ENSINO DE BIM: TENDÊNCIAS ATUAIS NO CENÁRIO INTERNACIONAL

BIM Teaching: Current International Trends

Maria Bernardete Barison[i] **e-mail| CV Lattes**
Eduardo Toledo Santos[ii] **e-mail| CV Lattes**

Resumo

Existem hoje muitas companhias no mundo todo que estão desenvolvendo projetos utilizando processos BIM. Estas companhias estão procurando profissionais que possam efetivamente trabalhar em projetos BIM. Para atender a esta demanda muitas universidades têm implementado uma variedade de cursos para expor os alunos a esse novo paradigma. Contudo, essas experiências acadêmicas são relativamente novas e baseadas em pedagogias ainda não consolidadas. Com base em revisão da literatura internacional focando experiências didáticas sobre BIM, o presente estudo resume as tendências observadas. São apresentados os principais obstáculos enfrentados no ensino de BIM, exemplos de como superá-los e estratégias de implementação. As estratégias são apresentadas para os níveis: introdutório, intermediário e avançado. Sugere-se o estabelecimento de parcerias entre academia e indústria.

Palavras-chave: *Educação BIM; Pedagogia BIM; Currículo BIM; Modelagem da Informação da Construção; Gerente BIM.*

Abstract

A large number of companies throughout the world are carrying out projects that involve BIM processes. These companies require professional employees who are able to work effectively on projects undertaken with BIM. Several universities have been running a wide range of courses to meet this demand and provide students with experience on this new paradigm. However, this learning experience is relatively new and based on a pedagogical system that has not yet been consolidated. This study draws on a review of the international literature and an investigation of BIM teaching practices to provide a summary of current trends observed in the area. An attempt is made to address the main obstacles encountered with BIM teaching, as well as to give examples of how to overcome them and introduce new strategies at introductory, intermediary and advanced levels. We suggest partnerships between universities and industry..

Keywords: *BIM Education; BIM Teaching; BIM Curriculum; Building Information Modeling; BIM Manager. .*

1. INTRODUÇÃO

Muitas empresas, no mundo todo, estão atualmente desenvolvendo projetos utilizando a Modelagem da Informação da Construção (BIM - *Building Information Model*ing). Estas companhias estão procurando profissionais que possam efetivamente trabalhar com esse novo conceito. Para atender a esta demanda, as escolas têm implementado uma variedade de disciplinas para expor os alunos às novas ferramentas (HOLLAND et al., 2010). Contudo, essas experiências acadêmicas são relativamente novas e baseadas em pedagogias ainda não consolidadas.

Com base em revisão da literatura internacional, o presente estudo apresenta um quadro das tendências atuais para o ensino de BIM. Inicialmente são abordados os possíveis obstáculos e como algumas escolas estão conseguindo superá-los. Em seguida são apresentadas as estratégias utilizadas para introduzir BIM no currículo.

Este estudo faz parte de uma pesquisa de doutorado cujo objetivo é construir um modelo teórico para a introdução de BIM no currículo de cursos de Arquitetura e de Engenharia Civil no Brasil.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

Inicialmente foi realizada uma pesquisa por textos do campo 'Ensino de BIM' e posteriormente foi efetuada uma Análise Textual deles. Entre os critérios para seleção dos textos foram utilizados termos como: '*BIM Education*', '*BIM Course*', '*BIM Teaching*', '*BIM Curricula*', entre outros.

Após um período de busca (2008 a 2009), constituiu-se um acervo para a realização do levantamento. Os textos selecionados constituiram uma base de dados a partir da qual foi possível iniciar a investigação. Outra pesquisa de textos foi realizada no periodo 2010 a 2011, e contribuiu para complementar a base de dados inicial.

Para definir o perfil do campo com maior clareza, foi utilizado o método 'Análise Textual' e, por conseguinte, 'Análise de Conteúdo' (BARDIN, 2004). Este método envolve um processo de categorização qualitativa de dados textuais em grupos de entidades similares ou categorias conceituais. O objetivo é identificar padrões e relacionamentos entre temas, os quais podem ser identificados a priori ou emergir da análise.

Inicialmente buscou-se avaliar o que os textos apresentavam a cerca do campo 'Ensino de BIM'. Depois procurou-se construir uma compreensão a respeito de quatro fenômenos: (a) escolas utilizam diferentes estratégias para ensinar BIM; (b) escolas introduzem BIM no currículo de diferentes formas; (c) escolas enfrentam obstáculos para ensinar BIM e (d) algumas escolas que superam os obstáculos têm se destacado no ensino de BIM.

3. OBSTÁCULOS

Os cursos que estão planejando introduzir BIM no currículo possivelmente enfrentarão alguns obstáculos que podem ser agrupados em três tipos: circunstâncias do ambiente acadêmico, incompreensão dos conceitos de BIM e dificuldades de aprendizagem/utilização das ferramentas BIM (KYMMELL, 2008), conforme pode ser observado na Figura 1.

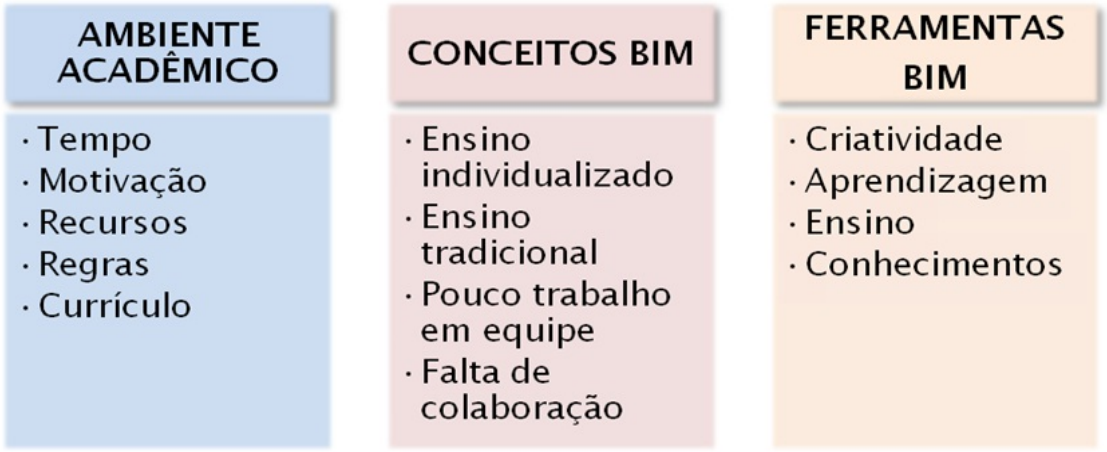

Figura 1 – *Tipos de obstáculos para implementar BIM no currículo*

Uma pesquisa que envolveu 119 escolas de construção nos Estados Unidos constatou que apenas 9% ensinam BIM na graduação (SABONGI, 2009). Os principais obstáculos apontados pelos entrevistados foram: falta de tempo ou recursos para desenvolver um novo currículo, falta de espaço no currículo para incluir novas matérias e falta de materiais específicos para ensinar BIM.

Outra pesquisa que investigou 101 cursos de Arquitetura, Engenharia Civil e Gerenciamento da Construção nos Estados Unidos (BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011) constatou que, além daqueles obstáculos, há falta de professores capacitados para ensinar BIM, que o currículo não é focado em BIM, que sua implementação levaria tempo e que órgãos de acreditação de cursos não especificam regras claras para BIM.

Como os cursos não encontram um espaço no currículo para alocar uma nova matéria, isto faz com que alguns optem por ensinar ferramentas BIM em Ateliê de Projeto. No entanto, o ensino de projeto permanece, até os dias atuais, centrado no ensino da forma e o professor geralmente interage com seus alunos individualmente (SCHEER, 2006).

Um dos conceitos que BIM introduz é a colaboração, mas seu ensino requer a integração de diferentes disciplinas. As instituições são tradicionalmente formadas por departamentos que não interagem entre si. Não são todas as instituições que possuem mais de um curso da área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Além disso, é difícil coordenar os horários dos professores, salas de aula e laboratórios para todas as disciplinas, para grande número de alunos e ao mesmo tempo. Apesar desses desafios, alguns estudos mostraram que é possível ensinar BIM e práticas colaborativas no âmbito de um departamento, entre instituições e também à distância, mas isto requer da escola uma certa infraestrutura (BERWALD, 2008; HJELSETH; 2008; HU, 2007; HEDGES et al., 2008).

Os computadores dos laboratórios muitas vezes são lentos e pode haver políticas em que os arquivos dos alunos são apagados diariamente, o que resulta em perda de dados. A política de TI das escolas geralmente não permite usar um servidor para compartilhar um arquivo central (CHIPLEY, 2010).

As ferramentas BIM, em geral, são caras e os cursos encontram dificuldades para escolher a ferramenta apropriada que, depois de certo tempo, pode se tornar ultrapassada. Além disso, a sua natureza prescritiva faz com que alguns estudantes usem em seus projetos apenas objetos pré-definidos, prejudicando a criatividade. Embora esses objetos possam ser criados pelo aluno, tarefa que toma tempo, há pouco tempo na matéria para ensinar esse procedimento. Uma solução é deixar que o aluno explore a ferramenta BIM e aprenda por conta própria, em pares ou em grupos. Contudo, os estudantes podem achar difícil a criação de superfícies curvas e geometrias complexas, enquanto outros podem se sentir desmotivados para aprender a ferramenta em equipe, que é muito complexa para ser explorada sem nenhum acompanhamento (HORNE; ROUPÉ; JOHANSSON, 2005; SAH; CORY, 2008; TAYLOR; LIU; HEIN., 2008; SCHEER, 2006).

4. SUPERANDO OS OBSTÁCULOS

A partir de 2003 várias universidades no exterior começaram a ensinar ferramentas BIM, mas a grande maioria introduziu BIM entre 2006 a 2009. Excepcionalmente, algumas escolas de engenharia ensinam BIM desde 2000: o *Georgia Institute of Technology*, por exemplo, pesquisa BIM desde o início dos anos 90. As escolas de arquitetura foram as que primeiro iniciaram, onde BIM avançou mais rapidamente e as que hoje possuem maior quantidade de disciplinas que ensinam BIM (BARISON; SANTOS, 2010a; BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011; PAVELKO; CHASEY, 2010). A evolução do Ensino de BIM no período 1990 a 2010 pode ser observada na Figura 2.

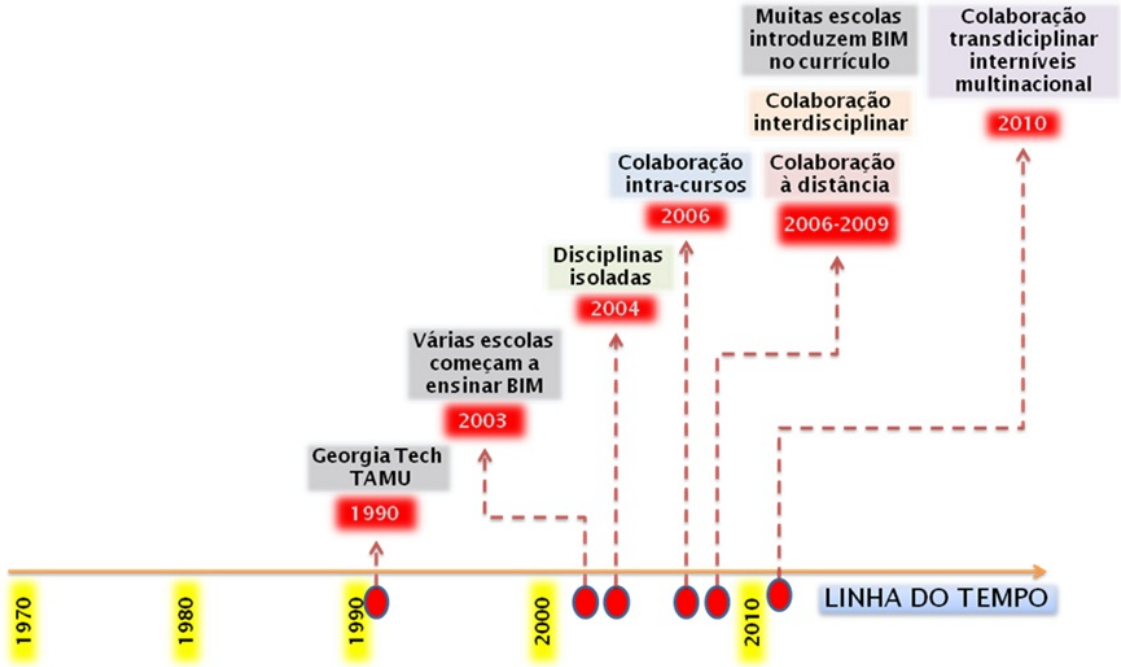

Figura 2 – *Evolução do Ensino de BIM*

Por volta de 2005, algumas universidades começaram a experimentar a colaboração em matérias de Gerenciamento da Construção e Ateliê de Projeto Integrado. Em 2008, BIM passou a ser ensinado em Ateliê de Projeto Interdisciplinar reunindo alunos de até seis diferentes cursos de AEC (BARISON; SANTOS, 2010a; HOLLAND et al., 2010).

A tendência atual é implementar Ateliê de Projeto Inter-níveis e/ou Transdisciplinar. Um exemplo é o *Integrated Construction Leadership Studio,* oferecido pela *Virginia Tech*, que reúne alunos de cursos de AEC de vários níveis. Outro programa em estudo pela mesma escola, chamado *Integrated Real Estate Program* (IREP), incluirá várias matérias ao longo do currículo e integrará alunos de outras disciplinas além de AEC (TAIEBAT; KU; MCCOY, 2010; PISHDAD; BOSORGI; BELLIVEAU, 2010).

A desvantagem do Ateliê de Projeto Interdisciplinar e/ou Interníveis é a falta de experiência de alunos iniciantes que ainda não dominam conceitos e ferramentas BIM. Os modelos por eles desenvolvidos são, às vezes, incompatíveis em termos de precisão, nível de detalhe e posicionamento, dificultando com isto a coordenação. Apesar da interação com alunos mais experientes, o tempo é insuficiente para aprender inúmeras ferramentas BIM. O maior problema do Ateliê de Projeto Transdisciplinar é o envolvimento de professores de diferentes departamentos com valores e escopos geralmente diferentes de seus alunos, sem experiência de colaboração e que adotam diferentes formas de avaliação. Os alunos também possuem

diferenciadas culturas, expectativas, tipos e níveis de conhecimento, percepções e vontade de se envolver com a tecnologia (TAIEBAT; KU; MCCOY, 2010; DOSSICK; PEÑA, 2010; WU; ISSA; GIEL, 2010; DEDERICHS; KARLSHOJ; HERTZ, 2011).

5. ESTRATÉGIAS UTILIZADAS

A indústria considera BIM mais importante para atividades de estimativas de custo e planejamento das etapas da obra. No entanto, a maioria das escolas usa BIM para ensinar coordenação 3D, visualização de projetos e atividades de construtibilidade (PAVELKO; CHASEY, 2010; BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011).

As escolas adotam basicamente duas abordagens: ensinar BIM em uma ou duas matérias ou utilizar BIM em várias matérias do currículo, conforme pode ser observado na Figura 3.

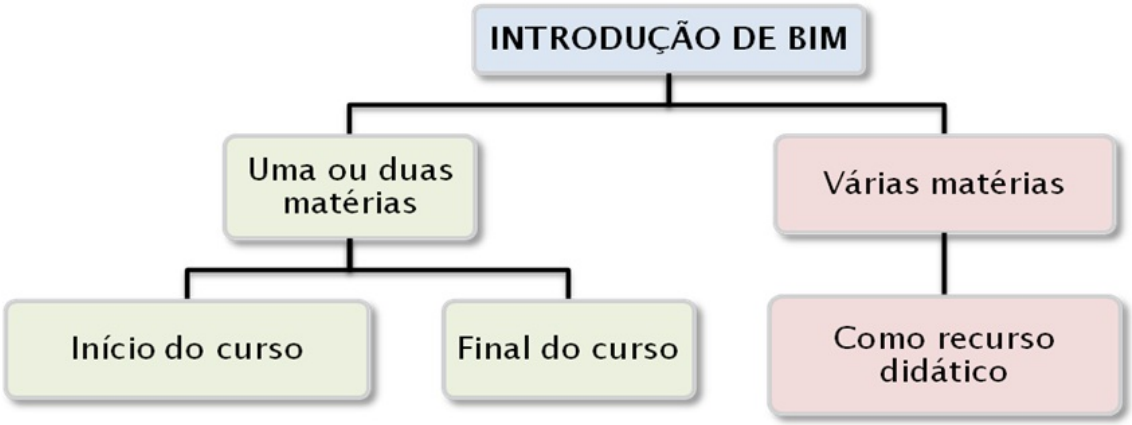

Figura 3 – *Estratégias utilizadas para implementar BIM no currículo*

Na primeira abordagem a ferramenta BIM é geralmente ensinada em uma matéria do início do curso e em outra do final do curso. Na segunda abordagem o modelo BIM é utilizado como um recurso para ajudar o aluno a compreender determinados conteúdos. O professor pode criar uma ferramenta para verificar algum fator no BIM, como por exemplo, a segurança da obra ou o aluno pode criar uma ferramenta que envolva o processo BIM como, por exemplo, um sistema automatizado de verificação de conformidade com códigos (PAVELKO; CHASEY, 2010; RAJA et al., 2010; STRELZOFF; SULBARAN; PERCY, 2010).

Independente da abordagem adotada, as escolas estão introduzindo BIM em diferentes matérias do currículo, que podem ser agrupadas em oito categorias: Representação Gráfica Digital, Workshop, Ateliê de Projeto, Disciplina Específica de BIM, Tecnologia da Construção, Gerenciamento da Construção, Trabalho de Conclusão de Curso e Estágio Curricular. A predominância é ensinar BIM em Ateliê de Projeto, mas existem casos em que os ateliês são integrados com outras matérias. A Disciplina Específica de BIM pode ser eletiva ou integrar o currículo, ser oferecida isoladamente ou ser integrada com outras matérias, geralmente no Ateliê de Projeto. Da mesma forma, os workshops podem ser isolados ou integrados com algumas matérias e às vezes são oferecidos pela Internet para estudantes e profissionais (BARISON; SANTOS, 2010a).

Nos cursos de arquitetura, BIM é ensinado principalmente nos anos finais da graduação e na pós-graduação. A maioria das escolas de arquitetura introduz BIM em Ateliê de Projeto. A segunda opção mais frequente é ensinar BIM em matérias relacionadas com Representação Gráfica Digital e a terceira é oferecer uma matéria específica BIM (eletiva ou obrigatória). Também é comum a opção de ensinar BIM em matérias de

Gerenciamento da Construção e oferecer um Workshop (BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011; BARISON; SANTOS, 2010a).

Na engenharia, BIM é ensinado principalmente do 2° ao 4° ano. A maioria dos cursos de Engenharia Civil introduz BIM em uma matéria específica, porém outras opções significativas são ensinar BIM em Ateliê de Projeto, em matérias relacionadas com Representação Gráfica Digital e em Gerenciamento da Construção (BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011; BARISON; SANTOS, 2010a).

No geral, BIM é mais ensinado no final da graduação, mas a maioria dos cursos que intencionam introduzir BIM planejam fazê-lo nos anos iniciais do currículo (BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011).

Para ensinar colaboração, as escolas têm adotado quatro abordagens: disciplinas isoladas, colaboração intra-cursos, interdisciplinar e à distância (BARISON; SANTOS, 2010a; SANTOS e BARISON, 2011) e, mais recentemente, a colaboração inter-níveis e/ou transdisciplinar. No entanto, a grande maioria das escolas que introduziu BIM o fez em apenas uma disciplina e poucas estão tentando simular as práticas integradas (BARISON; SANTOS, 2010a; SANTOS e BARISON, 2011).

Até 2010 não havia relatos de experiências acadêmicas multinacionais especificamente de ensino de BIM (BARISON; SANTOS, 2010a). Entretanto, em 2011 aconteceu uma experiência desse tipo com alunos de quatro nacionalidades e que estudam em quatro diferentes países (BRITO et al., 2011).

6 ESTRATÉGIAS DE ENSINO EAPRENDIZAGEM DE BIM

As estratégias de ensino/aprendizagem de BIM podem variar de acordo com o nível de competência que se deseja alcançar. Existem basicamente três níveis: introdutório, intermediário e avançado (BARISON; SANTOS, 2010a), que estão sintetizados na Figura 4.

6.1 Nível Introdutório

Neste nível, BIM pode ser ensinado em matérias relacionadas com Representação Gráfica Digital. O propósito é desenvolver algumas das competências de um Modelador BIM e também de um Facilitador BIM. Para cursar esta matéria não é preciso conhecer CAD, nem ter habilidades em computação (BARISON; SANTOS, 2010b).

Os objetivos são aprender ferramentas BIM, de preferência aquelas mais utilizadas na área; obter uma boa fundamentação em conceitos BIM; explorar conceitos básicos de modelagem e entender como comunicar diferentes tipos de informação. As ferramentas BIM podem ser ensinadas por meio de palestras, workshops e laboratório. Os alunos resolvem exercícios e fazem pequenos trabalhos individuais para praticar a ferramenta BIM. Recomenda-se que o aluno primeiro faça modificações num modelo existente antes de iniciar a modelagem de um projeto (BARISON; SANTOS, 2010b; TAIEBAT; KU; MCCOY, 2010; BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009).

Em seguida, os alunos desenvolvem o modelo de um pequeno edifício (ou partes dele) com área usualmente inferior a 600 metros quadrados para, a partir dele, extrair quantidades, aprender a manipular o modelo e aprender os tipos de componentes básicos e seus comportamentos. Recomenda-se o projeto de uma residência unifamiliar moderna. A modelagem pode ser acompanhada de métodos analógicos, esboços e axonometrias para que os alunos tenham o contato com proporções físicas (BARISON; SANTOS, 2010b, BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009).

O aluno de arquitetura pode criar a volumetria do edifício, fazer uma pesquisa sobre um componente primário (portas, janelas, brises e mobília) e, com base na pesquisa, desenvolver e detalhar um novo componente. O aluno de engenharia pode identificar um componente de sua escolha nas áreas de estruturas e/ou instalações, listar as informações necessárias para a sua construção, categorizar essas informações ao longo do ciclo de vida, esquematizar a ligação e gerenciamento dessas informações e planejar o compartilhamento dessas informações com outras disciplinas (KOCH; HAZAR, 2010; BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009).

A avaliação pode incluir uma verificação baseada em exercícios individuais (componentes ou modelos simples), provas escritas sobre os conceitos BIM e apresentação de trabalhos (BARISON; SANTOS, 2010b).

6.2 Nível Intermediário

Neste nível, BIM pode ser ensinado em Ateliê de Projeto Integrado e matérias de Tecnologia da Construção. O propósito é desenvolver algumas das competências de um Analista BIM e ampliar as habilidades de um Modelador BIM. Como pré-requisitos, o aluno deve conhecer fundamentos de projeto, representação gráfica e ter experiência em uma ferramenta BIM (BARISON; SANTOS, 2010b).

Os objetivos são aprender outras ferramentas BIM, técnicas avançadas de modelagem 3D, conhecer sistemas do edifício e explorar funcionalidades de famílias na ferramenta BIM (BARISON; SANTOS, 2010b; BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009).

Um ateliê que foca em projeto paramétrico pode explorar técnicas mais abstratas como a criação de parâmetros e fórmulas para criação de formas em processos de Projeto Generativo. Um ateliê que foca em sustentabilidade pode explorar a realização de análises, simulações e visualização do modelo. Um ateliê que foca em documentos da construção pode explorar a criação de elementos arquitetônicos, detalhes em 3D, listagem de materiais, criação de especificações e geração de documentações (BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009; BARISON; SANTOS, 2010b; LIVINGSTON; 2008; KORMAN; SIMONIAN, 2010).

Os alunos desenvolvem um modelo BIM em grupos, em que cada indivíduo assume um papel específico. Recomenda-se a rotação de papéis, pois a divisão de papéis desencoraja a aprendizagem individual e o aluno se torna um especialista em determinado assunto. Quando é também exigida a entrega individual, há risco de o aluno cair num silo e ver seu projeto dependendo de outros, neutralizando assim o trabalho em equipe e prejudicando a familiarização do aluno com outras disciplinas (TAIBAT; KU; MCCOY, 2010; HOLLAND et al., 2010; DEDERICHS; KALSHOJ; HERTZ, 2011; WU; ISSA; GIEL, 2010).

O maior desafio desta abordagem é o fator tempo, que deve ser utilizado para aprender algumas ferramentas, fazer a modelagem e desenvolver atividades analíticas. Uma solução viável é o professor fornecer um modelo já completado para que os alunos façam vários tipos de análises. Se houver tempo para o aluno modelar, o professor deve fornecer a documentação eletrônica 2D completa e uma descrição do projeto a ser modelado. Antes de iniciar a modelagem, o aluno deve aprender padrões BIM, contratos, configuração de protocolo de modelagem e compartilhamento de arquivo central (BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009; KORMAN; SIMONIAN, 2010; CHIPLEY; 2010; TAIBAT; KU; MCCOY, 2010).

Na experiência de Korman e Simonian (2010) os alunos verificam os sistemas na seguinte ordem: estrutura, ar-condicionado, instalações sanitárias, proteção contra incêndios, hidráulica, elétrica, automação, telefonia e comunicação. Cada equipe une os modelos individuais em um modelo BIM comum, detecta interferências, prepara relatórios de revisão, resolve conflitos, extrai quantidades, planeja etapas da obra e analisa custos. As equipes se reúnem uma vez por semana para coordenar o projeto e atualizar o plano de implementação BIM. Cada aluno revisa seu projeto e apresenta pedidos de informação *ou Request For Information* (RFI) sobre os problemas detectados que exigem uma solução de engenharia. Os professores do curso, que representam os 'engenheiros' responsáveis pelos sistemas, respondem aos RFI.

O projeto a ser modelado pode ser de um pequeno edifício já construído, com forma razoavelmente retangular, de estilo moderno, que permita explorar importantes questões de projeto e, de preferência, ter entre 1000 e 5000 metros quadrados e, que esteja localizado dentro ou nas proximidades da universidade. O aluno pode desenvolver soluções de projeto sustentável para melhorar o ambiente físico do prédio. No caso de edifícios com certificação LEED, o aluno pode aprender além da ferramenta BIM, conceitos de sustentabilidade e como seria o projeto se BIM fosse utilizado. O aluno também pode visitar o prédio para identificar lacunas entre o modelo e o projeto real, sanar dúvidas sobre detalhamento, conversar com o proprietário e/ou responsável pelo projeto e/ou construção, ter acesso aos dados de operação e manutenção, além de poder comparar o desempenho real com o projetado (WU; ISSA; GIEL, 2010; RASHED-ALI et al., 2010; BARISON; SANTOS, 2010b; BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009).

A avaliação pode incluir apresentação dos arquivos em formato nativo, de ferramentas de integração e detecção de interferências, CAD, IFC e PDF, além de demonstração do modelo, processos utilizados na modelagem e lições aprendidas (KORMAN; SIMONIAN,

2010).

6.3 Nível Avançado

No nível avançado, BIM é ensinado em Gerenciamento da Construção e em Ateliê de Projeto Interdisciplinar ou também conhecido como 'Ateliê de Colaboração Profissional'. O propósito é desenvolver algumas das competências de um Gerente BIM. Como pré-requisitos, o aluno deve ter conhecimentos de tecnologia da construção, materiais e métodos de construção, prática profissional e ter experiência na utilização das principais ferramentas BIM (BARISON; SANTOS, 2010b).

Os objetivos são aprender técnicas de BIM e processos relacionados tais como a interoperabilidade, conceitos e ferramentas de gerenciamento BIM, implementação de BIM, estudos de casos, processo de formação de equipes e dinâmicas de equipes (BARISON; SANTOS, 2010b; MCCUEN; FITHIAN, 2010).

Um único projeto ao longo da matéria é suficiente. Os alunos desenvolvem um modelo BIM em equipe, mas com alunos de outros cursos. O professor não faz a distribuição tradicional de papéis: as equipes são criadas pelos próprios alunos por meio de auto-seleção baseada em preferências individuais e habilidades, mas com o auxílio do professor (HYATT, 2011; BARISON; SANTOS, 2010b; MCCUEN; FITHIAN, 2010; DEDERICHS; KARLSHOJ; HERTZ, 2011; STARZYK; MCDONALD, 2010).

O projeto a ser abordado deve ser um pouco mais complexo, real, ter entre 5000 e 15000 metros quadrados, de preferência que esteja em processo de construção e em local de fácil acesso para visitas dos estudantes, com informações (plantas e detalhes) disponíveis aos alunos e, se possível, que seja escolhido pelos próprios alunos. Para isso é necessário manter contato com empresas de construção civil para conseguir apoio na permissão de uso dos projetos e acompanhamento. Eles podem fornecer para os alunos os documentos ainda não modificados dos projetos de uma construção real que esteja em andamento. O proprietário do edifício assumiria o papel de cliente, e juntamente com os projetistas dariam *feedback* e participariam das avaliações (BARISON; SANTOS, 2010b; SALAZAR; VADNEY; ECCLESTON, 2010; HOLLAND et al., 2010).

Uma desvantagem desta abordagem é que os professores têm menos controle sobre os projetos e a experiência dos alunos pode variar dependendo do nível de colaboração do representante da empresa. Outra desvantagem é o tamanho variável dos projetos, que pode exigir mais trabalho do professor. Quando as instituições envolvem clientes da indústria para patrocinar os projetos, elas devem definir como eles serão envolvidos, o tipo dos projetos e quais serão os benefícios para os alunos (ARNOLD, 2010).

Os alunos de cada curso devem criar um modelo relevante para sua respectiva disciplina. Nesta fase, o problema principal é a comunicação devido às diferenças nas ontologias de diferentes disciplinas (BARISON; SANTOS, 2010b). Os alunos Os alunos planejam um fluxo de trabalho para o projeto e o atualizam de acordo com a necessidade (HOLLAND et al., 2010). A apresentação final deve incluir uma banca composta de professores, consultores do projeto real e, se possível, o proprietário do edifício e o construtor, que fariam a revisão do projeto comparando o cronograma e os custos do projeto real com o projeto dos estudantes (HOLLAND et al., 2010).

A avaliação pode se basear na forma como o projeto foi realizado, nas apresentações visuais e verbais do BIM, leituras, análise de casos BIM, participação em sala de aula, relatórios de visitas técnicas, integração dos membros e lições aprendidas (BARISON; SANTOS, 2010b; HOLLAND et al., 2010). Os estudantes também podem ser avaliados com base na extensão com que eles abordaram e integraram os objetivos de pré-construção na proposta final, tal como a divisão do trabalho (*Work Breakdown Structure* - WBS), custeio, planejamento das aquisições, planejamento pelo método do caminho crítico (*Critical Path Method* - CPM) e planejamento de minimização de riscos para a segurança (TAIEBAT; KU; MCCOY, 2010).

Os modelos BIM construídos pelos alunos podem ser avaliados em termos de sua capacidade de superar problemas de arquitetura e de engenharia, quanto ao nível de conteúdos de informação do modelo BIM/IFC, além da precisão e organização (BARISON; SANTOS, 2010b).

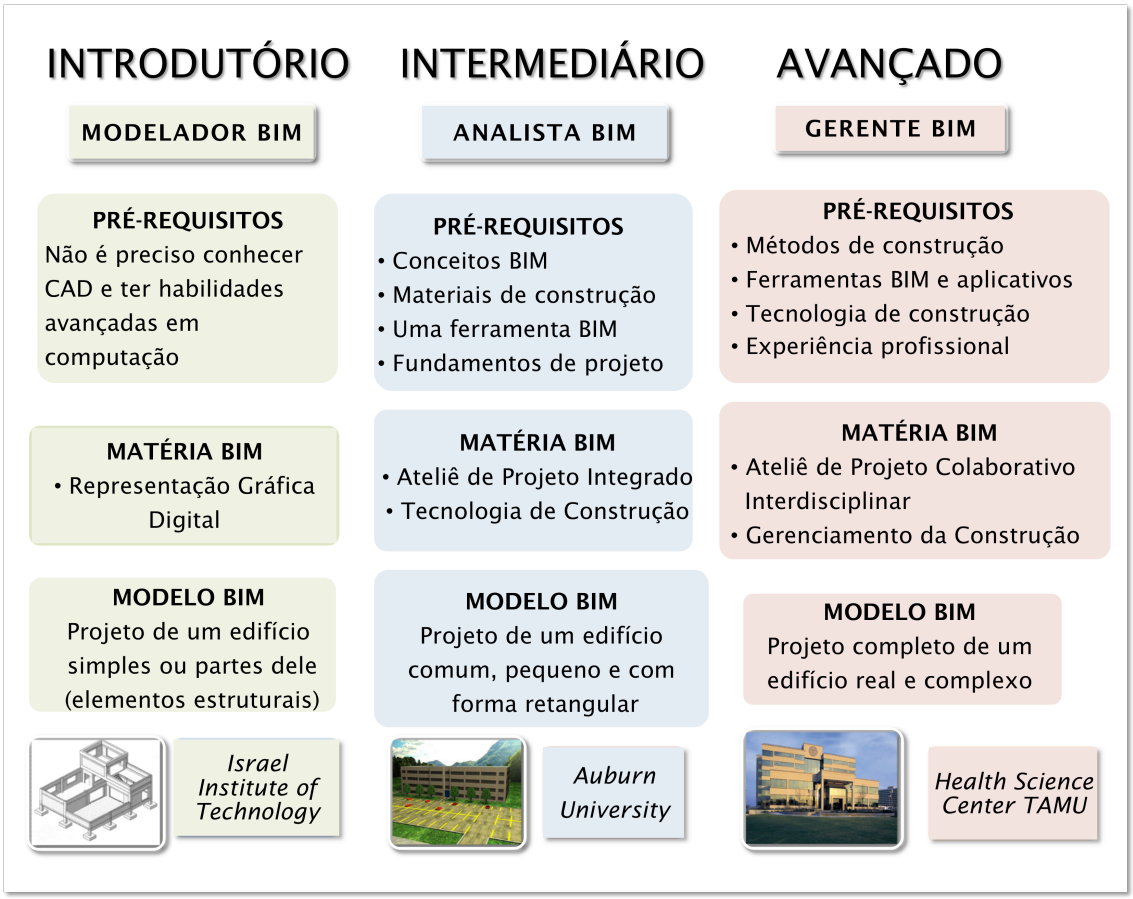

Figura 4 – *Níveis de proficiência em BIM* ***Fonte:*** *Barison e Santos (2010b)*

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As universidades têm um papel importante nesta transição, que é fazer com que a próxima geração de profissionais entendam BIM como um processo que suporta o trabalho em colaboração (LOCKLEY, 2011).

O primeiro passo para implementar BIM em um currículo é saber quais são os níveis de proficiência em BIM que um aluno deve alcançar, ou seja, identificar competências BIM e determinar como e quanto tempo deve ser gasto no currículo para desenvolvê-las. Em Barison e Santos (2011) é possível encontrar um elenco de competências do Gerente BIM. Contudo, mais pesquisas sobre competências de especialistas BIM se faz necessário.

A metodologia de ensino BIM deve se aplicar às metas de cada nível. Nos três níveis são A equipe responsável pelo Ateliê de Projeto Integrado ou Interdisciplinar deve possuir um coordenador, um professor assistente, um professor de cada disciplina para dar atendimento aos alunos e colaboradores da indústria para dar consultoria. Os desafios logísticos podem ser parcialmente resolvidos determinando uma hora de reuniões com todas as turmas de ateliês de projeto no mesmo espaço físico. O professor de projeto recomendadas aulas em laboratório e palestras sobre ferramentas BIM, conceitos e tópicos da indústria. As palestras devem ser ministradas por professores e especialistas BIM. Também é importante revisar estudos de caso, fazer visitas a empresas e canteiros de obras, atividades que são essenciais para o aluno entender a sequência de um projeto (BARISON; SANTOS, 2010b; HYATT, 2011).

A aprendizagem baseada na resolução de problemas (*Problem Based Learning* - PBL) e/ou a aprendizagem baseada em projetos (*Project Based Learning* - PBL) são apropriadas para o desenvolvimento de projetos BIM com equipes de estudantes em que o professor assume um novo papel: o Gerente BIM do Projeto (HJELSETH, 2008; HEINTZ, 2010).

não precisa saber como usar a ferramenta BIM, uma vez que o professor de TI sabe e pode lhe dar o suporte e vice-versa. Professores mais experientes de outras universidades podem ser convidados para ministrar cursos virtuais e assim, ajudar aos professores iniciantes (HOLLAND et al., 2010; BROWN; PEÑA; FOLAN, 2009; RASHED-ALI et al., 2010; HEINTZ, 2010).

O desenvolvimento do modelo BIM deve ser auxiliado por tutores e completado com a aprendizagem autodirigida. Inicialmente os alunos podem trabalhar com um colega mais experiente para adquirir o conhecimento necessário e mais tarde serem introduzidos às práticas integradas, primeiro com alunos do mesmo curso e, posteriormente, com alunos de outros programas. Se as escolas não têm outros programas para simular a prática integrada, elas devem utilizar práticas colaborativas de aprendizagem à distância. Contudo, antes de trabalhar com alunos de outros programas ou universidades, os estudantes devem ser instruídos sobre os papéis dos membros e suas profissões e ter experiências prévias em colaboração com o suporte de BIM (BARISON; SANTOS, 2010b).

Os recursos didáticos devem estar em acordo com o padrão *Industry Foundation Classes* (IFC), com as ferramentas BIM adequadas para cada disciplina, devem incluir jogos e ambientes virtuais de teleconferência e *chat*, tais como laboratórios, ateliês, web log público, wikis para o processamento, acesso, apresentação, avaliação, debates e apresentações dos projetos. Recomenda-se texto digital com componentes de auto-avaliação e recursos audiovisuais como a gravação de palestras e oficinas, livros, relatórios, artigos, *webinars* e módulos de ensino de BIM contendo exercícios interativos e desenvolvidos com a participação de profissionais da indústria (BARISON; SANTOS, 2010b; HEINTZ, 2010; WU; ISSA; GIEL, 2010; CLEVENGER et al., 2010; HYATT, 2011).

Como o conceito de interoperabilidade é um dos maiores obstáculos na implementação de BIM pela indústria, os professores deveriam se esforçar para apoiar padrões abertos (BARISON; SANTOS, 2010b). Para resolver o problema de compatilhamento de arquivo central, recomenda-se usar um único servidor (HEINTZ, 2010) e compartilhar BIM por meio de computação em núvem (PUDDICOMBE; LUTZ; STEPHENSON, 2010).

A academia e a indústria devem estabelecer parceria para transferência de conhecimento. Alunos e professores se beneficiam ganhando experiência, identificando temas de pesquisa e produzindo materiais didáticos significativos. As empresas se beneficiam resolvendo problemas de projeto de forma inovadora (COATES; ARAYICI; KOSKELA, 2010; POLLOCK, 2010).

Ao invés de tentar forçar uma mudança no currículo, a academia deveria primeiro envolver-se com a indústria promovendo BIM ou pensamento colaborativo em sua equipe de pesquisa, ensino e consultoria (LOCKLEY, 2011). Por outro lado, a indústria deve estar disposta a investir na academia, tendo tempo para visitar a sala de aula, discutir com professores e alunos as tendências e cenários atuais, compartilhar modelos genéricos e fornecer aos estudantes materiais atuais para que pratiquem os conhecimentos que aprenderam (PAVELKO; CHASEY, 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnold. A. (2010). "Construction Industry Involvement in the Capstone Senior Design Class." *Proc., 2010, ASEE Annual Conference and Exposition,* American Society for Engineering Education, Louisville, KY, <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=23788> (Feb. 10, 2011).

Barison, M. B., and Santos, E. T. (2010a). "BIM Teaching Strategies: an Overview of Current Approaches." *Proc., ICCCBE 2010 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering.* University of Nottingham, Nottingham, UK, <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf289.pdf> (Feb. 10, 2011).

Barison, M. B., and Santos, E. T. (2010b). "Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum." *Proc., CIB W78 2010 27th International Conference,* Virginia Tech, Cairo, Egypt, 1-10, < http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2010-83.pdf> (Feb. 10, 2011).

Barison, M. B., and Santos, E. T. (2011). "Competencies of BIM Specialists: Comparative Analysis of Literature Review and Job Ad Descriptions." *Proc., ASCE 2011Workshop of Computing in Civil Engineering,* ASCE, Miami, FL. 594-602, <http://dx.doi.org/10.1061/41182(416)73> (Feb. 10, 2011).

Bardin, L. (2004). Análise de Conteúdo, Edições 70, Lisboa, 3nd ed., 1977.

Becerik-Gerber, B., Gerber, D. and Ku, K. (2011). "The pace of Technological Innovation in Architecture, Engineering and Construction Education: integrating recent trends into the curricula." *Electronic Journal of Information Technology in Construction,* 16, 412-431, <http://www.itcon.org/data/works/att/2011_24.content.09244.pdf> (May 2, 2011).

Berwald, S. (2008). "From CAD to BIM: The Experience of Architectural Education with Building Information Modeling." *Proc., AEI 2008 Building Integration Solutions 2008*, The Architect Engineering Institute, Denver, CO.

Brito, J. N. de S., Kehl, C., Isatto, E. L., and Formoso, C. T. (2011). "International Collaborative Construction Management: Lições aprendidas e o papel da Tecnologia da Informação." *Proc., TIC 2011 V Encontro de Tecnologia de Informações e Comunicação na Construção*, Rede BIM Brasil, Salvador, Brazil.

Brown, N. C., Peña, R. B., and Folan, J. (2009). "Teaching BIM: Best Practices for Integrating BIM into Architectural Curriculum?" *Autodesk University 2009*, < http://aucache.autodesk.com/au2009/sessions/5267/AU09_TeachingBIM_ED122_1.pdf> (May. 2, 2011).

Chipley, M. (2010) "Moving Beyond BIM - Essential Skills for Next Generation Engineers." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Clevenger, C. M., Ozbeck, M. E., Glick, S., and Porter, D. (2010) "Integrating BIM into Construction Management Education." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Coates, P., Arayici, Y., and Koskela, L. (2010) "Using the Knowledge Transfer Partnership model as a method of transferring BIM and Lean process related knowledge between academia and industry: A Case Study Approach." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Dederichs, A. S., Karshoj, J. and Hertz, K. (2011) "Multidisciplinary Teaching: Engineering Course in Advanced Building Design." *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice,* 37, 12-19. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000030

Dossick, C. S., and Peña, R. B. (2010) "Bringing Together 'A', 'E' and 'C' in a Problem-based Collaborative Studio." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Hedges, K. E., Denzer, A. S., Livingston, C., and Hoistad, M. (2008). "Socially Responsible Collaborative Models for Green Building Design." *Proc., AIA Research for Practice Program Grant,* University of Wyoming, Laramie, WI.

Heintz, E. (2010). "Transforming Design Education." *Proc., 3rd International Conference on Internet Technologies and Applications,* iTAP, Wuhan City, China.

Hjelseth, E. (2008) "A Mixed approach for SMART learning of building SMART." *Proc., ECCPM 2008 eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*. Alain Zarli and Raimar Scherer, London, UK.

Dossick, C. S., and Peña, R. B. (2010) "Bringing Together 'A', 'E' and 'C' in a Problem-based Collaborative Studio." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Holland, R., Messner, J., Parfitt, K., Poerschke, U., Pihlak, M., and Solnosky, R. (2010). "Integrated Design Courses Using BIM as the Technology Platform." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Horne, M., Roupé, M., and Johansson, M (2005). "Building Information Modeling for visualization in AEC Education." *Proc., 5th International Conference of Construction Applications of Virtual Reality,* INESC-ID, Durham, NC. <http://virtual.inesc.pt/convr2005/papers/7_.pdf> (Jun. 28, 2011).

Hu, W. (2007). "Implementing a Simultaneous Construction Model to Educate Undergraduates in Collaboration." *Proc., Annual Conference of the ASEE,* American Society for Engineering Education, Honolulu, HI, <http://icee.usm.edu/icee/conferences/asee2007/papers/2152_IMPLEMENTING_A_SIMULTANEOUS_CONSTRUCTION.pdf> (Jul. 22, 2008).

Hyatt, A. B. (2011). "A Case Study in Integrating Lean, Green, BIM into an Undergraduate Construction Management Scheduling Course." *Proc., 47th ASC Annual International Conference,* Associated School of Construction, Omaha, NE. <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2011/paper/CEUE304002011.pdf> (May 2, 2011).

Koch, D., and Hazar, D. (2010) "Integrating BIM into mechanical, electrical and plumbing (MEP) construction management curriculum." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May, 2, 2011).

Korman, T. M., and Simonian, L. G. (2010) "Enhancing Student Learning of Mechanical, Electrical, and Plumbing Coordination through the use of Building Information Modeling." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Kymmell, W. (2008) "Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations." McGraw Hill, New York, NY.

Livingston, C. (2008) "From CAD to BIM: Constructing Opportunities in Architectural Education." *Proc., Architectural Engineering National Conference 2008: Building Integration Solutions.* ASCE, Denver, CO.

Lockley, S. (2011) "BIM and Education". *BIM Report,* Riba Enterprises LTD, London, 37, 12-19, < http://www.thenbs.com/pdfs/bimResearchReport_2011-03.pdf> (Apr. 7, 2011).

McCuen, T., and Fithian, L. (2010) "Team Processes and Dynamics Demonstrated in Interdisciplinary BIM Teams." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Pavelko, C., and Chasey, A. D. (2010) "Building Information Modeling in Today's University Undergraduate Curriculum." *Proc,. The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Pishdad, P. B., Bosorgi, A., and Belliveau, Y. J. (2010) "Towards promoting a collaborative mindset-reaping the benefits of big-BIM in an integrated Real Estate program." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington

D.C.,<http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Pollock, A. (2010) "Collaborate - Adapt – Innovate." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Puddicombe, M. S., Lutz, M. and Stephenson, P. (2010) "Building Information Modeling - Necessary but not Sufficient: A Cross Functional Perspective." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Raja, J. Q., Issa, R. A., Hinze, J., and Olbina, S. (2010) "Integrating of Construction Safety in Design and Construction Education through the use of BIM." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Rashed-Ali, H., Solovyova, I., Ohlenbusch, D., and Rees, M. (2010) "Integration and Interdisciplinarity in the Design Studio, an Experimental Approach." *Proc., National Solar Conference,* American Solar Energy Society, Phoenix, AZ. <http://www.ases.org/papers/117.pdf> (May 10, 2011).

Sabongi, F. J. (2009) "The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: an analysis of undergraduate courses." *Proc., 45th Annual Conference of ASC,* Associated School of Construction, Gainesville, FL., <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2009/paper/CEUE90002009.pdf> (May 2, 2011).

Salazar, G., Vadney, T. J., and Ecleston, D. (2010) "Collaborative Term Project between Worcester Polytechnic Institute & Boston Architectural College." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Sah, V., and Cory, C. (2008) "Building Information Modeling: An Academic Perspective." *Proc., IAJC-IJME International Conference,* International Association of Journal and Conferences, Nashville, TN. <http://www.ijme.us/cd_08/PDF/196%20IT%20301.pdf> (Oct. 29, 2009).

Santos, E. T., and Barison, M. B. (2011) "BIM e as Universidades." *Revista Construção Mercado,* Editora Pini Ltda., São Paulo, 115 <http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/o-desafio-para-as-universidades-formacao-de-recursos-humanos-208417-1.asp> (Dec. 29, 2011).

Scheer, D. R. (2006) "*From an Educational Perspective: BIM in the Architectural Curriculum.*" Government/Industry Forum, October 31, 2006, National Academies' Federal Facilities Council, Washington D.C.

Starzik, G. F., and McDonald, M. (2010) "The Collaborative Dance: Only Three Steps." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C.,<http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Stelzoff, A., Sulbaran, T., and Percy, C. (2010) "Teaching BIM Code Compliance through Interdisciplinary Student Collaboration." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Taiebat, M., Ku, K., and McCoy, A. (2010) "BIM in Integrated Learning Environments for Construction: The Students' Perspectives." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Taylor, J. M., Liu, J., and Hein, M. F. (2008) "Integration of Building Information Modeling into an ACCE accredit construction management curriculum." *44th ASC Annual International Conference,* Associated Schools of Construction, Auburn, AL. <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2008/paper/CEUE246002008.pdf> (May 2, 2011).

Wu, W., Issa, R. R. A., and Giel, B. (2010) "Integrated BIM and Sustainability Curriculum." *Proc., The BIM-Related Academic Workshop,* Salazar and Raymond Issa, Washington D.C., <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf> (May 2, 2011).

Agradecimentos

Os autores agradecem CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte a esta pesquisa.

DADOS DOS AUTORES

(i) Doutoranda em Engenharia de Construção Civil e Urbana da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) | e-mail:barison@uel.br |CVLattes: http://lattes.cnpq.br/1548146429892238

(ii) Professor Doutor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo| e-mail: eduardo.toledo@poli.usp.br |CV Lattes: http://lattes.cnpq.br/8615127367466231