

O PAPEL DO ARQUITETO EM EMPREENDIMENTOS DESENVOLVIDOS COM A TECNOLOGIA BIM E AS HABILIDADES QUE DEVEM SER ENSINADAS NA UNIVERSIDADE

The role of the architect in projects supported by BIM technology and the skills that should be taught in university

Maria Bernardete Barison¹, Eduardo Toledo Santos²

RESUMO Este artigo discute o papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com tecnologia de Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM). O objetivo do estudo é identificar as competências ligadas ao BIM requeridas desse profissional e o apontamento de quais devem ser ensinadas na graduação, especialmente no ensino de projeto de arquitetura. Inicialmente, é apresentada a atual situação da implementação de BIM por empresas do setor de Arquitetura, Engenharia Civil, Construção e Facility Management (AEC/FM) no Brasil. Em seguida, é apresentado um modelo teórico para um fluxo de trabalho BIM que pode ser adaptado para ser utilizado no Brasil. Tendo como base esse fluxo, que se divide em oito etapas, o papel do arquiteto é discutido, assim como as novas competências requeridas desse profissional. Adicionalmente, o currículo de arquitetura é discutido para saber em quais disciplinas o BIM pode ser introduzido e quais conteúdos deveriam ser ensinados. O estudo se baseou em revisão da literatura, com a qual foi possível conhecer o que muda no ensino de projeto de arquitetura com o uso de BIM.

PALAVRAS-CHAVE: Currículo, Arquitetura, Modelagem da Informação da Construção, BIM, Ensino, Projeto.

ABSTRACT This article discusses the architect's role in the Building Information Modeling (BIM) process. Its purpose is to identify the BIM competencies required by this professional and determine which skills should be taught in Architecture degree courses, especially in the teaching of architectural design. Initially, a literature review was carried out to find out the current status of the BIM implementation for Architecture, Civil Engineering, Construction and Facilities Management (AEC/FM) companies in Brazil. Then, a theoretical model was outlined for a BIM workflow that can be adapted to be used in Brazil. Based on this BIM workflow, which is divided in eight stages, the architect's role was examined, as well as the kind of skills required from this professional. Additionally, the architectural curriculum was discussed to find out in which courses BIM can be introduced and what should be included in the syllabus. This study was based on an extensive literature review, which allowed to find out what changes can be made in the teaching of architectural design with the use of BIM.

KEYWORDS: Curriculum, Architecture, Building Information Modeling, BIM, Teaching, Design.

¹ Universidade Estadual de Londrina – UEL

² Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – USP

How to cite this article:

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 103-120, jan./jun. 2016.
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v11i1.102708>

Fonte de financiamento:

Declaro não haver.

Conflito de interesse:

Declaro não haver

Submetido em: 24 ago. 2015

Aceito em: 23 fev. 2016



INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM) é uma nova abordagem metodológica para processos de desenvolvimento do ambiente construído, abrangendo projeto, construção, gerenciamento e manutenção de edificações e infraestrutura. Quando implementada de forma plena, todos os agentes envolvidos podem acessar, ao mesmo tempo, informações sobre o escopo de projeto, cronogramas e orçamentos que são de alta qualidade, confiáveis, integrados e totalmente coordenados. Esse acesso é possibilitado pela criação, desenvolvimento, uso, reuso e intercâmbio de um Modelo da Informação da Construção que é uma representação digital 3D e paramétrica das características físicas e funcionais de uma edificação. Por ser baseado em padrões abertos de interoperabilidade, o modelo BIM serve como um recurso de compartilhamento de informações, portanto, constitui base confiável para a tomada de decisão pelos agentes envolvidos, durante todo o ciclo de vida da edificação ou infraestrutura (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2015).

Um dos principais benefícios que BIM propicia é a possibilidade de um processo de projeto e construção mais integrado que resulta em edificações de melhor qualidade, custo mais baixo e em menor tempo (EASTMAN et al., 2008).

A principal motivação para a adoção de BIM é a sua ligação a várias aplicações e tecnologias que dão suporte a diferentes propósitos em empreendimentos do setor da construção, tais como: modelagem 3D, visualização, desenhos para construção/fabricação, simulações de energia, análises de engenharia, orçamentos, planejamento das etapas da obra, revisões de construtibilidade, detecção de interferências, integração e *Facilities Management*. Além disso, BIM dá suporte para a colaboração entre os agentes de uma equipe de projeto (AHN; CHO; LEE, 2013).

Dada a crescente adoção de BIM pelo mercado, algumas novas especialidades têm sido solicitadas pela indústria. Um especialista bastante requisitado é o Gerente BIM, cuja função principal é gerenciar pessoas na implementação e manutenção do processo BIM; função esta que pode ser exercida por um arquiteto.

Esse profissional pode trabalhar em organizações do proprietário (empreendedores e incorporadoras), empresas de *Facility Management*, empresas de projeto e construtoras (BARISON, 2015). No caso de grandes empresas, com múltiplas filiais, até localizadas em outros países, o Gerente BIM pode agir: em nível organizacional, definindo políticas e estratégias para toda a companhia; em nível local (nível do escritório/construtora), gerenciando alguns projetos, de acordo com os padrões estabelecidos para o escritório/construtora e, em nível de projeto, suportando diretamente o(s) modelo(s) de um empreendimento (NEEDHAM, 2009). Essa visão de que Gerentes BIM compartilham tarefas de coordenação em vários níveis foi confirmada por estudo de Knutsen (2014).

Quando o Gerente BIM atua em nível do projeto, a sua principal função é produzir o modelo. Por exemplo, se ele atuar em empresa de projeto de arquitetura, a sua função será de Gerente do Modelo de arquitetura. Se o Gerente BIM atuar em construtora, sua tarefa central em nível de projeto será produzir o modelo de construção e, nesse caso, ele é conhecido como Coordenador BIM do contratante. Também poderá haver o Coordenador BIM do Proprietário, papel que pode ser desempenhado pelo projetista que lidera a equipe de projeto, por um especialista BIM indicado pelo proprietário ou por um Gestor de Projetos. A função principal do Coordenador BIM do Proprietário será coordenar o uso do modelo BIM no projeto e supervisionar o processo BIM para o proprietário (BARISON, 2015). Atuando ao nível do escritório, o Gerente BIM será responsável por atividades BIM ligadas à padronização, treinamento, desenvolvimento de bibliotecas etc., isto é, suas responsabilidades atingem a todos os projetos do escritório desenvolvidos em BIM, não apenas alguns projetos específicos. Da

mesma forma, tratando-se de empresas maiores, com diversos escritórios em um país ou até no mundo, poderá haver um profissional Gerente BIM que supervisiona padrões BIM aplicados uniformemente em todas as filiais da organização.

Existe, atualmente, uma demanda crescente de arquitetos especializados em Tecnologia de Informação (TI) aplicada à Construção Civil, particularmente em BIM, por parte de empresas de AEC/GF, especialmente em nível internacional e também no Brasil. Porém, ao observar a realidade de cursos de Arquitetura no Brasil, nos deparamos com o problema de que os estudantes ainda não estão sendo preparados para ingressar no mercado de trabalho com competências em BIM. Frente a essa situação, e preocupadas em dispor imediatamente de profissionais para atuar em projetos BIM, muitas empresas são levadas a investir em treinamentos disponíveis no mercado que, muitas vezes, não focam no processo BIM, mas apenas na operação de software, deixando de lado importantes aspectos conceituais.

Dessa forma, ensinar BIM nas universidades não só reduz o esforço das empresas no que diz respeito ao treinamento, mas também possibilita a formação de profissionais que podem efetivamente mudar o paradigma da indústria da construção (AHN; CHO; LEE, 2013). Além desses benefícios, o ensino de BIM proporciona melhorias nos resultados de aprendizagem dos alunos também em outros temas (WU; ISSA, 2013).

Contudo, pesquisas na área de BIM e Educação são relativamente novas e ainda não está claro, para muitos, como BIM deve ser abordado no ensino. No Brasil, por exemplo, Barison (2015) encontrou apenas 19 registros de estudos sobre o ensino de BIM. Esses artigos discutem disciplinas do curso de arquitetura, mudanças curriculares e relatam experiências inovadoras com alunos de arquitetura. Um desses estudos avaliou os esforços de ensino de BIM adotados no Brasil (RUSCHEL; ANDRADE; MORAES, 2013). Além desses estudos, Checcucci e Amorim (2014) apresentaram um método para analisar currículos de cursos de graduação e identificar disciplinas com potencial para introduzir BIM. Com relação ao currículo de arquitetura, o principal desafio nesse tema é ensinar o processo BIM, que modifica a cadeia produtiva da arquitetura e pressupõe novas dinâmicas do arquiteto.

Assim, o objetivo deste artigo é discutir a questão de qual seria a especificidade do BIM para o ensino de arquitetura, tendo como base o novo papel que o arquiteto pode assumir no fluxo de trabalho de projetos desenvolvidos em BIM. Inicialmente é apresentada a proposição de um modelo teórico para um fluxo de trabalho BIM a ser utilizado no Brasil. Com base nesse fluxo, algumas novas competências do arquiteto são apresentadas e discutidas.

Essa discussão se baseou em revisão da literatura sobre o ensino de BIM e sobre a implementação de BIM por empresas do setor de AEC/GF no Brasil. Este estudo é resultado de uma pesquisa de doutorado (BARISON, 2015) que adotou a Metodologia da Problematização (MP) como opção metodológica (BERBEL, 2012). A MP é constituída de cinco etapas e uma delas é a Teorização. Durante essa etapa, foi pesquisado, selecionado e analisado um conjunto de 408 documentos relacionados ao BIM e à Educação. A análise documental se baseou no método de pesquisa qualitativa Análise de Conteúdo (BARDIN, 2004), utilizando-se de uma de suas variações, a Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2007). Esse método envolve um processo de categorização de dados textuais em grupos de entidades similares ou categorias conceituais, com o objetivo de identificar padrões e relacionamentos entre temas.

A ADOÇÃO DE BIM NO BRASIL

Embora o nível de adoção de BIM nos Estados Unidos tenha aumentado de 28% em 2007 para 71% em 2012 entre as grandes empresas, conforme

aponta o relatório da *McGraw Hill Construction* de 2012 (DOSSICK; LEE; FOLEYK, 2014), acredita-se que no Brasil a adoção de BIM ainda está nos estágios iniciais. Para conhecer a maturidade da implementação de BIM por empresas de AEC no Brasil, o presente estudo avaliou o conteúdo de publicações de pesquisas sobre o nível de implantação de BIM por empresas no Brasil.

Como se pode observar no Quadro 1, os relatos confirmam que o Brasil vive um momento de transição do CAD para o BIM e que poucos projetos foram desenvolvidos e concluídos em BIM. Segundo Addor et al. (2015), entre os empreendimentos desenvolvidos em BIM, poucos já estão em fase de operação e um número menor ainda teve a participação de construtoras e incorporadoras no processo.

Quadro 1. Pesquisas: implantação de BIM em empresas de AEC

Referência	Amostra	Nº	Resultados
Souza, Lyrio Filho e Amorim (2009)	Escritórios de arquitetura nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba (N=13)	13	23,08% dos escritórios já utilizam BIM em todos os projetos; 23,08% utilizam na maioria dos projetos e 46,15% utilizam em um projeto-piloto.
Nardelli (2009)	Escritórios de arquitetura na cidade de São Paulo	-	Os escritórios estão tecnologicamente bem equipados e preparam-se para implantar o conceito BIM.
Batista (2010)	Empresas em São Paulo e Belo Horizonte	-	A adoção de BIM ainda é pequena, embora tenha aumentado o número de adeptos, principalmente na cidade de São Paulo. Em Belo Horizonte, a utilização de BIM ainda é muito pequena.
Oliveira e Pereira (2011)	Escritórios de arquitetura em Portugal e São Paulo (N=3)	3	Em dois escritórios ocorreram mudanças, desde a divisão do processo projetual em etapas até a interface com os parceiros externos.
Stehling e Arantes (2011, 2014)	Empresas em Belo Horizonte	-	Em 2011 a mudança de CAD para BIM ainda estava muito incipiente. 60% dos respondentes tinham familiaridade e já estavam trabalhando com BIM e 40% já ouviram falar, mas não sabiam, exatamente, o significado de BIM. Em 2014 observou-se que a implantação da tecnologia BIM em projetos industriais estava mais avançada do que em projetos arquitetônicos. Enquanto estas se esforçam para mudar do CAD para BIM, as empresas de projetos industriais já estão no estágio de implantação da interoperabilidade.
Andrade e Amorim (2011)	Escritórios de arquitetura nas regiões do Rio de Janeiro e de Niterói	-	Ainda é pequeno o número de escritórios que adotam o sistema BIM na totalidade de seus projetos.
Rêgo e Nunes (2011)	Empresas de AEC em Recife	25	O conhecimento e o uso de BIM são nulos ou muito incipientes. Ainda são utilizados programas CAD genéricos para representação gráfica do projeto.

continua...

Quadro 1. Continuação.

Referência	Amostra	Nº	Resultados
Barison e Santos (2011)	Empresas em São Paulo	16	As empresas desenvolvem, com mais frequência, modelos de arquitetura. Porém eles ainda não são compartilhados, por falta de colaboradores. O que existe é um compartilhamento de modelos para fins de visualização e verificação de interferências, que é realizado e gerenciado pelo construtor.
Hilgenberg et al. (2012)	Escritórios de arquitetura em Curitiba	-	Grande parte nunca teve contato com software BIM. Precisa haver uma sensibilização coletiva para a adoção de sistemas compatíveis com BIM.
Checucci, Pereira e Amorim (2013)	Participantes do TIC 2011	-	A adoção do paradigma BIM ainda está em uma fase inicial, havendo muito trabalho a ser realizado até sua consolidação.
Dantas Filho et al. (2015)	Empresas de AEC da cidade de Fortaleza	25	Aproximadamente a metade das empresas já implementou ou está implementando BIM, sendo que os escritórios de arquitetura o fazem de maneira mais intensa. As empresas usam BIM em apenas 25% dos projetos desenvolvidos, talvez por terem ainda uma compreensão básica ou intermediária.
McGraw Hill Construction (2014)	Construtoras de 10 países: Austrália, Brasil, Canadá, França, Alemanha, Japão, Nova Zelândia, Coreia do Sul, Reino Unido e os Estados Unidos.	-	No Brasil, as construtoras são mais novas no uso de BIM do que em outras regiões, contudo elas estão investindo e esperam aumentar a capacidade em BIM. 85% das construtoras relataram um positivo retorno financeiro em BIM, especialmente, quando utilizado para prever custos.

Fonte: Elaboração da autora (2015).

UM MODELO TEÓRICO DE FLUXO DE TRABALHO BIM

Para definir o papel do arquiteto no processo de projetos com o uso de BIM o presente estudo analisou fluxos de trabalho BIM e construiu um modelo teórico a partir de revisão da literatura. Os resultados serão apresentados a seguir.

As etapas do processo de projeto tradicional e o que muda com BIM

O processo de projeto tradicional é, usualmente, dividido em nove etapas progressivas que, segundo Melhado (1994, p. 187), podem ser divididas em: (a) idealização do produto; (b) concepção inicial e análise de viabilidade; (c) análise dos processos; (d) formalização do produto; (e) detalhamento de produto e processo; (f) planejamento; (g) produção; (h) entrega do produto e (i) operação e manutenção.

Quanto ao projeto de arquitetura, a NBR 13532 da ABNT determina que as etapas de execução da atividade técnica devem seguir de sete a oito etapas

progressivas: (a) levantamento de dados para arquitetura; (b) programa de necessidades de arquitetura; (c) estudo de viabilidade de arquitetura; (d) estudo preliminar de arquitetura; (e) anteprojeto de arquitetura ou de pré-execução; (f) projeto legal de arquitetura; (g) projeto básico de arquitetura (opcional) e (h) projeto para execução de arquitetura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

No processo de projeto em papel existia uma ordem cronológica e sequencial. Com a adoção do CAD, essa ordem permaneceu a mesma, ou seja, a arquitetura iniciava o processo, seguida da estrutura e com a consolidação das soluções dessas duas disciplinas, as demais iniciavam seus trabalhos. Ao final desse processo, as inconsistências eram detectadas. Com o uso de BIM essas incompatibilidades podem ser identificadas mais cedo. Contudo, ao investigar empresas de AEC na cidade de Fortaleza, Dantas Filho et al. (2015) concluíram que, mesmo utilizando BIM, o processo de projeto de arquitetura continua com as mesmas etapas e o que muda são algumas questões de etapas posteriores, que agora são discutidas nas fases iniciais. Segundo Addor et al. (2015), o uso de BIM também causa alterações nos cronogramas de projeto, uma vez que aumenta a velocidade e a frequência em que as informações são trocadas.

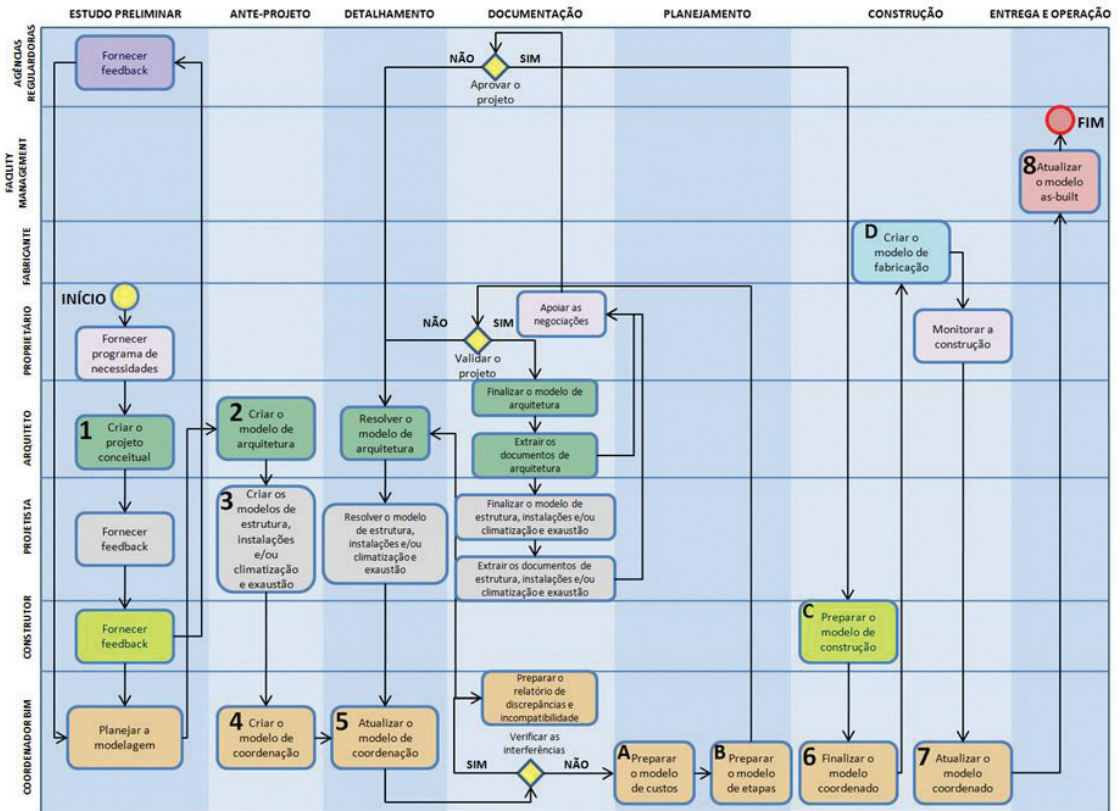
Durante et al. (2015) investigaram o processo de projeto em três estudos de caso na cidade de Curitiba em que o BIM foi utilizado e identificaram um processo constituído de quatro etapas: (a) plano de necessidades; (b) modelagem; (c) coordenação e (d) documentação final. Contudo, os autores concluíram que o processo adotado não foi ideal. Um processo BIM deve prever a concepção do projeto em 3D e com todos os agentes do projeto trabalhando em um mesmo modelo, o que não ocorreu no caso estudado porque o trabalho de modelagem foi terceirizado. Contudo, Addor et al. (2015) explicam que a adoção de um processo híbrido muitas vezes é necessária, desde que sejam utilizados procedimentos claros para o intercâmbio de dados entre CAD e BIM.

Adaptação do modelo americano de fluxo de trabalho BIM

O presente estudo sugere uma adaptação do modelo norte-americano de fluxo de trabalho BIM para ser utilizado no Brasil. Foram analisados alguns padrões BIM norte-americanos (COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM, 2009; INDIANA UNIVERSITY, 2010; AUTODESK INC., 2010; NTD ARCHITECTURE, 2010; ANDERSON, 2010), relatos de estudos de caso de implementação de BIM no Brasil (BASTOS et al., 2011; WITICOVSKI; SCHEER, 2011; DURANTE et al., 2015; DANTAS FILHO et al., 2015) e o padrão BIM da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) (ADDOR et al., 2015). Esse modelo será explanado a seguir por meio de um mapa de processo.

No modelo norte-americano, é o arquiteto que, desde o início do projeto, gerencia todo o fluxo de trabalho BIM, que também pode ser acompanhado/supervisionado pelo Coordenador BIM do Proprietário. No Brasil, entretanto, está emergindo um fluxo de trabalho BIM diferente do modelo norte-americano. No modelo brasileiro, o proprietário (incorporadora/cliente) designa um Coordenador de Projetos. Este pode atuar também como Gerente BIM ou haver um profissional dedicado a essa função. Esse(s) profissional(is) deve(m) interagir com as equipes, fornecer informações, fazer revisões no projeto e acompanhar a obra. O papel de Gerente BIM, às vezes, é desempenhado por um consultor BIM contratado pela incorporadora, ou seja, uma empresa terceirizada. Cada escritório de projetos designaria um Gerente do Modelo para o projeto (normalmente acumulando essa função adicional com outra principal – projetista ou gerente do projeto, por exemplo). Esse especialista estabeleceria as diretrizes e os padrões de modelagem de sua disciplina, que envolvem o mapeamento

do uso do modelo e a identificação das ferramentas e aplicativos BIM que serão utilizados. Considerando-se o trabalho a partir da utilização de modelos federados¹, um processo ideal de desenvolvimento de um modelo BIM, no Brasil, poderia ser dividido em **oito etapas** (Figura 1), que serão descritas a seguir.



Estudo preliminar

Esta etapa corresponde ao levantamento de dados, programa de necessidades, estudo de viabilidade e estudo preliminar do processo de projeto tradicional de arquitetura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) e etapa de idealização do produto, concepção inicial, análise de viabilidade (MELHADO, 1994) do empreendimento. Ao estudar o processo BIM, Durante et al. (2015) denominaram essa etapa de Plano de Necessidades e Addor et al. (2015) a denominam de Estudo de Viabilidade.

Etapa 1: O arquiteto, o proprietário e o Coordenador BIM se reúnem para organizar os dados de entrada do projeto – dados legais do terreno; topografia e sondagem; cronograma de trabalho; consultores contratados; informações de custos e requisitos de projeto, definir a equipe de projetistas; modelos; troca de modelos; coordenada de inserção; ferramentas; nível de detalhamento/desenvolvimento ou *Level of Detail/Development* (BIMFORUM, 2015) – e, como resultado, um documento que define as premissas do projeto é produzido.

O arquiteto cria o modelo conceitual, também conhecido como “estudo de massa” e faz o estudo de viabilidade com base no programa de necessidades fornecido pelo proprietário. Como resultado, têm-se planilhas com cálculo de áreas e um modelo preliminar de massas.

Figura 1. Diagrama de um fluxo de trabalho BIM. Fonte: Elaboração da autora (2016).

¹ Cada disciplina desenvolve seus próprios modelos vinculados a um único modelo central integrado, todos depositados no mesmo local virtual (ADDOR et al., 2015)

Depois de definida a equipe, todos se reúnem² para decidir sobre o sistema estrutural e outras especificidades do projeto. Os projetistas fornecem *feedback* sobre metas de desempenho, o construtor (se já fizer parte da equipe) fornece *feedback* sobre requisitos iniciais de construtibilidade, cronograma e custos da obra e as agências reguladoras fornecem informações sobre normas técnicas.

O arquiteto envia o projeto conceitual para o Coordenador BIM do contratante e para o projetista de estruturas. O Coordenador BIM estuda o projeto conceitual para identificar que informações devem constar nas famílias³, criar uma biblioteca inicial com todas as famílias necessárias ao projeto e desenvolver uma estrutura-base para todas as disciplinas⁴. Os projetistas criam famílias de componentes com base na estrutura desenvolvida pelo Coordenador BIM.

Anteprojeto

Esta etapa corresponde ao anteprojeto de arquitetura ou de pré-execução no processo de projeto tradicional (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) e às etapas de análise dos processos e formalização do produto (MELHADO, 1994) do empreendimento. Durante et al. (2015) a denominaram de etapa de modelagem do processo de projeto BIM e Addor et al. (2015) a denominam de estudo preliminar e anteprojeto.

Etapa 2: O arquiteto cria o modelo de arquitetura tendo como base o modelo conceitual e os dados de entrada de projeto (documento de definição de premissas de projeto, requisitos dos sistemas estrutural, de instalações e de ar-condicionado). O modelo de arquitetura é dividido em um, dois, três ou mais setores (embasamento, pavimento tipo, fachada etc.). Também são criados modelos de edição e modelos completos. Os modelos de edição são utilizados em caso de alterações ou atualizações, e os modelos completos são os arquivos em que são efetuados os *links* entre os diversos modelos de edição. Todas as alterações realizadas nos modelos de edição são, automaticamente, carregadas no modelo completo. Sempre que uma interferência ou um erro é encontrado, a alteração é realizada no modelo de edição correspondente ao setor específico, para, depois, ser carregada no modelo completo (BASTOS et al., 2011).

O modelo de arquitetura é finalizado e o estudo de viabilidade é reavaliado. Quando finalizado o processo, o arquiteto envia o modelo de arquitetura completo para os projetistas. Esse modelo tridimensional também pode ser utilizado para extração de quantitativos e ser exportado para outros programas de forma a melhor visualizar o volume da edificação (ADDOR et al., 2015).

Etapa 3: O projetista estrutural desenvolve seu modelo de estrutura tendo como base o modelo de arquitetura, usando-o diretamente para a modelagem BIM da estrutura, ou por meio de importação da planta arquitetônica, se não houver interoperabilidade direta com o modelo BIM.

Depois de o projetista estrutural realizar a análise da arquitetura e da estrutura, o modelo é enviado para: (a) projetista de instalações, que divide o modelo de instalações em três modelos de edição (hidráulico, elétrico e combate a incêndio), que, depois, serão unidos em um modelo de instalações completo e (b) projetista de ar-condicionado, que divide o modelo de climatização e exaustão em dois modelos (climatização e exaustão/pressurização). Portanto, para cada disciplina é produzido um modelo separado, mas integrado.

Etapa 4: Os projetistas enviam seus modelos parciais para o Coordenador BIM, que os revisa para garantir que estejam de acordo com as exigências

² Sessões de trabalho denominadas *Design Review* em que é feita a análise crítica das soluções adotadas e o encaminhamento das ações e providências subsequentes (ADDOR et al., 2015).

³ Termo introduzido pela Autodesk Inc. para designar categorias de componentes 3D paramétricos.

⁴ A estrutura-base das disciplinas permite resolver sobreposições de autoria, por exemplo: uma bacia sanitária pode ser modelada pela arquitetura e pela hidráulica.

de cada etapa e, em seguida, faz a junção dos modelos (criando o modelo federado), elimina os objetos duplicados ou redundantes, dá um nome ao modelo de coordenação, o deposita em uma plataforma de gerenciamento de projetos e gera um relatório de incompatibilidades.

Detalhamento

Esta etapa corresponde ao projeto para execução de arquitetura do processo de projeto tradicional (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) e detalhamento de produto e processo (MELHADO, 1994) do empreendimento. Durante et al. (2015) a denominaram de etapa de coordenação do processo BIM e Addor et al. (2015) a denominaram de etapa de projeto básico/ pré-executivo.

Etapa 5: Os projetistas usam o modelo de coordenação para revisar e completar seus projetos e, depois, os devolvem para o Coordenador BIM, que os revisa, une e atualiza em um novo modelo de coordenação. Quando o modelo de coordenação está completo, são realizadas reuniões de compatibilização para verificar se existem interferências entre os sistemas. Se forem detectadas interferências, o Coordenador BIM prepara um relatório de responsabilidades e retorna o modelo consolidado para o arquiteto e para os projetistas analisarem. O arquiteto e projetistas resolvem seus modelos parciais.

Documentação

No processo tradicional, a documentação (em formato bidimensional – plantas, elevações, cortes e detalhes) é executada durante as várias etapas finais do processo de projeto. No processo BIM, não há a necessidade prévia desta documentação tradicional, já que a representação se dá através do modelo tridimensional. Somente ao final do processo de projeto (e antes, para fins legais de licenciamento) é necessária a produção de documentação convencional. Durante et al. (2015) denominaram esta etapa de Documentação Final do processo BIM e Addor et al. (2015) a denominaram de Projeto Executivo.

Planejamento

Na etapa de planejamento (MELHADO, 1994), estudam-se as fases de execução da obra. O Coordenador BIM utiliza o modelo de coordenação resolvido como uma base para extrair informações para o desenvolvimento de modelos de: (A) custos e (B) etapas da obra. Nessa fase, o proprietário revisa e valida o projeto, o orçamentista finaliza o processo de estimativa de custos e o planejador da obra finaliza o cronograma de construção, com dados do modelo BIM extraídos pelo Coordenador BIM. O arquiteto e os projetistas finalizam seus modelos e extraem as documentações para enviar às agências reguladoras (ou órgãos de fiscalização), que avaliam a conformidade do projeto com base nas documentações (ou no modelo, se houvesse a verificação de códigos automatizada⁵ no órgão). O proprietário ajuda nas negociações para a aprovação do projeto. Todos os projetistas trabalham com os órgãos de fiscalização para a aprovação. O coordenador de projetos comunica os comentários dos órgãos de fiscalização à equipe de projeto. Os projetistas revisam seus modelos parciais e os devolvem ao Coordenador BIM, que atualiza o modelo de coordenação.

Construção

Esta etapa é chamada de produção por Melhado (1994), e nela é executada a obra.

Etapa 6: Nesta fase, o construtor prepara o modelo de (C) Construção. O Coordenador BIM finaliza o modelo de coordenação e os fornecedores e

⁵ Verificação de Regras ou *Code-checking*.

subempreiteiros, submetem, se necessário, no caso de pré-fabricados ou de peças customizadas⁶, os (D) modelos de fabricação, para serem incorporados ao modelo *As-Built* (ou modelo de registro). O Coordenador BIM gerencia o processo de licitação e compra. O proprietário monitora a construção e dá opiniões quanto às mudanças efetuadas.

Etapa 7: O Coordenador BIM trabalha com projetistas, fornecedores e subempreiteiros para preparar o modelo *As-Built* (ou modelo de registro), de modo que este esteja de acordo com as mudanças ocorridas no projeto durante a construção.

Entrega/operação

Esta etapa corresponde à entrega do produto e à operação e manutenção (MELHADO, 1994) do empreendimento.

Etapa 8: Na etapa de pós-construção, o Coordenador BIM interage com o proprietário e com o gerente de facilidades, coordenando a troca de informações entre eles. O Gerente BIM de Facility Management atualiza o modelo *As-Built* (ou modelo de registro), de acordo com as operações de pós-construção.

COMPETÊNCIAS BIM REQUERIDAS DE UM ARQUITETO

Existem pontos do fluxo apresentado na Figura 1 em que a atividade do arquiteto, no papel de Analista ou Gerente do Modelo de arquitetura, requer competências específicas em BIM. Por exemplo: (a) a criação do modelo preliminar de massas, cálculo de áreas, estudo de viabilidade com base no modelo e envio deste para o Coordenador BIM e projetistas; (b) desenvolvimento do modelo de arquitetura, sua exportação para outros aplicativos de visualização e extração de quantitativos; (c) participação em reuniões e discussão de especificidades do projeto com os demais projetistas e o construtor; (d) realização de análises de projeto, tais como energia e consumo de água, o uso da ventilação natural e simulações da incidência de radiação solar utilizando ferramentas BIM e aplicativos; (e) desenvolvimento do modelo BIM arquitetônico em conformidade com o padrão BIM da empresa e com o LoD pré-determinado pelo Coordenador BIM em cada etapa; (f) fornecimento de suporte técnico ao trabalho de modelagem da equipe de arquitetura e, dependendo do tamanho da empresa, ministrar sessões de treinamento e preparação de materiais de aprendizagem sobre ferramentas de autoria BIM de arquitetura e aplicativos; (g) verificação da qualidade do modelo de arquitetura e ajuste adequado.

Para conduzir as atividades acima, é essencial que o arquiteto desenvolva habilidades no uso de ferramentas de autoria BIM e aplicativos para projeto arquitetônico. O arquiteto também deve ter um conhecimento básico de outras disciplinas (instalações, energia, estrutura e construção), dos conceitos inerentes ao BIM, de desenhos de construção e de especificações, além de extração de quantidades a partir do modelo BIM.

Ao interagir com os agentes, é essencial que o arquiteto tenha uma compreensão do trabalho em equipe e habilidades básicas de comunicação, bem como conhecimento sobre ferramentas de comunicação e colaboração habilitadas para o trabalho em contexto BIM.

Também é necessário ter conhecimento sobre: tecnologias de construção e sua influência sobre o desempenho térmico do edifício; as distribuições de pressão (vento e ar) no invólucro do edifício; e interpretação de gráficos, tabelas e equações (FREIRE; AMORIM, 2011), para que faça bom uso das informações disponibilizadas pelas ferramentas computacionais. Além disso, quando as análises e as simulações são realizadas por outros especialistas, o arquiteto deveria ter a capacidade de lidar com dados de geometria do modelo, que são necessários para softwares de análises, para

⁶ Fabricação automatizada – CNC (Comando Numérico Computadorizado).

que possa trocar as informações de projeto com esses especialistas, além de conhecimento de como modelar componentes de arquitetura, bibliotecas, padrões BIM, *templates* e LoD.

No caso do arquiteto assumir a tarefa de coordenação do processo BIM, serão necessárias habilidades de gerenciamento, consideráveis qualidades pessoais, como a priorização e o compromisso, além de habilidades de autogestão, tais como organização e gerenciamento do tempo. Nesse caso, são essenciais conhecimentos sobre: detecção de interferências, processos de coordenação e fluxo de trabalho BIM. Contudo, segundo Whitehead et al. (2011), é essencial que o arquiteto tenha capacidade para aplicar essas habilidades no contexto de uma construção real.

Outros requisitos podem incluir: o conhecimento da real capacidade de produção com software; aplicações e equipamentos de prototipagem digital aplicada à produção de modelos, protótipos; e fabricação de elementos não padronizados e customizados (PUPO, 2011).

QUE COMPETÊNCIAS EM BIM ENSINAR PARA ALUNOS DE ARQUITETURA?

O *National Architectural Accrediting Board* (NAAB), que é o órgão autorizado para certificar cursos de arquitetura nos Estados Unidos, não tem imposto exigências em relação a plataformas específicas de software, nem mesmo expectativas claras sobre habilidades em computação. Sobre esse fato, Denzer e Hedges (2008) concluem que se a tecnologia BIM for entendida simplesmente como uma “nova ferramenta”, pode-se esperar que órgãos de certificação terão pouco interesse em impor seu uso.

No Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo do Ministério da Educação (BRASIL, 2010) também não fazem referência à CAD e muito menos ao BIM, mas dispõem que, entre outras competências, os cursos devem formar um profissional que tenha o conhecimento dos instrumentais de informática para tratamento de informações e representação aplicada à arquitetura, assim como sejam definidas formas para a realização da interdisciplinaridade (BRASIL, 2010). Observa-se que o processo BIM está diretamente relacionado com esses dois tópicos.

Assim, as escolas de arquitetura poderiam definir formas para realizar a interdisciplinaridade por meio do ensino da tecnologia BIM, ou seja, focar na melhoria da capacidade dos alunos para que estes possam colaborar com seus pares. A universidade é o local ideal para que eles pratiquem a habilidade interpessoal de liderança e habilidades básicas de comunicação (BECKER; JASELSKIS; MCDERMOTT, 2011). Whitehead et al. (2011) afirmam que, para trabalhar com o *Specialist Modelling Group* (SMG) da *Foster and Partners*, tudo que é necessário é ser arquiteto e ter experiência em trabalho em equipe.

Algumas competências requeridas para desenvolver projetos BIM já são naturalmente adquiridas na graduação. Por exemplo, cursos de arquitetura tendem a ensinar habilidades básicas de comunicação gráfica, uso do computador e ferramentas necessárias para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico. Outras habilidades, tais como cognição, pensamento analítico e crítico, e interpretação de gráficos, tabelas e fórmulas, também são ensinadas ou desenvolvidas. Os estudantes de arquitetura adquirem conhecimentos em projeto arquitetônico, desenhos de construção e especificações de materiais. Eles também se familiarizam com disciplinas de instalações, estrutura e energia e aprendem sobre processos de construção enxuta e técnicas de construção.

Entretanto, as escolas de arquitetura deveriam desenvolver também habilidades técnicas básicas ligadas ao BIM, como: conhecimento de

conceitos BIM; fluxo de trabalho BIM; detecção de interferências; uso de uma ferramenta BIM de arquitetura, alguns aplicativos utilizados nas fases iniciais de projeto, habilidades para extração de quantitativos e documentação a partir de ferramentas BIM de arquitetura.

As demais competências em BIM deveriam ser aperfeiçoadas na profissão. Por exemplo: dar suporte em hardware/software, treinar e preparar materiais de aprendizagem e capacidade para lidar com fluxo de dados de geometria entre o modelo de arquitetura e várias ferramentas analíticas. É difícil para as escolas focarem nessas habilidades, pois, geralmente, faltam-lhes meios financeiros para adquirir algumas das ferramentas necessárias e, como resultado, os professores acabam não sendo treinados para ensinar alguns aplicativos. Habilidades em coordenação BIM também são melhores combinadas com a experiência profissional. Entretanto, um estudo de Wu e Issa (2013) com profissionais da indústria apontou, como falhas do ensino de graduação, a falta de entendimento da coordenação do modelo multidisciplinar e a falta de experiência relevante em projetos BIM.

De fato, é um grande desafio para as escolas criar um ambiente multidisciplinar com a utilização de projetos reais (WU; ISSA, 2013). Há falta de recursos, especialmente os relacionados aos ambientes adequados, e de software/aplicativos, o que impede que os alunos pratiquem a coordenação do modelo. Certos tipos de infraestrutura são necessários, por exemplo, para simular o ambiente real de uma *Big-Room*⁷. Mesmo se a escola é capaz de simular um ambiente desse tipo, a dinâmica de interação será diferente da prática profissional, devido ao grande número de alunos e ao exíguo tempo disponível, nos cursos, para ensinar esse assunto. Além disso, alguns aplicativos não são disponíveis para as escolas, tais como software para planejamento de recurso corporativo⁸ (*Enterprise Resource Planning – ERP*).

O Quadro 2 apresenta um resumo das competências em BIM – em suas três tradicionais dimensões: conhecimentos/habilidades/attitudes (DURAND, 2000) – classificando-as em três categorias: as que são naturalmente adquiridas na graduação, as que poderiam ser desenvolvidas na graduação e aquelas que devem ser postergadas para a pós-graduação ou serem adquiridas no ambiente profissional.

Barison (2015, p. 253) lista 235 habilidades ligadas ao BIM, refinando a listagem do Quadro 2, porém listando habilidades BIM não necessariamente ligadas ao profissional de arquitetura.

Quadro 2 . Matriz de Competências BIM

	CONHECIMENTOS	HABILIDADES	ATTITUDES
Já existentes na graduação	<ul style="list-style-type: none"> √ Processo de projeto, construção e fabricação; √ Tecnologia de Construção; √ Documentações; √ Desenhos para construção e fabricação; √ Normas técnicas e especificações de materiais de construção; √ Geometria espacial. 	<ul style="list-style-type: none"> √ Cognição; √ Pensamento sistêmico e crítico; √ Pensamento lateral e criativo; √ Saber usar um computador; √ Trabalhar em equipe; √ Saber interpretar tabelas, gráficos e equações. 	

continua...

⁷ Ambiente físico onde os projetistas se reúnem para solucionar problemas de projeto.

⁸ Software desenvolvido para integrar os diversos departamentos de uma empresa, possibilitando a automação e o armazenamento de todas as informações do negócio.

Quadro 2. Continuação.

	CONHECIMENTOS	HABILIDADES	ATITUDES
Podem ser incorporadas na graduação	<ul style="list-style-type: none"> √ Conceitos relacionados a BIM; √ Parametrização; √ Coordenação BIM; √ Detecção de Interferências; √ Fluxo de trabalho BIM e Gestão de Interoperabilidade √ Padrões BIM. 	<ul style="list-style-type: none"> √ Ferramentas BIM e aplicativos (revisão, autoria e verificação de modelos); √ Geração de documentação 2D a partir de modelos BIM; √ Modelagem BIM utilizando um conjunto pré-definido de padrões e diretrizes; √ Gerar modelo de massas em ferramenta BIM; √ Gerar renderizações de qualidade a partir do modelo BIM √ Gerar animação 3D para visualizações internas e externas (<i>walk-through, fly-through</i>) dentro de um ambiente BIM.; √ Modelagem paramétrica e implementação/adaptação de famílias de componentes BIM; √ Visualização espacial; √ Habilidades pessoais e interpessoais; √ Extração de quantidades e documentações do modelo; √ Uso de ferramentas BIM para análises de sustentabilidade (solar, energética etc); √ Ferramentas de comunicação e de colaboração. 	<ul style="list-style-type: none"> √ Ser um membro da equipe; √ Ter iniciativa; √ Ser autodirigido; √ Ser disposto a ensinar outros.
Devem ser postergadas para a pós-graduação ou para ambientes profissionais	<ul style="list-style-type: none"> √ Tecnologias para colaboração √ Processos de uma empresa de AEC; √ Padrões BIM e templates; √ Bibliotecas de componentes BIM. 	<ul style="list-style-type: none"> √ Técnicas de gerenciamento; √ Implantação de BIM; √ Treinamentos em BIM; √ Dar suporte em software e hardware BIM; √ Elaboração de materiais de aprendizagem BIM; √ Elaboração de manuais e padrões BIM . 	<ul style="list-style-type: none"> √ Ser disposto a viajar eventualmente; √ Ser motivado em assuntos relacionados à BIM; √ Ter a mente aberta para mudanças.

Fonte: Elaboração da autora (2015).

COMO DESENVOLVER COMPETÊNCIAS EM BIM NO CURSO DE ARQUITETURA?

Além de facilitar a visualização e a compreensão de conteúdos das disciplinas, o ensino de BIM para estudantes de arquitetura oferece o suporte ao desenvolvimento de projetos colaborativos, que envolvem análises e simulações. As habilidades de trabalho em equipe e capacidade para projetar edifícios com sustentabilidade são, cada vez mais, importantes e requeridas de um arquiteto.

Por meio de uma extensa revisão da literatura que incluiu 304 documentos, Barison e Santos (2016) identificaram 187 universidades no mundo todo que estão experimentando alguma forma de ensinar BIM. Algumas delas têm se destacado por ensinar o conceito de colaboração e trabalho em parceria com a indústria, com o propósito de simular na academia a prática profissional. Essas universidades praticam atividades de colaboração em sala com seus estudantes, as quais foram classificadas pelos autores como: disciplina especializada, colaboração intracurso, colaboração interdisciplinar e colaboração à distância (nacional, binacional e multinacional). Entre essas universidades investigadas, a maioria é norte-americana e apenas 17 são brasileiras, dentre as quais, apenas uma (UNICAMP) ensinava a colaboração interdisciplinar.

Para introduzir BIM no currículo de arquitetura, uma alternativa é ensinar BIM em disciplinas existentes das seguintes áreas do currículo: Representação Gráfica Digital, Ateliê de Projeto, Gerenciamento da Construção e Tecnologia da Construção. Checcucci e Amorim (2014) identificaram parâmetros para saber quais disciplinas têm potencial para introduzir BIM e Barison e Santos (2014) desenvolveram um instrumento para ajudar o professor no planejamento de uma disciplina BIM⁹.

Contudo, as escolas que pretendem implementar BIM podem enfrentar alguns obstáculos, sendo que o principal desafio é o desconhecimento, por parte de professores, quanto ao significado do processo BIM. Uma forma de superar os obstáculos é saber o que pensam os professores quanto ao significado de BIM e dificuldades que encontrariam (ou encontraram) para implantar BIM em suas disciplinas. É altamente recomendável que as escolas promovam palestras e workshops sobre conceitos e ferramentas BIM para alunos, professores e funcionários, incentivem projetos de pesquisa sobre BIM e desenvolvam módulos de ensino em parceria com escritórios de arquitetura (BARISON, 2015; BARISON; SANTOS, 2015).

Uma tendência de escolas de arquitetura que já introduziram BIM é a reestruturação dos ateliês de projeto para que se tornem integrados, interdisciplinares, interníveis e/ou transdisciplinares, além da utilização de metodologias de ensino/aprendizagem como: aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em casos, aprendizagem baseada em projetos, *design* universal e a aprendizagem pela descoberta (BARISON, 2015).

Para planejar o ensino de BIM nas disciplinas é importante seguir uma escala progressiva, que Barison e Santos (2016) denominaram: Nível de Proficiência em BIM (NPBIM). Cada NPBIM é ligado a características como: objetivos, pré-requisitos, tipos de colaboração e projetos desenvolvidos pelos alunos e se aplica a uma determinada fase do currículo. Por exemplo: o nível introdutório é recomendado para disciplinas dos 1º e 2º anos; o intermediário, para disciplinas do 3º e 4º anos; e o avançado, para disciplinas do 5º ano e da pós-graduação.

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o estado atual da implementação de BIM no Brasil por empresas do setor de AEC/GF, um modelo teórico de fluxo de trabalho

⁹ www.uel.br/pessoal/barison/Tese.htm

BIM e discutiu qual é o papel do arquiteto no fluxo de trabalho. Tendo como base as novas funções do arquiteto mediante o uso de BIM, o presente artigo também discutiu as competências BIM que deveriam ser desenvolvidas em currículos de Arquitetura e forneceu sugestões de como ensiná-las.

A introdução de BIM nos currículos é uma grande contribuição para a formação de arquitetos que sejam capazes de trabalhar em um ambiente colaborativo. Para atender às necessidades futuras, é necessário que as escolas de arquitetura incorporem plenamente BIM nos currículos. Entretanto, é importante que as universidades recebam o apoio do governo, por meio do estabelecimento de diretrizes curriculares que contemplem o ensino dos conceitos inerentes ao BIM, como o trabalho colaborativo. Da mesma forma, é também importante o apoio das empresas, por meio do estabelecimento de parceria para o desenvolvimento de material didático e pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ADDOR, M., NARDELLI, E. S., CAMBIAGHI, H., MORALE, M., CASTANHO, M., DELATORRE, J., MAINARDI, I., YIM, J., SAIDON, S. W., DUNKER, V., ROSETTI, M. S. **Guia AsBEA: boas práticas em BIM**. Fascículo II. 2015. Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Images/Conteudo/ME/Download/Guia_Bim_AsBEA.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2015.
- AHN, Y. H., CHO, C. S., LEE, N., Building Information Modeling: systematic course development for undergraduate construction students. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**. v. 139, n. 4, p. 290-300. 2013.
- ANDERSON, R. **An introduction to the IPD workflow for Vectorworks BIM users**. 2010. Disponível em: <http://download2.nemetschek.net/www_misc/2010/IPD_workflow_for_BIM.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2011.
- ANDRADE, B. S.; AMORIM, S. R. L., Alterações metodológicas na gestão de processo de projeto aplicada com a utilização de software tipo BIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IAU-USP/UFRJ, 2011. Disponível em: <<http://www.iau.usp.br/ocs/index.php/sbqp2011/sbqp2011/paper/view/238/234>>. Acesso em: dez. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532** – Elaboração de projetos de edificações **-Arquitetura**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- AUTODESK INC. **Autodesk BIM deployment plan: a practical framework for implementing BIM**. 2010. Disponível em: <<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?id=14652957&siteID=123112>>. Acesso em: 21 set. 2010.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004. 223 p.
- BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo: uma contribuição para a formação do projetista**. 2015. 387f. Tese (Doutorado em Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2015.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Atual cenário da implementação de BIM no mercado da Construção Civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. A tool for assisting teachers in planning BIM courses. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2014, Miami. **Proceedings...** Miami: ISCCBE/CIB/ASCE, 2014.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Percepções de professores quanto à introdução de BIM no currículo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO A CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Advances in BIM Education. In: DIB, H.; MENASA, C.; LI K. (Eds.). **Transforming engineering education through innovative computer mediated learning technologies**, Reston: ASCE, 2016. In press.
- BASTOS, B. A., GOMES, A. V. M. S., FONSECA, J. A. L., SANTOS, A. A. Implantação de tecnologia BIM na incorporação imobiliária. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

- BATISTA, L. T. **O processo de projeto na era digital**: um novo deslocamento da era digital. 2010. 135f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/10096932-Luciana-teixeira-batista-o-processo-de-projeto-na-era-digital-um-novo-deslocamento-da-pratica-profissional.html>>. Acesso em: 23 fev. 2016.
- BERBEL, N. A. N. **Metodologia da problematização com o Arco de Maguerez**: uma reflexão teórico-epistemológica. Londrina: EDUEL. 2012.
- BECKER, T. C.; JASELSKIS, E. J.; MCDERMOTT, C. P. Implications of construction industry trends on the educational requirements for future construction professionals. In: ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 47., 2011, Omaha, **Proceedings...** Omaha: ASC/UNL. Disponível em: <<http://ascpro01.ascweb.org/archives/cd/2011/paper/CEGT329002011.pdf>>. Acesso em: dez. 2011.
- BIM FORUM. **Level of development specification**. 2015. Disponível em: <<http://bimforum.org/wp-content/uploads/2015/11/Files-1.zip>>. Acesso em 19 fev. 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo**, 2010. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=5651-rces002-10&category_slug=junho-2010-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 3 dez. 2015.
- CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Identificando interfaces entre BIM e a matriz curricular de cursos de Engenharia Civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2013.
- CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, jun. 2014. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634540>>. Acesso em: 14 fev. 2016.
- COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM. **BIM project execution planning guide**. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, 2009.
- DANTAS FILHO, J. B. P.; BORGES, A. V. G.; SOARES, G. N.; SOUZA, D. S. V.; GUERRA, R. S.; CARDOSO, D. R.; NETO, J. P. B. Estado de adoção do *Building Information Modeling* (BIM) em empresas de arquitetura, engenharia e construção de Fortaleza/CE. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- DENZER, A. S.; HEDGES, K. E. From CAD to BIM: educational strategies for the coming paradigm shift. In: ARCHITECTURAL ENGINEERING INSTITUTE 2008 CONFERENCE – BUILDING INTEGRATION SOLUTIONS, 2008, Denver. **Proceedings...** Denver: AEI. Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41002\(328\)6](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41002(328)6)>. Acesso em: 19 fev. 2016.
- DOSSICK, C. S.; LEE, N.; FOLEYK, S. building information modeling in graduate Construction Engineering and Management Education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 15., 2014, Orlando, FL. **Proceedings...** Orlando: ASCE, 2014.
- DURAND, T. Forms of Incompetence. In: SANCHEZ, R.; HEENE, A. (Eds.). **Theory development for competence-based management**, Geenwich: JAI Press, 2000. Disponível em: <<http://www.cmi-strategies.com/wp-content/uploads/2012/05/Thomas-Durand-2000-Forms-of-Incompetence.pdf>>. Acesso em 19 fev 2016.
- DURANTE, F. K.; JUNIOR, R. M.; SCHEER, S.; GARRIDO, M. C. Avaliação de aspectos fundamentais para a gestão integrada do processo de projeto e planejamento com uso do BIM. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- FREIRE, M. R.; AMORIM, A. L. A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. TIC 2011. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.
- HILGENBERG, F. B.; ALMEIDA, B. L.; SCHEER, S.; AYRES, C. Uso de BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. v. 7, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/>

view/51020/55087>. Acesso em: 24 fev. 2016.

INDIANA UNIVERSITY. **Building Information Modeling guidelines and standards for architects, engineers and contractors**. 2010. Disponível em: <<http://www.indiana.edu/~uao/IUBIMGuidelinesandStandards.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2011.

KNUTSEN, E. **BIM-Koordinering**. 2014. Monografia (Curso de Engenharia Civil e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil e Transportes – Instituto Norueguês de Tecnologia (NTNU), Trondheim, Noruega, 2014.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The business value of BIM for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovations with Building Information Modelling**. Bedford, 2014. Smart Market Report. Disponível em: <<https://synchroitd.com/newsletters/BusinessValueOfBIMInGlobalMarkets2014.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

MELHADO, S. B.; **Qualidade de projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007. 224 p.

NARDELLI, E. S. **O estado da arte das TICs e a realidade contemporânea da prática de projeto nos escritórios de arquitetura paulistanos**. São Paulo: Mackenzie, 2009.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National BIM Standard – United Stated Version 3**. 2015. Disponível em: <<https://www.nationalbimstandard.org/nbims-us>>. Acesso em: 21 ago. 2015.

NEEDHAM, C. Project-Level BIMM. **Infocus**. 2009. Disponível em: <<http://virtualbuilding.me/2009/10/01/infocus-newsletter-october-2009>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

NTD ARCHITECTURE. **San Diego Community College District: BIM Standards for architects, engineers & contractors**. 2010. Disponível em: <http://public.sdccdprospn.com/Design/SDCCD_BIM_Standards.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2011.

OLIVEIRA, L. C.; PEREIRA, A. T. C. O uso de tecnologias BIM em escritórios de arquitetura relacionado ao modo de implantação. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

PUPO, R. T. **Ensinar a Fabricar**. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE

INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

RÊGO, R. M.; NUNES, A. F. Conhecimentos e uso de tecnologias BIM por empresas de AEC e por cursos de arquitetura e engenharia civil de Recife: situação e desafios. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, jun. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000200012&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em 14 fev. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212013000200012>.

SOUZA, L. L. A.; LYRIO FILHO, A. M.; AMORIM, S. R. L. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

STEHLING, M. P.; ARANTES, E. M. Contribuições da Tecnologia BIM em processos de projeto na construção civil em Belo Horizonte. TIC 2011. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

STEHLING, M. P.; ARANTES, E. M. Análise do processo de implantação de BIM em empresas de projetos industriais e arquitetônicos em Belo Horizonte. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, jun. 2014. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634542>>. Acesso em: 14 fev. 2016.

WHITEHEAD, H.; KESTELIER, X.; GALLOU, I.; KOCATURK, T. Interview with the Specialist Modelling Group (SMG): The Dynamic Coordination of Distributed Intelligence at Foster and Partners. In: KOCATURK, T.; MEDJDOUB, B. (Ed.). **Distributed Intelligence in Design**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011.

WITICOVSKI, L. C.; SCHEER, S. Utilização de modelagem BIM no processo de integração entre projeto e orçamentação: situação e desafios. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA

CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

WU, W.; ISSA, R. R. A. BIM Education for new careers options: an initial investigation. In: BIM ACADEMIC WORKSHOP 2013, Washington,

D. C. 2013a. **Proceedings...** Washington, D. C., building SMART Alliance. 2013a. Disponível em: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/01/BIM-education-for-new-career-options_an-initial-investigation.pdf>. Acesso em: 19 fev 2016.

Maria Bernardete Barison
barison@uel.br

Eduardo Toledo Santos
etoledo@usp.br