



## A INSERÇÃO DO BIM NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**Pedro A. I. Pereira** – pedroaipereira@gmail.com

**Rochele A. Ribeiro** – rochele@ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia Civil

Rodovia Washington Luís, km 235 – SP 310

CEP 13565-905 – São Carlos – São Paulo

**Resumo:** Neste artigo é abordada a investigação sobre as condições atuais da formação universitária do aluno em Engenharia Civil no que diz respeito à capacitação no uso da plataforma BIM (Building Information Modelling) no cenário nacional. Por meio de pesquisa bibliográfica e avaliação de questionários respondidos por professores de universidades brasileiras, esta pesquisa teve como objetivo principal levantar as estratégias pedagógicas para a abordagem da plataforma BIM no ensino de graduação da Engenharia Civil, considerando a Resolução CES/CNE 11 (MEC, 2002). Os resultados apontam como estratégia a inserção do BIM nos três núcleos da formação do currículo do curso, sendo cada abordagem compatível com o nível de formação do aluno e as suas necessidades de capacitação. Por fim, este trabalho, junto aos demais analisados na revisão bibliográfica, apoia o ensino de BIM como um tema essencial para formação do profissional em Engenharia Civil.

**Palavras-chave:** BIM; Ensino na Graduação; Engenharia Civil.

### 1. INTRODUÇÃO

O sucesso no desenvolvimento do projeto de edificações e de construção civil depende, sobretudo, da habilidade em compatibilizar diferentes informações acerca dos elementos envolvidos no processo. O desenvolvimento da obra envolve diversos condicionantes, como informações sobre especificações de materiais, custos de mão de obra, tempo de execução, compatibilização das instalações de infraestrutura, entre outros, que precisam ser gerenciados simultaneamente no processo de planejamento e execução. Desta forma, o profissional em Engenharia Civil deve integrar todas estas informações de maneira sistemática e acurada para a melhor tomada de decisão de planejamento e cumprimento do cronograma de obra proposto (HABITARE, 2003a; 2003b).

Assim, a Engenharia Civil recorre a ferramentas computacionais para otimizar o processo de elaboração dos projetos de edificações, tendo como principal expoente o Desenho Assistido por Computador ou *Computer-Aided Design* (CAD). Entretanto, devido à complexidade cada vez maior dos projetos de construção, é fundamental agregar informações em dados alfanuméricos (custos, quantidade de material, qualidade do material, p. ex.) na



entidade espacial, possibilitando um manejo integrado destas informações. Uma solução para esta questão é lançar mão da Modelagem da Informação da Construção, conhecido como BIM – *Building Information Modelling*.

Ao contrário do modelo 3D na linguagem CAD, que representa apenas as feições tridimensionais dos elementos do edifício, no modelo BIM é permitida a associação de informações acerca dos componentes que compõe estes elementos. Ou seja, no modelo BIM, os elementos construtivos são vinculados a atributos gráficos, tridimensionais, quantitativos e paramétricos, permitindo a geração de documentos descritivos da obra, como representações bidimensionais (ex: plantas-baixas, cortes, fachadas, detalhes), análises de desempenho dos materiais (ex: acústica, conforto térmico), planilhas de orçamento e cronograma físico-financeiro. Além disto, por meio da plataforma BIM é possível o desenvolvimento de um projeto colaborativo, que permite a intervenção de diversas equipes responsáveis no projeto, considerando as atualizações do projeto de forma consistente, não redundante e síncrona (SMITH e TARDIV, 2009; CEROVSEK, 2011; EASTMAN et. al., 2011).

A formação dos profissionais em Engenharia Civil no uso da plataforma BIM é uma preocupação crescente nos cursos de graduação e nas pesquisas no meio universitário, sendo mais evidente no cenário internacional, mas em crescimento no cenário nacional. Por conseguinte, identifica-se a necessidade de uma estratégia pedagógica que possa melhor integrar os conhecimentos da aplicação da ferramenta BIM com as necessidades do ensino do Desenho e Projeto na Engenharia Civil em todos os âmbitos: arquitetônicos, estruturais, de infraestrutura, dentre outros.

Portanto, neste artigo é abordada a investigação sobre as condições atuais da formação universitária do aluno em Engenharia Civil no que diz respeito à capacitação no uso da plataforma BIM no cenário nacional. Por meio de pesquisa bibliográfica e avaliação de questionários respondidos por professores de universidades brasileiras, esta pesquisa teve como objetivo principal levantar as estratégias pedagógicas para a abordagem da plataforma BIM no ensino de graduação da Engenharia Civil. Como objetivos secundários, apontam-se: (i) Levantar pesquisas científicas que abordam a questão da inserção do BIM no ensino de graduação; (ii) Levantar o perfil do corpo docente dos cursos de Graduação que trabalham com o BIM, dando ênfase ao cenário nacional; (iii) Levantar as possibilidades de inserção integrada do BIM nas disciplinas no curso de graduação em Engenharia Civil, considerando a Resolução CES/CNE 11 (MEC, 2002). Espera-se que os resultados desta pesquisa possam subsidiar definições de estratégias pedagógicas para viabilizar a inserção do tema BIM no ensino da graduação em Engenharia Civil, por meio de um direcionamento integrado e multidisciplinar da abordagem do BIM no currículo das disciplinas do curso.

## **2. CLASSIFICAÇÃO DAS ETAPAS DE USO DO BIM**

A inserção da plataforma BIM na elaboração e documentação de projetos na engenharia e arquitetura é um processo em andamento crescente no contexto mundial, apesar de serem observados diferentes estágios de adoção da plataforma. Segundo PORWAL e HEWAGE (2013) são identificados quatro níveis de maturidade no uso de ferramentas computacionais para desenvolvimento de projetos: (1) Nível zero, caracterizado pelo uso do CAD2D como ferramentas de entidades bidimensionais, como linhas, arcos, textos, entre outros; (2) Nível um, caracterizado pelo uso do CAD 2D e 3D simultaneamente, com elaboração de modelos tridimensionais; (3) Nível dois, como o uso do BIM, no qual é



permitida a parametrização dos objetos e o desenvolvimento do projeto colaborativo; (4) Nível três, caracterizado por uma integração e interoperabilidade dos dados por meio da internet, com ênfase na gestão do ciclo de vida da construção.

Enquanto que no cenário internacional encontram-se pesquisas e desenvolvimento de projetos nos níveis dois e três (SUCCAR, 2009; SACKS, 2010; LEE, 2012; ZHANG, 2013) no cenário brasileiro, apesar de pesquisas já apontarem a investigação em níveis um e dois (COELHO e NOVAES, 2008; MONTEIRO, 2011; ANDRADE, 2012; SANTOS e BARISON, 2013), a maturidade do uso de ferramentas computacionais nos projetos em Engenharia Civil, na maior parte, encontram-se no nível zero.

Por fim, após a implantação do BIM como método de trabalho, muitos autores apontam que a adoção completa não ocorre de imediato, mas, sim, ao longo de uma sequência de estágios, até seu completo entendimento. (TOBIN, 2008) (SUCCAR, 2009) (JERNIGAN, 2007). Segundo RUSCHEL et al., 2011, TOBIN, 2008 e SUCCAR, 2009, os estágios da implantação do BIM são classificados em três:

- **ESTÁGIO 1.** Com enfoque na modelagem paramétrica, a tecnologia é utilizada apenas como uma ferramenta específica das disciplinas de representação gráfica, pois o processo de trabalho ainda é individualizado, sem envolvimento e colaboração de demais disciplinas do curso. Geralmente, fica restrito a uma fase específica do processo (projeto, construção ou operação).
- **ESTÁGIO 2.** Com enfoque na colaboração, a tecnologia tem um caráter multidisciplinar entre uma ou duas fases do processo de projeto, envolvendo até dois temas diferentes, como, por exemplo, arquitetura e estrutura, ou gerenciamento de custos. O desenvolvimento do trabalho conta com a interoperabilidade das informações do projeto, possibilitando a manipulação de um único modelo tridimensional entre todas as equipes envolvidas no trabalho. O processo também é interativo e ainda assíncrono, mas com melhoria na interoperabilidade entre as equipes envolvidas.
- **ESTÁGIO 3:** Com enfoque na criação compartilhada e colaborativa do modelo da edificação de forma síncrona por meio da integração em rede, o desenvolvimento do trabalho contempla análises complexas já nos estágios iniciais de concepção, como, por exemplo, análise de conflitos projetuais, pois são ampliadas as possibilidades de interoperabilidade por meio de protocolos abertos e ambientes de trabalho virtuais, na busca de que todos os agentes envolvidos no empreendimento possam contribuir coletivamente dentro das especificidades de suas disciplinas

### **3. O BIM NO ENSINO DA GRADUAÇÃO**

Com o constante crescimento da adoção do BIM pelas empresas do mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), as escolas de Arquitetura e Engenharia Civil tem buscado implementar disciplinas na graduação para expor os alunos aos desafios do desenvolvimento do projeto paramétrico e colaborativo (HOLLAND, 2010). Segundo BARISON E SANTOS (2011), a partir de 2003, o ensino de BIM começa a ser inserido internacionalmente nos cursos da AEC, porém essa prática se intensificou entre 2006 e 2009, relacionado com estratégias e abordagens ligadas ao nível de competência que o aluno deve alcançar em relação à atividade que será exercida na prática profissional.



De acordo com a Resolução CES/CNE 11 (MEC, 2002), referência para a elaboração dos currículos dos cursos de graduação em Engenharia, incluindo o de Engenharia Civil, a organização da grade curricular é dividida em três núcleos: (i) O núcleo de conteúdos básicos, que representa cerca de 30% da carga horária mínima; (ii) O núcleo de conteúdos profissionalizantes, que representa cerca de 15% de carga horária mínima e o (iii) O núcleo de conteúdos específicos constituído por atividades de extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo de conteúdos profissionalizantes, representando o restante da carga horária total. Por ser um conjunto de disciplinas e/ou atividades propostas exclusivamente pela IES, abordam conhecimentos científicos, tecnológicos e instrumentais necessários para a definição das modalidades de engenharia e devem garantir o desenvolvimento das competências e habilidades estabelecidas nestas diretrizes. Mesmo não sendo previstos conteúdos relacionados ao BIM nesta resolução, em alguns cursos de Engenharia Civil encontram-se abordagens sobre o tema por meio de pesquisas em nível de graduação e pós-graduação, bem como experiências no uso em disciplinas de desenvolvimento de projetos.

Entretanto, as experiências acadêmicas que abordam o BIM são novas e baseadas em pedagogias ainda não consolidadas. Segundo SABONGI (2009), apenas 9% das escolas de construção norte-americanas abordam o ensino de BIM nos cursos de graduação, tendo como principais entraves: a falta de tempo ou recursos para remodelação dos currículos, bem como a falta de estrutura das universidades e professores preparados, com materiais específicos relacionados ao ensino da tecnologia. RUSCHEL et al (2013), baseada em diversas experiências didáticas pesquisadas, concluíram que, no cenário nacional, o BIM vem sendo implantado de maneira gradual e com pouca eficácia nos cursos de Arquitetura, Engenharia e Construção, e os principais problemas associados foram os mesmos destacados por SABONGI (2009). Percebeu-se que a experiência internacional é bem mais amadurecida que a encontrada no Brasil, abordando o BIM em vários momentos da formação do profissional durante o curso da graduação, justificada também por uma demanda de mercado nestes países, pois a implantação de BIM por empresas internacionais vem acontecendo de maneira mais efetiva e rápida.

Portanto, no sentido de desenvolver uma estratégia de ensino, as universidades estão procurando, à medida que o uso da tecnologia BIM se difunde, alguma forma de inseri-la dentro do contexto acadêmico, buscando entender o papel do BIM e de que maneira este sistema vem influenciando na maneira de se projetar; ou seja, não limitar o seu uso como apenas um “pacote de softwares”, mas também como um exercício de colaboração, sustentabilidade e gestão dos recursos. (ROMCY et al, 2013 apud KENSEK, 2012).

#### **4. METODOLOGIA**

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido em três etapas. Na primeira etapa foi feito um levantamento bibliográfico sobre: (a) A conceituação de BIM, bem como suas características e vantagens; (b) A evolução das tecnologias de representação gráfica sob um contexto histórico; (c) A abordagem da plataforma BIM no ensino e no mercado de trabalho, com um foco maior na educação, tanto no cenário nacional, quanto no internacional; (d) As pesquisas na área de ensino da Engenharia Civil integradas ao BIM; (e) Os projetos pedagógicos dos cursos de Graduação em Engenharia Civil das universidades brasileiras. Na segunda etapa, realizou-se um levantamento de dados, por meio da elaboração de um questionário, sobre o conhecimento da comunidade acadêmica a respeito do BIM. Por último,



foi feita uma análise qualitativa das respostas obtidas pela aplicação dos questionários, considerando a viabilidade de inserção de conceitos BIM nas disciplinas de Desenho e Projeto de forma integrada e multidisciplinar.

O questionário usado para o levantamento dos dados desta pesquisa se apresenta inicialmente com uma série de perguntas com o objetivo de conhecer o perfil do respondente. Perguntas a respeito da universidade a qual está vinculado, área de atuação, tempo de formação e tempo de experiência docente fizeram parte desta etapa do questionário. Posteriormente questionou-se se o respondente utilizava a tecnologia BIM em sua atividade docente. Se a resposta fosse sim, iniciava-se uma série de questões a respeito do tempo de utilização da ferramenta BIM, nível de experiência, estágio de aplicação no uso da modelagem nas atividades docentes e as mudanças que foram mais notáveis após a inserção do BIM na sua atividade docente; caso contrário, ele iria diretamente para perguntas mais gerais a respeito do tema, considerando sua experiência acadêmica e conhecimento sobre o assunto. Questões sobre os possíveis entraves na implementação da tecnologia na educação fizeram parte desta etapa do questionário. Por fim, perguntou-se em que momento do curso de graduação de Engenharia Civil o docente achava mais coerente a possível inserção do BIM e quais aspectos sobre a formação de profissionais de AEC o docente achava relevante dentro do contexto do BIM.

Este questionário foi enviado via web para aproximadamente 400 professores dos cursos de Engenharia Civil de 42 universidades públicas e 14 universidades privadas do país, por meio de informações de endereços eletrônicos disponibilizados nos sites dos departamentos. A plataforma computacional utilizada para o envio do questionário foi o Google Docs®, pois oferece o recurso para envio via e-mail ou acesso por meio de um link. Trata-se de uma plataforma de manuseio gratuito, fácil e rápido, cujos dados informados pelos que respondem às perguntas são armazenados em uma planilha, gerando automaticamente um resumo contendo os valores absolutos, percentuais e gráficos quantitativos dos valores das respostas. Este questionário ficou disponível para ser respondido durante três meses.

## 5. RESULTADOS

O resultado do levantamento de dados por meio do questionário está baseado em 48 respostas completas, as quais representam 12% do espaço amostral de 400 docentes que foram enviados os questionários. Dentre os respondentes, a maioria era de universidade pública (89,6%), que são locais onde há uma maior concentração no desenvolvimento de pesquisas e estudos das mais diversas áreas.

Quanto ao perfil do respondente, 81% responderam que possuem mais de 15 anos de formados (graduação), não obtendo nenhuma resposta que indicasse um tempo inferior a 5 anos de formação. Já em relação ao tempo total de experiência docente, 62% possuem mais de 15 anos de docência, contra 17% no intervalo de 1 a 5 anos de experiência na área acadêmica. Relacionando essas duas questões, podemos observar um perfil comum nas universidades: a maioria dos docentes tem um tempo de formação relativamente extenso, bem como o tempo de docência. Isto se deve ao fato de que, para se tornar docente nas universidades, as pessoas passam pelos níveis de pós-graduação (mestrado e doutorado), o que leva em torno de 6 anos



para ser concluído. É raro encontrarmos professores muito jovens ou com pouco tempo de formação até mesmo nas universidades privadas.

Quanto à área de atuação, observa-se que a maioria encontra-se no campo da Construção Civil (35%), seguido pelos campos de Hidráulica, Saneamento e Meio Ambiente (19%); Geotecnia (6%); Transportes (10%); Estruturas (25%) e Arquitetura e Urbanismo (4%). Em um primeiro momento, a baixa porcentagem de docentes relacionados com a área de Arquitetura e Urbanismo pode parecer um dado equivocado, pois é o campo de atuação que se encontra atualmente uma maior probabilidade em implantar o BIM em relação às demais áreas. Porém, a explicação para este quadro deve-se ao fato de que o número de professores que atuam neste campo é reduzido nos cursos de graduação em Engenharia Civil, justificado pela reduzida carga horária de disciplinas ligadas à este campo, em contrapartida com a área de Construção Civil, cujas disciplinas formam o cerne do curso.

Sobre a utilização da tecnologia BIM na atividade docente, 73% declararam não utilizá-la. Dos 27% que disseram sim, 83% a utilizam há menos de 5 anos. Ou seja, vemos que a tecnologia BIM é ainda pouco difundida no meio acadêmico e, por isso, sua utilização ainda é bem restrita. Isto também é determinado por se tratar de uma tecnologia recente, sobre a qual o conhecimento ainda é incipiente.

Relacionando a experiência no uso da ferramenta BIM nas atividades docentes com os diversos níveis acadêmicos, foram questionadas as atividades nas áreas da graduação, pós-graduação, subdividindo-as em atividades de ensino e pesquisa, além da extensão. No âmbito do ensino na graduação, a ferramenta BIM ainda é pouco abordada na maioria das atividades, pois apenas 20% das respostas apontam atividades com conteúdo prático e teórico sobre o tema, e 24% não aborda BIM na sua área de atuação. Nas atividades de pesquisas em nível de graduação, 14% tem a ferramenta BIM como tema principal da atividade. Analisando a pós-graduação observa-se praticamente o mesmo cenário apontado na graduação, pois a maioria das respostas indica não abordar a tecnologia BIM em sua atividade acadêmica. O uso do BIM se restringe ainda mais nas atividades de extensão, onde somente 5% usam a ferramenta como tema principal da atividade.

Para os que abordam BIM em suas atividades acadêmicas, de acordo com os estágios definidos por RUSCHEL *et al* (2011), TOBIN (2008) e SUCCAR (2009), os resultados obtidos sugerem que o principal enfoque da abordagem BIM encontra-se no Estágio 1 (58%), caracterizado pela a modelagem paramétrica, em seguida com atividades dentro do Estágio 2 (26%), com o enfoque no interoperabilidade e colaboração assíncrona e, por último, o Estágio 3 (16%), com a prática integrada síncrona.

No questionário, listaram-se algumas possíveis mudanças benéficas que a inserção de BIM traria com o seu uso, para que os docentes as analisassem e as classificassem em uma escala de 1 a 5, onde 1 representa nenhuma mudança e 5 grandes mudanças, de acordo com a experiência de cada um. Logo, 63% conseguiram ver avanços na antecipação de problemas de projeto e facilidade na visualização dos mesmos; 57% disseram que houve grandes melhorias na riqueza de detalhes dos projetos; 37% observaram mudanças de baixo a médio impacto no sentido de melhoria da compatibilidade entre projetos e 47% afirmam grandes melhorias na redução de erros de representação gráfica. Desta forma, vemos que, em todos os pontos analisados, foram indicadas melhorias do desenvolvimento dos projetos com a utilização da ferramenta. Além disto, foi aberto um espaço para que os docentes acrescentassem outras mudanças que eles julgassem importantes, sendo que, dentre as mudanças listadas, as mais citadas foram a melhoria do trabalho em equipe e visão integrada do ciclo de vida do empreendimento pela tecnologia BIM.



Especificamente sobre a implantação da tecnologia BIM na área acadêmica, alguns aspectos são considerados influentes, e estes foram classificados pelos respondentes numa escala de 1 a 5, onde 1 representa pouco influentes e 5 muito influentes. O aspecto apontado como mais influente para a implantação da tecnologia BIM foi a disponibilidade de infraestrutura de ensino de BIM nas universidades, como laboratórios, hardwares e softwares, pois 94% das respostas indicam que se trata de uma questão de elevada importância na implantação do BIM na área acadêmica. Em seguida, os aspectos também apontados com influência alta foram: uma maior integração entre as disciplinas do curso (81%), compatibilidade com as ferramentas CAD já consolidadas (79%), o acesso a materiais didáticos (73%) e a resistência à adoção do BIM, por julgar ser uma tecnologia ainda não consolidada no meio acadêmico (69%). Os respondentes também puderam acrescentar outros aspectos influentes na implantação do BIM nas universidades, dos quais merece destaque a necessidade de engajamento do corpo docente para a mudança de metodologia e normas específicas sobre o assunto.

Por fim, em relação ao melhor momento da grade curricular do curso de Engenharia Civil que o conteúdo BIM deve ser adotado, com base na Resolução CES/CNE 11 (MEC, 2002), foram obtidas as seguintes respostas: 48% acreditam que a implantação do BIM deve ser no núcleo de conteúdos específicos; 41% no núcleo de conteúdos profissionalizantes e 10% no núcleo de conteúdos básicos. Em complementação a esta pergunta, alguns docentes destacaram que o conteúdo BIM deve ser inserido em mais de um momento no curso de Engenharia Civil; já outros acreditam que ele deva ser abordado com caráter informativo, tendo um papel de coadjuvante no processo de ensino da Engenharia Civil.

Os gráficos contendo os resultados das respostas do questionário podem ser visualizados no Anexo 1.

## 6. CONCLUSÃO

De acordo com o levantamento de dados obtido pela aplicação dos questionários, é possível observar que o conhecimento da tecnologia BIM ainda é restrito, mesmo na área acadêmica, onde há maiores probabilidades em abordar novas tecnologias e novos horizontes de conhecimento. Isto se deve ao fato do paradigma BIM ser recente e ainda não consolidado, sendo inserido, tanto na educação, quanto no mercado de trabalho, a passos lentos e de forma conservadora na Engenharia Civil (RUSCHEL, R. *et al*, 2013). É uma realidade que está diretamente associada à resistência da comunidade acadêmica a mudanças e ao não conhecimento do manejo da tecnologia BIM.

Para efetivar a implantação do ensino de BIM no meio acadêmico, a infraestrutura das universidades é um ponto crucial, visto que foi o aspecto considerado mais relevante pelos docentes que responderam o questionário. Por esse motivo, um dos grandes entraves à inserção do BIM nos cursos de Engenharia Civil é a falta de estrutura no que diz respeito à capacitação física, como laboratórios, hardwares e softwares, e a capacitação profissional dos docentes e técnicos.

Diante deste cenário, ao se pensar em que momento dos cursos de Engenharia Civil os conceitos de BIM devem ser inseridos, primeiramente, segundo BARISON e SANTOS (2011), deve-se saber quais os níveis de conhecimento em BIM que o discente deve ter, e quanto tempo será dispensado do currículo para o ensino deste tema. Estando definido este aspecto, uma estratégia apontada nos resultados é a inserção do BIM nos três núcleos da



formação do currículo do curso, sendo cada abordagem compatível com o nível de formação do aluno e as suas necessidades de capacitação.

Desta forma, o BIM, em nível introdutório, deve ser inserido no ciclo básico do currículo do curso de Engenharia Civil, associado às disciplinas de Expressão Gráfica, como a de Desenho Auxiliado por Computador e Desenho Técnico, trazendo em seu conteúdo uma abordagem inicial da conceituação do BIM e da modelagem paramétrica, equivalente ao Estágio 1. Outro momento de inserção do BIM pode ser feito no núcleo de conteúdos profissionalizantes, uma vez que este estágio do curso requer um maior conhecimento do aluno sobre materiais e métodos construtivos, investindo no conhecimento sobre modelagens, trabalho em equipe, análise de conflitos e integração entre disciplinas, em uma abordagem equivalente ao Estágio 2. Por fim, ao final do curso de graduação, seria importante uma abordagem avançada do BIM, equivalente ao Estágio 3, explorando os princípios de interoperabilidade, gerenciamento, conflitos de projetos e simulações em 4D (que considera, além das dimensões do projeto, a variável “tempo” na modelagem) e 5D (que considera a variável “custo” no projeto, além das dimensões e tempo). Assim, como se trata de um processo gradual e evolutivo, cada nível deve ser inserido de acordo com a disponibilidade de recursos nas universidades, bem como o conhecimento do corpo docente a respeito do assunto.

Por fim, este trabalho, junto aos demais analisados na revisão bibliográfica, apoia o ensino de BIM como um tema essencial para formação do profissional em Engenharia Civil. Acredita-se que, em breve, o conhecimento desta tecnologia será um ponto decisivo nas contratações pelas empresas de AEC, logo, é importante que as universidades estejam alinhadas à demanda de conhecimentos exigida pelo mercado de trabalho e, desta forma, preparar seu corpo docente, discente e sua estrutura física e curricular atingir estes objetivos.

### ***Agradecimentos***

*Os autores agradecem o CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico que beneficiou esta pesquisa com uma bolsa de Iniciação Científica do Programa Unificado de Iniciação Científica e Tecnológica.*

## **7. REFERÊNCIAS**

ANDRADE, Max Lira Veras Xavier de. Projeto performativo na prática arquitetônica recente: estrutura conceitual. Campinas, SP: [s.n.], 2012. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Tendências Atuais para o Ensino de BIM. V TIC – Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Salvador, 2011.

CEROVSEK, Tomo. A review and outlook for a ‘Building Information Model’ (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. *Advanced Engineering Informatics* 25 (2011) 224–244



COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso Carlos, Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. (2008) Disponível em: <[www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO\\_2008.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf)> Acesso em maio 2013.

EASTMAN, Chuck et. al. (2011) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2nd edition.

HABITARE. Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional - Vol. 2. 2003a. Acesso em: 20 Out 2008. Disponível em: [http://www.habitare.org.br/publicacao\\_coletanea2.aspx](http://www.habitare.org.br/publicacao_coletanea2.aspx)

\_\_\_\_\_. Normalização e Certificação na Construção Habitacional - Vol.3. 2003b. Acesso em: 20 Out 2008. Disponível em: [http://www.habitare.org.br/publicacao\\_coletanea3.aspx](http://www.habitare.org.br/publicacao_coletanea3.aspx)

HOLLAND, R.; MESSNER, J.; PARFITT, K.; POERSCHKE, U.; PIHLAK, M.; SOLNOSKY, R. Integrated Design Courses Using BIM as the Technology Platform. Disponível em: <<http://php.scripts.psu.edu/users/r/1/rls5008/CV/Linked%20Papers/Holland%20et%20al%202010%20Integrated%20Design%20Courses%20Using%20BIM%20as%20the%20Technology%20Platform.pdf>> Acesso em: 10 mai. 2014.

JERNIGAN, F. Big BIM little BIM: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way! Salisbury: 4 Site Press, 2007. 323 p.

KENSEK, K. M. Advancing BIM in Academia: Explorations in Curricular Integration. Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education. IGI Global, 2012.

LEE, Seung-Il et. al. Efficiency analysis of Set-based Design with structural building information modeling (S-BIM) on high-rise building structures. Automation in Construction 23 (2012) 20–32

MEC – Ministério da Educação. Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002 » Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, 2002.

MONTEIRO, Ari. Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM. 2011. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

PORWAL, Atul, HEWAGE, Kasun N. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. Automation in Construction 31 (2013) 204–214



ROMCY, N. M. S.; CARDOSO, D. R.; MIRANDA, N. M. BIM e Ensino: Experiência Acadêmica Realizada na Universidade Federal do Ceará. VI TIC – Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Campinas, 2013.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; SALES, A. A.; MORAIS, M. O Ensino de BIM: Exemplos de Implantação em Cursos de Engenharia de Arquitetura. V TIC – Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Salvador, 2011.

SABINO, W. CAD-BIM-GIS: Integração de Soluções. 2008. Acesso em: 20 Out 2008. Disponível em: <http://pasta.ebah.com.br/download/cad-bim-gis-integracao-de-solucoes-wolmar-sabino-ppt-7866>

SABONGI, F. J. The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: an analysis of undergraduate courses. In: 45<sup>th</sup> Annual Conference of Associated Schools of Construction, 2009. Disponível em: <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2009/paper/CEUE90002009.pdf> Acesso em: 28 mai. 2014.

SACKS, Rafael et. al. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in Construction* 19 (2010) 641–655

SANTOS, Eduardo Toledo; BARISON, Maria Bernardete. Bim e universidades. *Revista Construção e Mercado*. Disponível em: <http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/o-desafio-para-as-universidades-formacao-de-recursos-humanos-208417-1.asp> Acesso em maio 2013.

SMITH, D. K. e TARDIF, M. (2009) *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*, John Wiley & Sons Inc., New Jersey

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

TOBIN, J. Building Information Modeling for tertiary construction education in Hong Kong. *Journal of Information Technology in Construction*. Sept. 2011. Disponível em: [http://www.itcon.org/cgi-bin/works/Show?2011\\_27](http://www.itcon.org/cgi-bin/works/Show?2011_27) Acesso em: 10 mai. 2014.

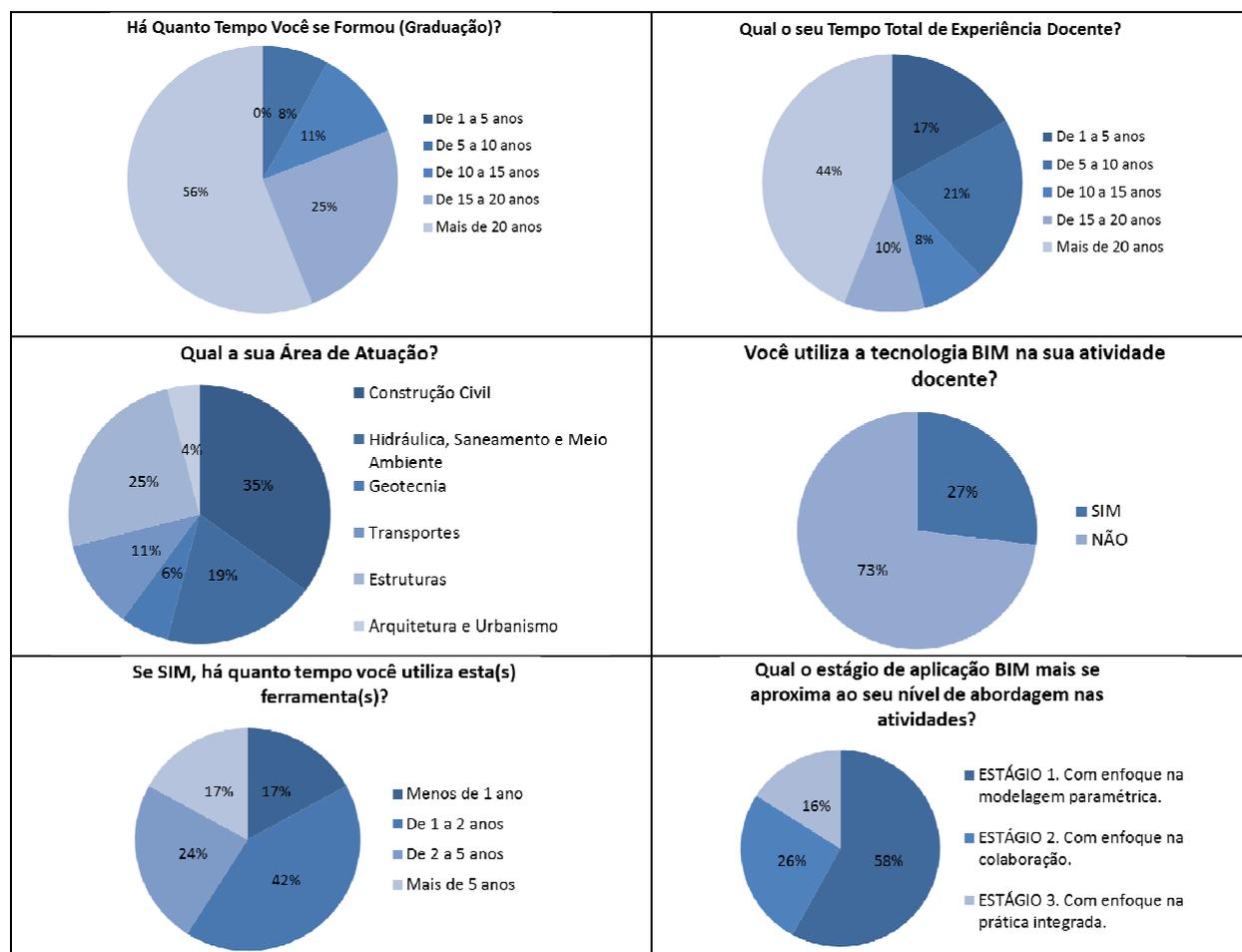
ZHANG, Sijie et. al. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction* 29 (2013) 183–195

## BIM ISSUES IN THE CIVIL ENGINEERING UNDERGRADUATE COURSE

**Abstract:** This article is about the actual skills of undergraduate students of Civil Engineering Course related to BIM issues. The research goal was find pedagogical strategies to teach BIM concept in undergraduate course, considering the Brazilian normative resolutions (MEC, 2002). Through bibliography research and questionnaire evaluation, answered by professors of Brazilian universities, it is possible to suggest a strategy that inserts BIM topics in three different stages of undergraduate course, according with the level skills of the student and his formation needs. Finally, this work agrees with the bibliography review, supporting that the BIM teaching as an essential issue for professional qualifications of Civil Engineering undergraduate students.

**Key-words:** BIM; Building Information Modelling; Civil Engineering; Undergraduate course

### ANEXO 1 – Gráficos dos resultados do questionário



ANEXO 1 – Gráficos dos resultados do questionário (continuação)

