios de processos de projeto, bem como uma familiaridade com ferramentas digitais e analógicas.

Como resultado direto, todos os alunos do ateliê decidiram utilizar ferramentas BIM para dar suporte à geração de documentação gráfica. Neste intuito, a utilização das ferramentas foi baseada na estratégia de implementação BIM-A, ou seja, para a aceleração da produção individual. Ficou claro para o instrutor que as soluções apresentadas desde a etapa de estudo preliminar apresentaram maior clareza e não obtiveram maiores erros de representação. Documentos gráficos foram facilmente aliados a *croquis* tanto em cadernos pessoais como em plotagens destinadas a apresentações (Fig. 3a).

Do mesmo modo, o uso de ferramentas de visualização tridimensional das ferramentas BIM permitiu discussões ágeis e exploratórias acerca das soluções estruturais, formais e das proporções (Fig. 3b). Os modelos digitais foram exportados em formatos compatíveis com aqueles utilizados por *plotters* de

corte como forma de acelerar a produção de modelos analógicos (Fig. 4a). O resultado deste processo viabilizou estudos de alterações nos projetos de caráter formal, técnico-estrutural e de sustentabilidade. A Fig. 4b expõe a alteração da coluna de elevadores da face Norte no modelo superior, feito manualmente, para a face Oeste exposta no modelo inferior, assistido por computador. A solução explorada implica em melhoria do desempenho térmico decorrente da massa térmica adicionada à Oeste, em alterações dimensionais de largura e de altura da edificação, bem como em alterações na solução da estrutura de base e de fundação do projeto proposto.

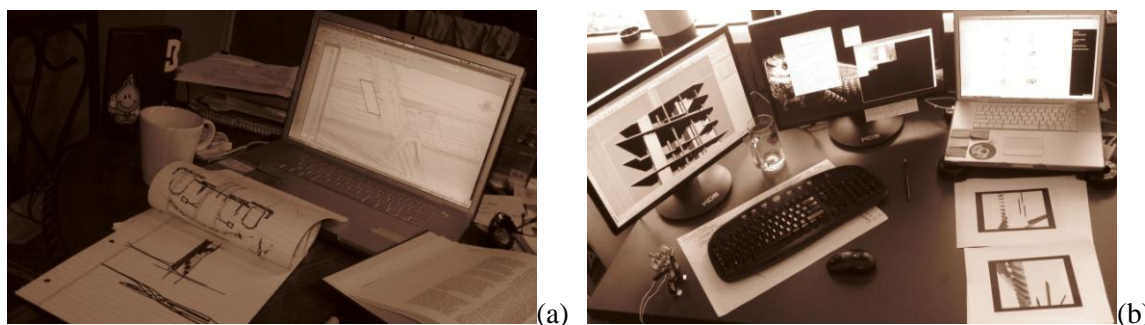


Figura 3. Documentos gráficos e *croquis* (a). Visualização tridimensional das ferramentas BIM (b).

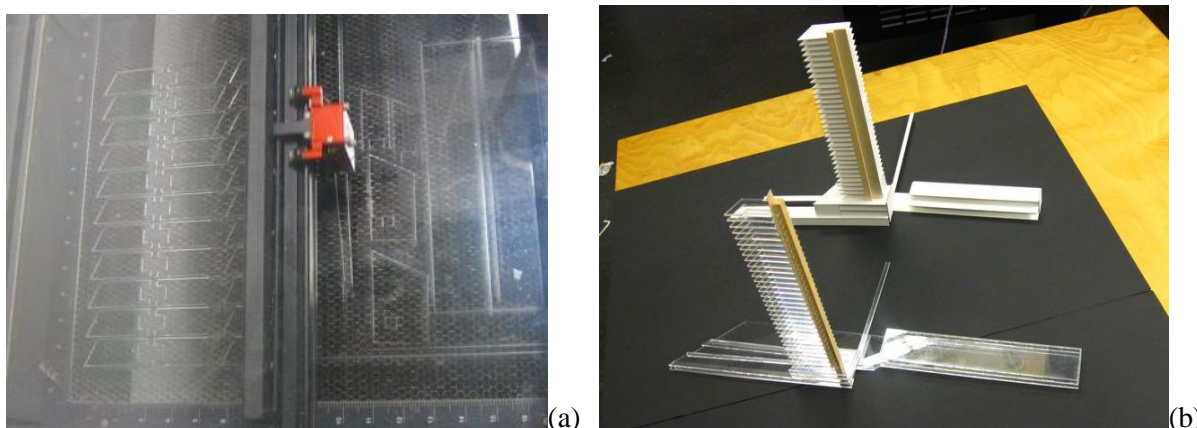


Figura 4. Modelo assistido por computador (a) e Modelo manual (b).

Apesar dos resultados satisfatórios em termos de projeto arquitetônico e de produção em ateliê, alguns obstáculos foram identificados. A natureza destes distingue-se pelo fato de ter havido imperícia no uso de algumas ferramentas, pelo desconhecimento de ferramentas adicionais e mesmo de disciplinas relativas à formação em arquitetura.

Um exemplo do primeiro obstáculo é resultante da utilização de componentes típicos fornecidos com os *softwares* adotados. Neste caso notou-se descaso quanto à proposição intencional dos materiais, das técnicas construtivas e dos acabamentos utilizados. Isto foi corrigido para as etapas subsequentes de desenvolvimento e comunicação. Os erros foram detectados a partir da inspeção dos modelos digitais recolhidos durante todas as etapas de entrega. Erros dessa natureza também ocorreram em renderizações, escolhas de perspectivas representativas e formas da edificação.

Com relação ao segundo tipo de obstáculos, foi constatado falta de conhecimento mais aprofundado sobre distintos sistemas relevantes a projetos arquitetônicos e suas respectivas ferramentas de suporte. Tais deficiências foram detectadas especificamente nas soluções de sistemas estruturais e de ar condicionado. Também foi visto como necessário maior conhecimento acerca de soluções de sustentabilidade para tirar proveito de ferramentas como *Ecotect®* e *Green Building Studio®*. Tais soluções chegaram a ser geradas, porém não foram incorporadas aos projetos de maneira significativa.

Em termos gerais, os resultados deste ateliê apontam para a necessidade de preparar estudantes para produzir, analisar, avaliar e sintetizar resultados de distintas disciplinas relevantes à produção arquitetônica. Esta preparação independe do tipo da ferramenta adotada, no entanto, a redução no tempo do processo de produção dos subprodutos necessários a cada disciplina permitiria maior dedicação ao processo criativo em si, às etapas críticas de análise, avaliação e síntese. Aspecto ocorrido com o uso de ferramentas BIM visando à aceleração dos documentos gráficos solicitados aos alunos. O tempo adicional gerado por esta aceleração da produção foi em grande parte utilizado para a referida avaliação crítica das soluções propostas, como ilustrado na Figura 4b.

6 ANÁLISE DE RESULTADOS

O foco dos modelos atuais de implementação de tecnologias BIM em ateliês de projeto é o domínio da ferramenta de modelagem da informação da edificação. Nos estudos correntes verificou-se a exploração da simulação de ambientes integrados a partir da geração de múltiplos subprodutos inter e trans-disciplinares. Estes estudos respondem a questões de implementação da tecnologia, mas não necessariamente a forma como tecnologia afeta o processo de projeto.

Entende-se que a partir do conceito de processo é possível estudar produtos específicos por disciplinas e diferentes formas com que estes interceptariam a disciplina de projeto arquitetônico. Definiu-se que isolando produtos específicos seria possíveis determinar, de maneira clara, o processo de modelagem e os protocolos passo a passo para a obtenção da forma de consumo necessária para que esta ferramenta possa ser incorporada de fato no processo projetual. Esta inserção no processo de projeto ocorreria por meio de exercícios direcionados testados previamente.

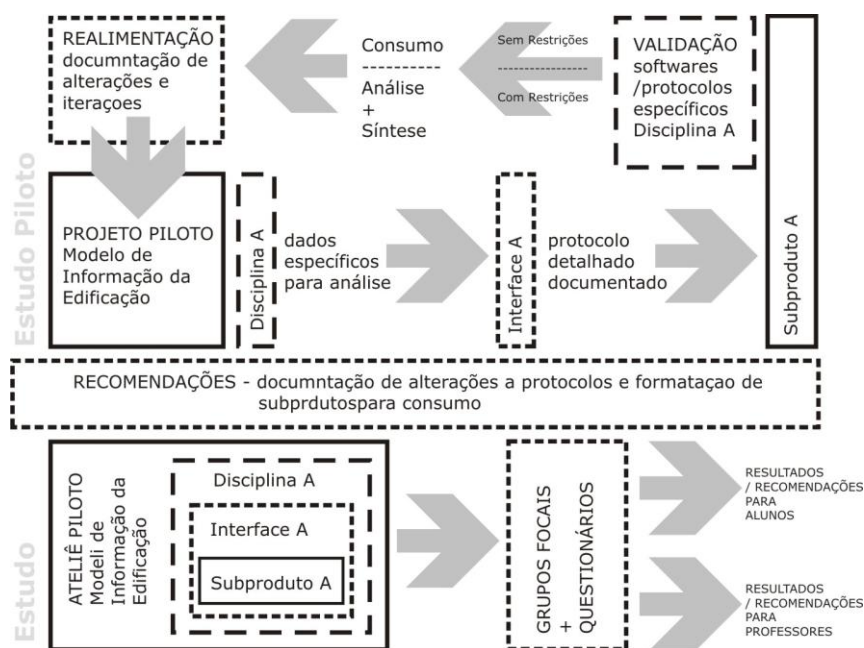


Figura 5. Modelo descritivo dos ciclos possíveis de uso e desuso das ferramentas BIM.

Dois pontos fundamentais adicionais são explorados no modelo exposto (Fig.5). Primeiro, aferição de ferramentas, com o intuito de definir o real potencial da ferramenta BIM a ser estudada bem como a definição do subproduto específico a ser consumido no processo de projeto. Segundo, a incorporação de uma etapa de documentação da realimentação do modelo. Com a adição destes dois pontos fundamentais, busca-se uma resposta a necessidade de reduzir os impactos negativos à tecnologia, decorrentes do uso indevido ou inadequado de ferramentas BIM. Em função dessa necessidade identificada de aferição das ferramentas e de realimentação do projeto, experimentos piloto passam a ser vitais na determinação do uso das interfaces geradoras de subprodutos específicos por disciplina.

A partir do modelo descritivo dos ciclos possíveis de uso e desuso das ferramentas BIM entendeu-se que a inserção do estudo específico ocorre nas transições entre modelo e interface e entre produto e realimentação do modelo. Em decorrência disto é proposto um estudo piloto para a definição clara do ciclo completo de inserção de uma disciplina de suporte no processo de projeto e logo a implementação em ateliê. Na etapa de implementação, seriam coletados dados quantitativos e qualitativos específicos de professores e alunos para estabelecer as recomendações necessárias para os diferentes grupos.

7 REFERÊNCIAS

- AIA-CC. (2007). **Integrated Project Delivery: A Guide**. In AIA-California Council (Ed) (1 ed.): AIA.
- ANDRADE JUNIOR, E. P. de. (2003) **Proposta de compartilhamento em sistemas colaborativos de gerência de documentos para Arquitetura, Engenharia e Construção**. 163 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação, UNICAMP, Campinas.
- BODDY, S., REZGUL, Y., COOPER, G., & WETHERILL, M. (2007). **Computer integrated construction: A review and proposals for future direction**. *Advances in Engineering Software*, 38(10), 677-687.
- CLAYTON, M. J., JOHNSON, R. E., VANEGAS, J., NOME, C. A., OZENER, O. O., & CULP, C. E. (2008). **Downstream of Design: Lifespan Costs and Benefits of Building Information Modeling**. College Station: Texas A&M University.
- COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. (2008) **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In. VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. São Paulo.
- EASTMAN, C. M. (2008). **BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Hoboken, N.J.: Wiley.
- FABRICIO, M.M. & MELHADO, S.B. (1998) **Projeto Simultâneo e a Qualidade na Construção de Edifícios**. In. **Seminário Internacional: Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI**. Anais: FAU-USP, São Paulo,
- FLORIO, W.; SEGALL, M. L.; ARAÚJO, N. S. de (2007) **A contribuição dos Protótipos Rápidos no processo de projeto em Arquitetura**. GRAPHICA, Curitiba.
- KALAY, Y. E. (2006). **The impact of information technology on design methods, products and practices**. *Design Studies*, 27(3), 357-380.
- KOWATOWSKI, D. C. C. K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D. C.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G. da; LEBAKI, L. C.; PETRECHE, J. B. D. (2006) **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico**. *Ambiente Construído*. v.6: p. 07-19.
- MENEZES, A. (2006) **Multimídia Interativa para o ensino de Desenho Arquitetônico**. X Congresso Iberoamericano de Gráfica Digital, Universidad de Chile, Chile.
- ÖZENER, O. Ö. (2009). **Studio education for integrated practice using Building Information Modeling**. College Station, Texas A&M University. Doctor of Philosophy: 342p.
- QUEIROZ, T. C. F. de; PORTO, M. M.; SOUZA, M. A. S. (2004) **Uma proposta de interface disciplinar: Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Expressão Gráfica em arquitetura**. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável & X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo.
- RITZMAN, L. P., & KRAJEWSKI, L. J. (2003). **Foundations of operations management**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- RUSCHEL, R.C; FABRICIO, M. M. (2008) **Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil: Uma experiência de ensino**. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza, CE.

SUCCAR, B. (2009). **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders.** Automation in Construction, 18(3), 357-375.

TEICHOLZ, P. (2001). **U.S. Construction Labor Productivity Trends, 1970-1998.** Journal of Construction Engineering & Management, 127(5), 427.

8 AGRADecIMENTOS

Agradecimentos à CAPES pela viabilização do projeto via o programa PNPd.