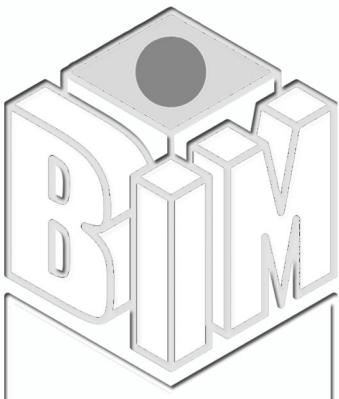


R E D E



B R A S I L

**modelagem da
informação da construção
uma experiência brasileira em BIM**

Sergio Scheer
Eduardo Toledo Santos
Sergio Roberto Leusin de Amorim
Arivaldo Leão de Amorim
(Orgs.)

LIVRO-RELATÓRIO



Expediente

Instituições de Educação Superior

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Universidade de São Paulo - USP

Universidade Federal Fluminense - UFF

Universidade Federal da Bahia - UFBA

Projeto Gráfico e Capa

Viviane Helena Kuntz

Impressão

Imprensa Universitária - UFPR

Apoio

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -
CAPES

M698 Modelagem da informação da construção: uma experiência
brasileira em BIM. / Sergio Scheer, (org.) ... [et al.].. – Curitiba:
UFPR, 2013.
554p. : il.. 24cm

ISBN: 978-85-87801-24-1

1. Construção civil - Projetos. 2. Tecnologia da informação
- Administração. I. Universidade Federal do Paraná. II. Scheer,
Sergio (org.). III. Santos, Eduardo Toledo (org). IV. Amorim,
Sergio Roberto Leusin de. (org). V. Amorim, Arivaldo Leão de
(org). VI. Título.

CDD: 624.0681

Sumário

Dedicatória	7
Agradecimentos	9
Organizadores	11
Autores	15
Apresentação	23
Prefácio	25
<hr/>	
Parte 1 - BIM, referencial conceitual, educação e mercado	
<hr/>	
Capítulo 1 - BIM como Modelagem da Informação da Construção	
Processos de projeto, sistemas CAD e modelagem de produto para edificações	29
<hr/>	
Capítulo 2. BIM como inovação em AEC	
Modelagem da informação da construção como inovação tecnológica	41
<hr/>	
Capítulo 3. Um pouco de história: modelagem de produto na construção	
Modelagem de Produto	63
Modelagem de Produto na Indústria da Construção	81
<hr/>	
Capítulo 4. Processo de projeto com tecnologia BIM	
Diferentes abordagens do uso de CAD no processo de projeto arquitônico	97
Compatibilização de projetos: comparação entre o BIM e o CAD2D	109
<hr/>	
Capítulo 5. BIM numa abordagem em níveis de modelagem	
Abordando a BIM em níveis de modelagem	127

Capítulo 6. Sobre classificação de componentes e organização da informação na construção	
A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM – uma abordagem teórica	143
Capítulo 7. Interoperabilidade e desafios	
Experimentos de interoperabilidade e metodologia para medição da eficiência	157
Capítulo 8. BIM no ensino	
Tendências atuais para o ensino de BIM	171
Um estudo teórico sobre a introdução de BIM no currículo	189
O paradigma BIM: competências necessárias e estratégias para sua inserção em cursos de engenharia civil	205
Capítulo 9. Difusão da tecnologia BIM por pesquisadores brasileiros	
A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil	221
Capítulo 10. BIM - competências e perfis profissionais	
Competências de Especialistas BIM: uma Análise Comparativa da Revisão da Literatura e Anúncios de Emprego	251
Capítulo 11. Uso de BIM no mercado	
Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas	265
Impactos do uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: oportunidades no Mercado Imobiliário	281
Estudo de caso sobre a adoção do paradigma BIM em escritórios de arquitetura em Salvador – BA	297
Capítulo 12. Estratégias de implantação de BIM em empresas	
Abordagem para a introdução do BIM em empresas	

Parte 2 - Pesquisa, desenvolvimento e aplicações

Capítulo 1. Desenvolvimentos para alvenaria de blocos de concreto

Utilização do CAD-BIM para projeto de alvenaria de blocos de concreto 341

Algumas abordagens para representação detalhada de elementos de paredes de alvenaria em ferramentas BIM 353

Representação do projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em um CAD-BIM 369

Capítulo 2. Fluxo de informação e processo de quantificação

Utilização de modelagem BIM no processo de integração entre projeto e orçamentação 387

Quantificação Automática em Projetos de Construção Civil 403

Capítulo 3. Desenvolvimento de ferramentas para acesso a modelos IFC

Sugestão para o desenvolvimento de uma ferramenta de metacompilação de classes Java para acesso a modelos IFCXML em alto nível 419

Explorando softwares com código aberto para visualização e geração de quantitativos a partir de modelos IFC 435

Capítulo 4. BIM, eficiência energética e sustentabilidade ambiental em edificações

A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído 445

Estudo de viabilidade do uso de BIM para mensurar impactos ambientais de edificações por energia incorporada e CO₂ incorporado 463

BIM como instrumento de apoio à introdução da ecoeficiência em projetos de biotérios	473
Capítulo 5. Aplicações em Realidade Virtual e modelos em IFC	
Realidade Virtual e visualização científica aplicadas em treinamento técnico na construção brasileira	489
Capítulo 6. Potencial da BIM em processo de licenciamento de obras	
Potencial de implementação da BIM no processo de aprovação de projetos de edificação na Prefeitura Municipal de Curitiba	507
Capítulo 7. BIM, escaneamento a laser e documentação arquitetônica	
Nuvem de pontos na criação de modelos BIM: aplicações em documentação arquitetônica	519
Capítulo 8. BIM e simulação térmica	
Investigação sobre ferramentas computacionais de avaliação do desempenho térmico apropriadas ao contexto BIM, para aplicação em projetos de HIS	539
Índice Remissivo	549



Dedicatória

Ao espírito inquisidor e colaborativo que habita em cada pesquisador.

Agradecimentos

Cabe o reconhecimento e os agradecimentos a sempre diligente atenção prestada pelos técnicos da CAPES que atenderam as demandas da coordenação do projeto.

À agência de fomento CAPES, registram-se aqui os agradecimentos pelos recursos para execução das atividades propostas.

Cabe também o reconhecimento da importância e reconhecimento do apoio conseguida em cada IES participante.

Ainda vale lembrar o aumento de amplitude da rede pelo interesse na temática central, com adesão de pesquisadores de outras instituições.

E por fim, oportuno se referenciar e agradecer o respeito mútuo e clima de camaradagem com boa produtividade conseguido entre os coordenadores e pesquisadores integrantes da rede das quatro instituições.

Organizadores

Arivaldo Leão de Amorim

Graduado em Engenharia Civil (1977) e em Arquitetura (1982), pela Universidade Federal da Bahia. Especialista em Gerenciamento de Transportes Urbanos (1987), pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Engenharia de Transportes (1990), na área de concentração de projeto e construção de vias de transporte e, doutor em Engenharia de Transportes (1997), na área de concentração de informações espaciais, pela Universidade de São Paulo. Especialista em Aplicações Pedagógicas dos Computadores (1998), pela Universidade Católica do Salvador. Atualmente é professor titular do Departamento da Teoria e Prática do Planejamento da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em ensino-aprendizagem, atuando principalmente nas seguintes áreas: infra-estrutura urbana, tecnologias CAD, projeto de arquitetura e urbanismo, projeto auxiliado por computador, documentação arquitetônica e representação gráfica.

Eduardo Toledo Santos

Eduardo Toledo Santos é Engenheiro Eletricista (mod. Eletrônica) e mestre em Engenharia Elétrica (Sistemas Digitais). Concluiu o doutorado em Engenharia Elétrica (Sistemas Eletrônicos) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1998. Atualmente é Professor Doutor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Coordenador do GT Componentes BIM da Comissão Especial de Estudos sobre BIM (CEE-134) da ABNT, consultor ad hoc da FAPESP e do CNPq, bolsista produtividade em pesquisa do CNPq, membro do ASCE Global Center of Excellence in Computing, alternate member do board of directors da International Society for Computing in Civil and Building Engineering, membro do BIM Technical Committee da ISCCBE, membro da Working Commission W78 (IT in Construction) do CIB - Intl. Council for Research and Innovation in Building and Construction e Coordenador Geral da Rede de Pesquisa em Tecnologia da Informação Aplicada à Habitação de Interesse Social (FINEP) que congrega 7 universidades. Publicou 15 artigos em periódicos especializados e mais de 120 trabalhos em anais de eventos. Possui 5 capítulos de livros e 7 livros publicados/organizados. Possui 15 softwares (cinco registrados) e outros 35 itens de produção técnica. Organizou 9 eventos e participou de mais de cem no Brasil e exterior. Orientou 9 dissertações de mestrado e 3 teses de doutorado, além de ter orientado 17 trabalhos de iniciação científica nas áreas de Engenharia Civil, Educação,

Engenharia Mecânica e Ciência da Computação. Recebeu 11 prêmios e/ou homenagens. Participou de 16 projetos de pesquisa. Atua na área de Engenharia Civil, com ênfase em Tecnologia da Informação, atuando principalmente nos seguintes temas: Building Information Modeling (BIM), Realidade Virtual, Tecnologia da Informação, Educação à Distância, Construção Civil, Geometria, Desenho Técnico, Internet, Computação Gráfica, Geometria Descritiva e Ensino de Engenharia.

Sergio Roberto Leusin de Amorim

Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1974), mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1981) e doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1995). Pró-Reitor de Pós-Graduação da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO) até fevereiro de 2011. É professor titular aposentado da Universidade Federal Fluminense, onde colabora nos Programas de pós-graduação de engenharia Civil e de Arquitetura e Urbanismo. Tem experiência na área de Arquitetura e Engenharia Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão de processo de projeto, gerenciamento e gestão da qualidade na construção civil e aplicações de tecnologia de informação em AEC. sócio fundador da ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Consultor de diversos órgãos governamentais e associações técnicas.

Sergio Scheer

Sergio Scheer concluiu o doutorado em Informática/Computação Gráfica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 1993. É Consultor ad hoc da CAPES, CNPq, FINEP e da Fundação Araucária no Paraná. É Professor Associado da Universidade Federal do Paraná onde atua desde 1981 tendo exercido alguns cargos administrativos relevantes como de Diretor do Centro de Computação (1994-1998) e Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação (janeiro/2009 a março/2013). É membro do ASCE Global Center of Excellence in Computing e do comitê para educação do ASCE Technical Council on Computing and Information Technology (TCCIT) e 'representative member' do Brasil no Board of Directors da International Society for Computing in Civil and Building Engineering (ISCCBE). Integrou o Working Committe for Information Technology (WC 6) da International Society for Bridges and Structural Engineering (IABSE) de 2001 a 2009. É um dos idealizadores e atual coordenador do GT em Tecnologia da Informação e Comunicação - GT.TIC da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) (2012-atual). Publicou 44 artigos em periódicos especializados e mais de duas centenas de trabalhos completos em anais de

eventos. Possui 13 capítulos de livros e 3 livros editados. Possui 8 produções técnicas em softwares e outros 10 itens de produção técnica. Orientou mais de 40 dissertações de mestrado e quatro teses de doutorado, além de ter orientado 24 trabalhos de iniciação científica nas áreas de Ciência da Computação, Engenharia Civil e Tecnologias Educacionais. Recebeu 9 prêmios e homenagens. Atualmente lidera dois grupos de pesquisa e coordena 4 projetos de pesquisa, atuando em cooperação com grupos de outras universidades brasileiras. Atua na área de Engenharia Civil (aplicações computacionais, ambientes virtuais, tecnologia da comunicação e da informação, Building Information Modeling - BIM) e Ciência da Computação, com ênfase em Processamento Gráfico (Graphics) e Visualização. Em seu currículo Lattes os termos mais freqüentes na contextualização da produção científica e tecnológica são: educação a distância, inovação, construção civil, objetos educacionais, educação de engenharia, engenharia estrutural, gerenciamento eletrônico de documentos, processo de projeto, tecnologia e modelagem da informação, BIM, ambientes virtuais, visualização e hipermídia.



Autores

Akemi Tahara

Possui graduação em Faculdade de Arquitetura pela Universidade Federal da Bahia (2004) e mestrado em Faculty of Engineering, Dept. of Architecture - Mie University (2009). Atualmente é responsável técnico - Dende Arquitetura S/S, professor auxiliar da Universidade Federal da Bahia e bolsista da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Projeto de Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes temas: flexibilidade na arquitetura, HIS (Habitação de Interesse Social), BIM (Building Information Modeling) e conforto ambiental.

Ana Paula Carvalho Pereira

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia. (1990), mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia (2013), integrante do grupo de estudos do LCAD/UFBA sobre BIM (Building Information Modeling) e arquiteta da Secretaria da Educação do Estado da Bahia. Tem experiência na área de Planejamento e Projetos de Edificação, atuando principalmente com projeto de arquitetura e informática aplicada ao projeto. Área de interesse: metodologias para trabalho colaborativo utilizando BIM, incluindo a gestão do processo de projeto.

Ari Monteiro

Bacharel em Ciência da Computação nas FACULDADES INTEGRADAS IPEP (2006) e Mestre em Engenharia Civil pela ESCOLA POLITÉCNICA DA USP (2011). Atualmente é consultor e proprietário da Dharma Sistemas. Tem experiência na área de Ciência da Computação e projetos de engenharia, com ênfase na implantação de sistemas CAD/PDM/BIM, atuando principalmente nos seguintes temas: implantação de soluções em TI para Engenharia e Arquitetura, desenvolvimento e customização de ferramentas de suporte a projeto.

Arivaldo Leão Amorim

Ver em Organizador

Arnaldo de Magalhães Lyrio Filho

Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal Fluminense (2006), MBA em Administração de Marketing pela Pontifícia Universidade Católica (1996), Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Santa Úrsula (1978). Atualmente é arquiteto da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, na função de Supervisor de Projetos da Gerência de Planejamento da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET Rio), atuando na análise de Pólos Geradores de Viagens (PGV). Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Planejamento e Projeto do Espaço Urbano, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem, gestão, iniciação, processo de projeto e acessibilidade. Conselheiro Titular da Comissão Permanente de Acessibilidade (CPA) da Secretaria Municipal da Pessoa com Deficiência (SMPD). Conselheiro Suplente do Conselho Municipal da Defesa dos Direitos da Pessoa com Deficiência (COMDEF).

Cervantes Gonçalves Ayres Filho

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Paraná (2005). Mestrado em Construção Civil no PPGCC-UFPR, atuando principalmente nos seguintes temas: BIM, CAD, modelagem de produto na construção, modelo digital do edifício, projeto arquitetônico, IFC, EXPRESS, Interoperabilidade de sistemas CAD.

Daniel dos Reis Neto

Possui graduação em ciencia da computação pela Universidade São Judas Tadeu (2010) e graduação em Mecânica de precisão pela Fatec (1998) . Atualmente é Tec. Informática da Universidade de São Paulo.

Eduardo Toledo Santos

Ver em Organizador

Érica de Sousa Checcucci

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia (1996) e mestrado em Arquitetura, Crítica e Projeto pela Universidad Politecnica de Cataluña (1999). Desde 2004 é professora assistente vinculada ao Colegiado de Engenharia Civil da Universidade Federal do Vale do São Francisco, onde atua na área de Expressão Gráfica. Tem experiência na área de Planejamento e

Projetos da Edificação, tendo trabalhado principalmente com informática aplicada ao projeto de arquitetura e engenharia. Atualmente, é doutoranda no Programa de Pós Graduação Multidisciplinar e Multiinstitucional em Difusão do Conhecimento (DMMDC) onde desenvolve a pesquisa em MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM): conceitos, representações e ferramentas no ensino de Engenharia.

Fabiano Paulico Stange

Mestre em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR - www.ppgmne.ufpr.br) (2012). Graduado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2000). Principais interesses em Visualização Científica, Computação Gráfica, Realidade Virtual, Matemática Aplicada, Métodos Numéricos tais como Elementos Finitos e Diferenças Finitas, Engenharia Civil com ênfase em Construção Civil e Mecânica das Estruturas

Fabiano Rogério Corrêa

Docente do departamento de Engenharia de Construção Civil, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, possui graduação em Engenharia Mecânica com ênfase em Automação e Sistemas pela Universidade de São Paulo (2002), mestrado em Engenharia Mecânica na opção Mecatrônica pela Universidade de São Paulo (2004) e doutorado em Engenharia Mecânica na área de Controle e Automação (2009). Atualmente dedica-se à área de Tecnologia Computacional Aplicada à Construção Civil, pesquisando sensoriamento remoto, inteligência artificial, aprendizado de máquina e representação do conhecimento para a Modelagem da Informação da Construção (BIM).

Fabíola Azuma

Mestre em construção civil (PPGCC/UFPR/2008). Possui graduação em Engenharia Civil (UFPR/2004). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Tecnologia da Informação.

Flávia R. de Souza

Possui graduação em Engenharia Civil pela Fundação Armando Álvares Penteado (1997) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (2009). Atualmente é professora da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Civil, atuando principalmente nos seguintes temas: processo de projeto, empresas de

projeto, management, empresa de projeto e design firms.

Helena Fernanda Graf

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo (2006) e especialização em Gestão Ambiental (2008) pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná PUCPR. Possui mestrado na Área de Ambiente Construído pelo Programa de Pós Graduação em Construção Civil PPGCC da Universidade Federal do Paraná - UFPR (2011). Trabalhou como docente e na reestruturação do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade do Contestado UnC e como docente na Universidade do Oeste de Santa Catarina ONOESC, além de desenvolver projetos arquitetônicos, estudos de viabilidade e consultorias. Atualmente, é pesquisadora DTI-B (CNPq) e gestora do projeto de pesquisa TICHIS na Universidade Federal do Paraná, além de docente do curso de Engenharia Civil pelo Departamento de Construção Civil - DCC da UFPR e doutoranda da Universidade de São Paulo - USP pelo Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo FAUUSP na Área de Tecnologia da Arquitetura. Seus estudos, pesquisas, publicações e orientações de trabalhos abordam os seguintes temas voltados para o aperfeiçoamento de projetos de arquitetura e da construção civil: Desempenho Térmico, Eficiência Energética, Arquitetura Bioclimática, Conforto Térmico Adaptativo, Ferramentas para Análises e Desenvolvimento de Projetos, assim como, Modelagem da Informação para construção (Building Information Modelling BIM).

Juliana Maria Romero

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2002). Mestre em Construção Civil na área de Gerenciamento de projetos pela Universidade Federal do Paraná UFPR (2010), o tema de pesquisa foi as relações entre o desempenho do licenciamento municipal na aprovação de empreendimentos e a qualificação do projeto. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, aprovação de projetos em órgãos públicos. Atuou no Recadastramento da Cidade de Ibitiúra de Minas e Coordenou o Setor de Obras Públicas.

Júlio César Bastos Silva

Arquiteto e Urbanista graduado pela Universidade Federal Fluminense. Mestrando em Engenharia Civil com ênfase em Gestão na Construção Civil. Experiência em obras no segmento corporativo de alto padrão, bem como em projetos executivos de empreendimentos de médio e grande porte. Pesquisador-bolsista da Rede BIM, com participação orientada em Comissão Especial de Estudo da ABNT.

Lilian Cristine Witicovski

Mestre em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Goiás. Tecnóloga em Gestão de Turismo, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Lívia Laubmeyer Alves de Souza

Arquiteta, mestre em Engenharia Civil UFF finalizado em 2009, atuando principalmente no estudo de novas tecnologias de informação aplicadas a indústria de AEC.

Márcia Rebouças Freire

Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia (2006), Mestre em Habitabilidade na Arquitetura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1996), graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia (1985). Atualmente é professor Adjunto IV na Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, atuando principalmente nos seguintes temas: ferramentas de avaliação de desempenho térmico das edificações e Modelagem da Informação para Construção.

Maria Bernardete Barison

Maria Bernardete Barison é aluna regular do programa de doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana (Conceito CAPES 5) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) desde Junho de 2009. Concluiu o mestrado em Educação pela Universidade Estadual de Londrina em 1997. Publicou 1 capítulo de livro, 6 artigos em periódicos especializados, 2 artigos de revista, 28 trabalhos em anais de eventos nacionais, 6 trabalhos em anais de eventos internacionais e 2 entrevistas concedidas para revista. Possui um sítio da internet registrado na Biblioteca Nacional. Participou de 42 eventos no Brasil, 3 Projetos de Ensino, coordenou 2 projetos de Pesquisa em Ensino e um projeto de pesquisa e atualmente participa do Projeto de Pesquisa “Rede BIM-Brasil Modelagem e representação de produto para projetos de engenharia de construção em múltiplas dimensões integração de sistemas”; sendo bolsista de doutorado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Orientou um trabalho de iniciação científica, co-orientou um trabalho de conclusão de curso, uma monografia de especialização e co-orienta uma monografia de especialização. Possui sete obras de artes-visuais registradas no sítio artenarede, além de outras 30 ainda não registradas. Atua

na área de arquitetura e engenharia com ênfase em Desenho, Geometria e Tecnologia de Informação (TI). Em suas atividades profissionais interagiu com 28 colaboradores em co-autorias de trabalhos científicos. Em seu currículo Lattes os termos mais freqüentes na contextualização da produção científica, tecnológica e artístico-cultural são: Tecnologia de Informação, Geometria, Desenho, Ensino-Aprendizagem, Arquitetura, Engenharia Civil, Sistemas Estruturais, Modelagem de Informações da Construção e BIM.

Maricy Hisamoto

Aluna de Arquitetura e Urbanismo da FAU-USP

Michael Antony Carvalho

Começou os estudos na área técnica dentro do antigo CEFET-PR (1994), realizando o Curso Técnico em Edificações finalizado em 1998. Formado como Engenheiro de Produção Civil em 2005 na mesma instituição, mas com o nome atual de UTFPR. Instituição em que concluiu a Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho em 2009. Possui experiência profissional na área de projetos complementares desde 1996 quando começou seus estágios e serviços, distribuídos em escritórios de engenharia em Curitiba e região metropolitana. Ênfase em projetos estruturais, hidráulicos, prevenção contra incêndios e pânico. Atualmente é mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da UFPR e participa de projetos de pesquisa com uso da Tecnologia da Informação na Construção (Rede BIM-Brasil e Rede TICHIS).

Micheline Helen Cot Marcos

Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela FAU - USP. Mestre em Construção Civil pela Universidade Federal do Paraná (2009). Especialista em Marketing Integrado pela Universidade Positivo. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1998). Atualmente leciona nos cursos de bacharelado em Arquitetura e Urbanismo e CST em Design de Interiores, no Centro Universitário Curitiba, UNICURITIBA. Áreas de pesquisa: Sustentabilidade na Construção Civil; Uso de tecnologia BIM para mensurar índices de sustentabilidade.

Natalie Johanna Groetelaars

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia (1999), mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela UFBA (2004), e realiza

o doutorado na mesma instituição, dentro da linha de pesquisa: Linguagem, Informação e Representação do Espaço. Atualmente é professora assistente da Faculdade de Arquitetura da UFBA, lecionando as seguintes disciplinas: Oficina de Projeto I, Desenho Projetivo e Informática e Desenho I. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes temas: Projeto de Arquitetura, Projeto Auxiliado por Computador, Fotogrametria Digital, Documentação Arquitetônica e Tecnologias Computacionais.

Renata Heloísa de Tonissi Buchinelli de Goes

Mestre em Habitação pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2004) , curso-tecnico-profissionalizante em Desenho Publicitário pelo Colégio Olavo Bilac/Ayres de Moura (1998) e ensino-medio-segundo-grau pelo Colégio Olavo Bilac/Ayres de Moura (1998) . Atualmente é Arquiteta Plena do Marcio Curi & Azevedo Antunes Arquitetura. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo. Atuando principalmente nos seguintes temas: coordenação de projetos, escritório de arquitetura, ferramentas de gestão de projetos.

Rita Cristina Ferreira

Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP (1990). Mestrado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP (2007). Sócia e Diretora - DWG Arquitetura e Sistemas desde 1994. Tem experiência na área de Construção de Edifícios, com ênfase em Tecnologia da Informação aplicada a projeto e construção, Coordenação Técnica de Projetos para construção, desenvolvimento de Projetos de Produção, Gestão de Projetos de inovação, atuando principalmente com as seguintes abordagens e ferramentas: análise de compatibilidade, uso do CAD 3D, Modelagem da Informação na Construção (BIM), UML (Unified Modelling Language) e RUP (Rational Unified Process).

Sérgio Fernando Tavares

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2005), é formado em Arquitetura e professor da Universidade Federal do Paraná no Departamento de Arquitetura e no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Trabalhou no desenvolvimento de projetos industriais, usinas hidreletricas e outros projetos de grande porte. Leciona disciplinas de Desenho Arquitetonico, Sustentabilidade aplicada às edificações e Metodologia da Pesquisa Científica. Pesquisa os seguintes temas ligados à sustentabilidade das edificações: eficiência

energética, análise de ciclo de vida, coberturas verdes, além de educação e inovação tecnológica.

Sérgio Leal Ferreira

Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1992), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1998) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (2005). Atualmente é professor doutor da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Gerenciamento da Informação, atuando principalmente nos seguintes temas: Tecnologia da Informação para a Construção, Modelo de Informações da Edificação - Building Information Modeling (BIM) e aplicações voltadas para simulação energética, Ensino de Desenho, Geometria Descritiva aplicada e CAD.

Sérgio Roberto Leusin de Amorim

[Ver em Organizador](#)

Sergio Scheer

[Ver em Organizador](#)

Sílvia Maria Soares de Araújo Pereira

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2001) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (2004). Atualmente é tecnologista em saúde pública da Fundação Oswaldo Cruz. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Planejamento e Projetos da Edificação.

Sílvio Burratino Melhado

Graduou-se em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1984), cursou mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1990) e doutorado em Engenharia Civil, também pela Universidade de São Paulo (1994), além de ter realizado pós-doutoramentos na França, no Canadá e na Inglaterra. Atualmente é livre-docente e Professor Associado da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia de Construção Civil, com ênfase em construção de edifícios, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão do processo de projeto, gestão de empresas de projeto, gestão da qualidade, sistemas de gestão e certificação de sistemas.

Apresentação

Este livro-relatório é uma compilação de parte dos textos publicados originalmente em eventos nacionais e internacionais e em trabalhos de conclusão dos cursos de pós-graduação das instituições formadoras da Rede BIM Brasil, um projeto em rede que teve seu foco na Modelagem da Informação da Construção (Building Infomation Modeling) ou BIM.

Esse conjunto de artigos não representa a totalidade do que foi produzido no âmbito do projeto em rede. Não foram colocados os artigos publicados em periódicos e parte dos artigos apresentados em eventos. Contudo, a coleção de textos resultou em vinte capítulos, cada um formado por um ou dois artigos, organizados duas partes, uma com um contexto de referencial conceitual e outra com aplicações da tecnologia BIM.

O projeto Rede BIM Brasil foi realizado com recursos de edital Pró-Engenharias da CAPES no período 2008-2013. Visou a formação de uma rede cooperada de programas de pós-graduação das IES envolvidas com a realização de estudos, pesquisa, ensino, disseminação e desenvolvimento de conceitos e tecnologias relacionas aos aspectos da integração e interoperabilidade de sistemas no setor da Construção Civil.

A abordagem dos trabalhos na Rede foi centrada na modelagem da informação da construção ou Building Information Modeling (BIM) para todo o ciclo de vida das edificações. Os estudos e pesquisas foram norteados pelas ideias de interoperabilidade e colaboração, com uso de modelos de dados para edificações no formato padronizado IFC (Industry Foundation Classes) visando a integração de sistemas de projeto, planejamento, análises de comportamento, operação e manutenção (Facilities Management) de empreendimentos.

Participaram da Rede a Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Prefácio

Em uma história de pouco mais de trinta anos ganharam força os sistemas de desenho e projeto auxiliados por computador (CAD) alterando as práticas projetuais e de planejamento para construção civil.

Todavia, com concepção baseada nas ideias de modelagem de produto e orientação a objetos e sustentada pela evolução da capacidade dos sistemas computacionais, a Modelagem da Informação da Construção ou Building Information Modeling (BIM) vem como transformadora da forma de simples representação conseguida pelo sistemas CAD. BIM permite o uso de informações relacionadas com um modelo tridimensional integrado e enriquecido com dados de diferentes disciplinas de projeto, planejamento e execução, bem como de operações e manutenção das edificações. Desta forma a tecnologia BIM pode atingir todo o ciclo de vida de um ambiente construído.

Nesta nova fase de uso de tecnologia de informação e de comunicação, a sua disseminação é franca e demanda estudos sobre as formas adequadas de implementação tecnológica, organizacional e negocial, bem como ações adequadas e consequentes de capacitação profissional e adoção da tecnologia. Neste sentido, um desafio é o da interoperabilidade de dados e sistemas, onde tem papel determinante os órgãos governamentais. Outro aspecto é o da necessária mudança nas práticas projetuais e de desenvolvimento multifacetado, exigindo postura colaborativa de todos os envolvidos no processo amplo de desenvolvimento dos empreendimentos. O mercado já busca sua auto-regulação com práticas de colaboração e novas formas de contratação envolvendo os modelos BIM. Interoperabilidade e colaboração, esses são elementos-chave da nova tecnologia.

À academia cabe prosseguir com desenvolvimento científico e tecnológico, avançando a fronteira do conhecimento enquanto forma e recicla um contingente de profissionais capacitados.

Com a preocupação de registrar bem os diversos trabalhos desenvolvidos no âmbito da Rede BIM.Brasil e outras iniciativas cooperadas na temática de tecnologias de informação e comunicação, foi confeccionada esta compilação de 32 trabalhos publicados. Coincidemente representa o esforço de 32 autores envolvidos nas atividades da rede nas quatro instituições cooperadas.

O livro-relatório está organizado em duas partes. A primeira com ênfase mais conceitual e de embasamento teórico, com doze capítulos constituídos por um

total de dezoito textos compilados. O conjunto trata de questões sobre a nova forma de projetação, modelagem de produto, padrões, implantação da temática em currículos e as competências demandadas no mercado. A segunda parte trata de pesquisas, desenvolvimentos e relatos de estudos de caso e aplicações realizadas no âmbito dos trabalhos acadêmicos desenvolvidos nas quatro universidades no período do projeto cooperado.

Nesse compêndio de textos publicados, se permitiu a construção de um panorama amplo do que foi realizado no período de constituição da Rede. Certamente a obra compilada auxiliará a muitos no entendimento da temática BIM.

Este editor gostaria aqui de registrar o agradecimento à CAPES e aos apoiadores (empresas privadas e entidades governamentais) das diversas iniciativas de pesquisas e estudos realizados. Outrossim, manifestar o empenho de todos os autores na consecução dos trabalhos o que permitiu obter este volume de páginas de inestimável conhecimento.

Cumpre colocar que parte dos trabalhos relatados são também resultados relacionados a outra rede cooperada, a Rede TIC.HIS, iniciada em fins de 2010, dois anos depois a partir de recursos provenientes de edital Habitare da FINEP. Essa rede tem um âmbito estendido para as tecnologias de informação e comunicação (incluindo BIM) para projeto de habitações de interesse social, sendo constituída por sete instituições, três destas envolvidas na Rede BIM. Brasil.

Por fim, fica a homenagem deste compilador de ideias pela sempre generosa acolhida dos colegas Eduardo Toledo, Sergio Leusin e Arivaldo. Juntos foi possível avançar em horizontes novos e apoiar novos e ampliados trabalhos em cooperação.

Este é um relato de um pouco do realizado pela Rede BIM.Brasil, a primeira rede brasileira sobre modelagem da informação da construção.

BIM é hoje um desafio presente no cenário brasileiro!

Em julho de 2013

Sergio Scheer

Parte 1

BIM, referencial conceitual, educação e mercado

Capítulo 1 - BIM como Modelagem da Informação da Construção

Processos de projeto, sistemas CAD e modelagem de produto para edificações

Sergio Scheer
Fabíola Azuma

Resumo

No mercado de desenvolvimento de projetos existem duas linhas de sistemas CAD (Computer Aided Design): sistemas CAD convencionais ou com modelagem baseada em entidade e sistemas CAD com modelagem de produto ou com modelagem baseada em objeto. Os softwares que apóiam esse tipo de sistema CAD baseado em modelagem de produtos incorporam o conceito BIM (Building Information Modeling) e são chamados de softwares paramétricos. Dessa maneira, esses softwares conseguem capturar todas as informações necessárias para o ciclo de vida do projeto, abrangendo desde a concepção até operação e manutenção. Nesse processo de projeto, todos os envolvidos da construção participam de modo integrado e simultâneo, contribuindo para a rápida análise dos dados e para tomada de decisão. Nesse contexto, será apresentado um estudo de caso comparativo entre os sistemas CAD convencionais e sistemas CAD baseado em modelagem de produto, apresentando as características de cada processo de projeto e a percepção do usuário em relação aos sistemas.

Originalmente publicado em: AZUMA, F.; SCHEER, S.
Processo de projeto, sistemas CAD e modelagem de produto para edificações. **TQS News**, São Paulo, p.40-43, 01 ago. 2009.

1. Introdução

Em todos os países, a indústria da construção enquadra-se entre os maiores ramos da economia. Além disso, possui uma forte referência pública, uma vez que cria a infraestrutura de base para o funcionamento da economia geral (GEHBAUER, 2004).

Dessa maneira, devido às preocupações em relação a maior eficiência e produtividade, além das pressões na economia global para maior segurança, qualidade e redução de custos e tempo dos projetos de construção, houve um interesse crescente na construção integrada por computador (VEERAMANI et al., 1998).

Esses desenvolvimentos estão permitindo uma radical evolução de novos paradigmas de interação na fragmentada indústria da construção, além de desenvolver projetos usando tecnologias de computação integrada para projeto colaborativo, planejamento dos processos de construção, execução e controle dos processos e gerenciamento do projeto (VEERAMANI et al., 1998).

O objetivo desse trabalho é mostrar as possibilidades de interação e resultados do desenvolvimento de um projeto de construção usando tecnologia de construção integrada por computador através de um estudo de caso comparativo com o processo tradicionalmente utilizado pela indústria da construção.

Dessa maneira, buscam-se diretrizes para esse novo paradigma de projeto, contribuindo para a evolução desses conceitos e consequentemente para uma maior integração de projeto e produção na indústria da construção civil.

2. Caracterização da indústria da construção

O empreendimento de construção é caracterizado pela sua complexidade e singularidade, abrangendo múltiplas dimensões e participação de diferentes agentes com formações, atuações e metas próprias (FABRÍCIO, 2002).

Gehbauer (2004) expõe algumas particularidades que tornam essa atividade complexa:

- O produto da construção é individual e o local de produção (canteiro de obras) varia de local para local, implicando condições locais diferentes para cada obra;
- A maioria dos projetos de construção civil é de curta duração existindo

a pressão de tempo;

- Os trabalhos na construção civil são executados por equipes individualmente especializadas;
- Os trabalhos de construção são sujeitos às variações climáticas, uma vez que são realizados em locais ainda não totalmente protegidos;
- O cliente da construção civil fiscaliza permanentemente a qualidade, dimensões e materiais de modo que, durante a construção, é necessário considerar essas influências adicionais;
- Na indústria da construção, torna-se difícil predeterminar e otimizar o fluxo de materiais no canteiro de obras devido às condições espaciais impostas pelo ambiente externo;
- Na indústria da construção, as empresas tercerizadas fazem parte do processo de produção no próprio local de realização do produto, podendo, inclusive, ter diferentes tercerizados no mesmo ambiente de trabalho. Esse aspecto dificulta a coordenação e otimização dos processos de trabalho;
- Existência de conflitos entre diferentes equipes de trabalho e especialmente em relação à gestão dos trabalhos. No âmbito do gerenciamento, os conflitos são devidos a diferentes métodos e objetivos específicos. Por exemplo: o setor de compras observa apenas o melhor preço de aquisição, podendo assim resultar no fornecimento de um produto inadequado ou com atraso, aumentando os custos da construção;
- Existência de conflitos com terceiros como órgãos da administração pública local, grupos de interesse ou até mesmo com a justiça.

Nesse contexto, cada empreendimento exige uma formulação e um projeto próprio. Assim, a concepção e o projeto devem, a cada empreendimento, mobilizar múltiplas técnicas e agentes para concepção e desenvolvimento do empreendimento (FABRÍCIO, 2002).

3. Processo de projeto sequencial

O processo de projeto contempla todas as decisões e formulações com objetivo de subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, partindo da montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa de necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da produção, o projeto “as built” e a avaliação da satisfação dos usuários com o produto (FABRÍCIO, 2002).

Fabrício (2002) apresenta os principais serviços e atividades do processo de projeto:

- Concepção do negócio e desenvolvimento do programa: Abrange a tomada de decisão, seleção do terreno, concepção econômica e financeira e especificações desejadas no produto.
- Projetos do produto: concepção e detalhamento do produto: projetos de arquitetura, estruturas, instalações elétricas e hidráulicas, etc.
 - Orçamentação: levantamento de custos
 - Projetos para produção: seleção de tecnologia construtiva (para a implantação em partes determinadas ou subsistemas da obra), procedimentos de trabalho e recursos materiais necessários para a execução.
 - Planejamento de obra: acompanhamento do cronograma e do fluxo de caixa.
 - Projeto as built: acompanhamento da obra e atualização dos projetos
 - Serviços associados: acompanhamento de obra (projetistas), assistência técnica e análises pós-ocupação.
 - No processo de projeto tradicional, essas atividades acontecem de modo seqüencial.

No entanto, o processo de projeto tradicional e incremental é ineficiente. O modo seqüencial é problemático, pois permite perda e repetição da informação, além de um longo tempo de duração, uma vez que uma mudança no projeto é feita e então passada para o próximo profissional para atualizações (MARSHALL-PONTING & AOUAD, 2005).

Os problemas no modo seqüencial incluem:

- Relacionamento ineficiente entre cliente-consumidor devido a falta da participação de outros departamentos envolvidos (Brödner, 1996 apud Marshall-Ponting & Aouad, 2005);
- Falta de competitividade em relação a custos e qualidade (Womack et al., 1990 apud Marshall-Ponting & Aouad, 2005);
- Falta de atendimento a outros fatores além daqueles para produção, marketing e outros serviços que agregam valor à cadeia de desenvolvimento do produto (Syan & Mennion, 1994 apud Marshall- Ponting & Aouad, 2005);
- Trabalho redundante e replicante nas diferentes interfaces entre departamentos (Muller, 1987 apud Marshall-Ponting & Aouad, 2005);
- Desenvolvimento lento do produto e do processo de implementação (Buggert & Weilpuetz, 1995, apud Marshall-Ponting & Aouad, 2005).

Veeramani et al. (1998) acrescenta outros fatores nesse cenário problemático:

- Problemas de projeto de instalações (facilidades) reconhecidos apenas na fase de construção, implicando modificações no projeto durante a etapa de execução, tendo impactos não apenas na produtividade bem como em relação aos custos e prazos do projeto;
- Menor flexibilidade, resultando em possibilidades de mudanças abaixo

do ideal para superar problemas de construção. Por exemplo: uma edificação típica consiste de diferentes tipos de subsistemas (estrutural, elétrico, hidráulico, ar-condicionado, entre outros) que necessitam ser adaptados ao espaço disponível. Devido à complexidade de cada subsistema, o projeto é realizado por grupos de pessoas separados. No processo tradicional, nos quais esses subsistemas são coordenados, podem ocorrer conflitos de espaço ou dificuldades de configuração. Uma vez que atrasos no projeto de construção implicam custos, a tendência típica é fazer modificações locais. Essa solução pode servir para problemas imediatos de construção, no entanto, a longo prazo, podem ocorrer problemas de manutenção e acessibilidade.

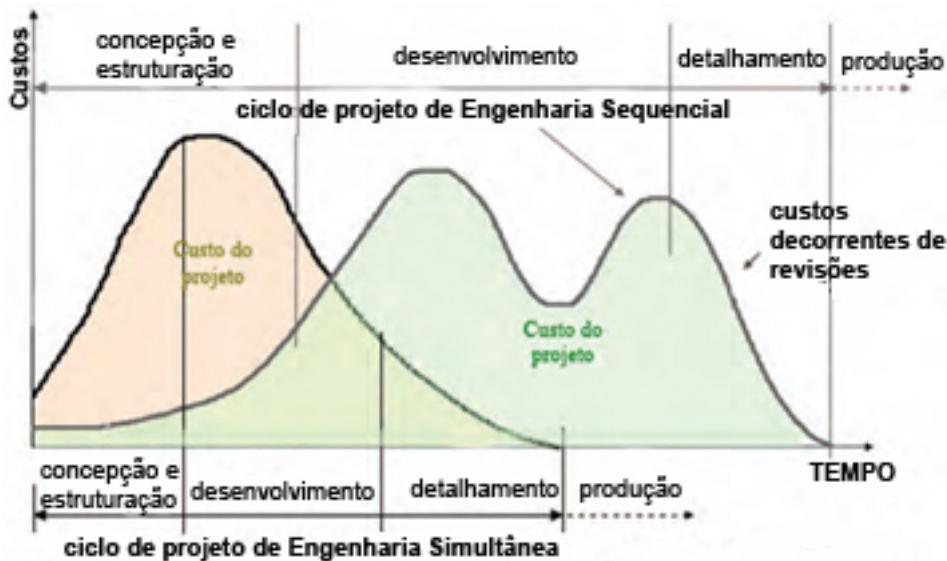
Diante deste cenário, uma solução promissora para superar esses problemas e reduzir custos é a engenharia simultânea (VEERAMANI et al., 1998).

4. Processo de projeto simultâneo

Engenharia simultânea pode ser definida como o processo, no qual grupos interdepartamentais trabalham de modo interativo e formal no projeto do ciclo de vida completo do produto ou serviço, com o objetivo de encontrar e realizar a melhor combinação entre as metas de qualidade, custo e prazo (MUNIZ JR, 1995 apud FABRÍCIO, 2002).

Uma das principais vantagens da engenharia simultânea é a redução das incertezas no processo de projeto (KOSKELA; HUOVILA, 1997 apud FABRÍCIO, 2002).

A superioridade dos resultados atingidos com o desenvolvimento de produtos por meio da Engenharia simultânea comparada ao processo seqüencial pode ser mostrada esquematicamente pela figura abaixo adaptada de Kruglianskas (1995) no qual as curvas representam o tempo de desenvolvimento e a área sobre a curva representa o custo do projeto ao longo do tempo (FABRÍCIO, 2002).



Comparação do desenvolvimento de produto em engenharia seqüencial e em engenharia simultânea.

Fonte: Adaptada de Kruglianskas (1995) apud Fabrício (2002).

Analizando a figura, é possível examinar que a maior parte das decisões nos projetos com engenharia simultânea concentra-se nos primeiros meses de projeto; em contrapartida, na engenharia seqüencial, além das decisões, um grande número de revisões e modificações ocorre mais tarde, podendo inclusive ocorrer após o lançamento do produto. Isso reforça a idéia de que a qualidade deve ser buscada desde as primeiras fases dos empreendimentos e que os projetos têm um papel decisivo nesta procura (FABRÍCIO, 2002).

5. Tecnologia da informação e processos simultâneos

Como facilitador e catalisador da integração entre os especialistas envolvidos, a engenharia simultânea freqüentemente é associada ao uso intensivo da informática e das telecomunicações como ferramentas de suporte às decisões e à interação entre especialistas (FABRÍCIO, 2002).

5.1. Building Information Modeling

Os sistemas CAD usuais se restingem em apresentar apenas a forma da informação através dos desenhos convencionais criados nos modelos de casca (wireframe). No entanto, existe uma necessidade real e uma oportunidade na indústria da construção para desenvolver sistemas baseados em modelos sólidos especialmente desenvolvidos a fim de atender às necessidades da indústria da construção. Esses modelos servem inclusive como base para a engenharia simultânea e para construção e projeto integrado por computador (particularmente para análises de construtibilidade, seleção de equipamentos e recursos, geração do planejamento dos processos e controle operacional em tempo real) (VEERAMANI et al., 1998).

O uso de Building Information Modeling (BIM) atende essa necessidade uma vez que consegue capturar todas as informações do ciclo de vida da construção.

Conforme Peacock (2003), BIM é o termo que descreve o processo de criação de dados durante o projeto e construção de uma edificação. Conforme o autor, essa explicação torna-se mais clara quando os termos são separados:

- Building: refere-se à instalação ou edificação que está sendo tratada e gerenciada
- Information: a informação ou dados que são obtidos da instalação ou edificação
- Modeling: refere-se ao modelo que abriga, mantém e controla o fluxo de informações para melhor gerenciar a instalação ou edificação.

De acordo com Graphisoft (2003) apud Fu et al. (2006), BIM é um repositório padrão de informação digital de projeto de construção, o qual pode conter informações sobre a edificação, como aspectos de construção, gerenciamento, operações e manutenção. Dessa maneira, segundo Peacock (2003) o uso do BIM também pode substituir o CAFM (Computer Aided Facility Management) uma vez que o modelo também pode ser usado para conter e gerenciar todas as formas de informação da edificação.

Para Fu et al. (2006), o uso do BIM auxilia na padronização de informações de projetos e planejamento, que usualmente são considerados fragmentados nas diversas etapas e aspectos de um projeto de edificação. Dessa maneira, segundo os mesmos autores, com o uso do BIM, as informações podem se adequar aos requerimentos e formatos de interfaces, banco de dados, arquivos e dados de intercâmbio nas aplicações computacionais.

Koivu (2002) apresenta a definição de interoperabilidade dada por um grupo de especialistas na área de TI que participou de uma rodada do método Delphi, promovida pela Stanford University (CIFE) e VTT Building and Transport. Segundo

esse grupo, interoperabilidade significa o compartilhamento de uma estrutura de modelo de dados de um produto entre todas as aplicações relevantes ao longo do ciclo de vida de uma facilidade ou construção, fazendo uso de uma estrutura de dados comum.

Para que os dados sejam compartilhados, é necessário que os dois sistemas possuam estrutura de dados e semântica compatíveis, podendo dessa forma utilizar diretamente os dados do outro sem necessidade de tradução. A garantia da interoperabilidade reside no estabelecimento de convenções comuns em ambos os sistemas em três níveis: formato de linguagem de representação, protocolo de comunicação de agente para agente e especificação do conteúdo do conhecimento compartilhado (MICALI, 2000).

Ferreira (2005) reforça esses requisitos quando mostra que para existir interoperabilidade é necessário trabalhar com formatos padronizados e compartilháveis, além de dispor de um mecanismo de comunicação eficiente e adequado.

Segundo Jacoski (2003), a interoperabilidade é essencial quando se deseja alcançar produtividade e competitividade nas indústrias, uma vez que existe uma representação digital do produto e a participação dos diversos agentes.

Em uma pesquisa survey realizada por Tse et al. (2005) em Hong Kong, o maior motivo para a utilização do BIM é a possibilidade de criar vistas e cronogramas dinamicamente e automaticamente. Os outros dois maiores motivos para o uso do BIM foram indicados como: possibilidade de refletir mudanças instantaneamente em todos os desenhos e cronogramas e a criação de um único arquivo de projeto (TSE ET AL., 2005).

Por outro lado, essa pesquisa apontou algumas barreiras para o uso do BIM, como (TSE et al., 2005):

- Separação entre as fases de projeto (concepção) e desenho;
- Objetos inadequados;
- Falta de capacidade para customizar objetos;
- Processo de modelagem complicado e que requer tempo;
- Falta de treinamento e suporte técnico,
- Custos na aquisição de arquivos extras;
- Indisponibilidade de uma versão de software gratuita para teste

Dessas barreiras, a falta de integração das etapas de projeto e desenho é o maior obstáculo, até mesmo em relação às barreiras técnicas. Dessa forma, é esperada uma maior participação dos projetistas no uso do BIM para garantir a qualidade do modelo, além da promoção das vantagens do uso do BIM no processo de projeto. Embora a pesquisa tenha sido conduzida em Hong Kong, os resultados fornecem uma base para comparação entre surveys similares

(TSE ET AL. 2005).

5.2. Software paramétrico

Desde a introdução dos sistemas CAD, existem duas linhas distintas de produtos: modelagem baseada em entidade e modelagem baseada em objeto. Embora a maioria dos usuários tenha optado para a modelagem baseada em entidade, continuaram os esforços na modelagem baseada em objeto (TSE ET AL., 2005).

Os softwares que dão suporte à modelagem baseada em objeto incorporam o conceito BIM e são chamados Virtual Building, Parametric Modeling ou Model-Based Design. Esses produtos constroem modelos de edificações com objetos paramétricos, como paredes, colunas e janelas e são fundamentados na modelagem baseada em objeto. Por outro lado, os sistemas CAD baseado em entidade, representam apenas entidades gráficas, como linhas e arcos e não conseguem fornecer ricos significados semânticos sobre a edificação (TSE ET AL., 2005).

Os pioneiros na modelagem baseada em objeto na indústria da construção são Nemetschek AllPlan e GraphiSoft ArchiCAD, inseridos, respectivamente em 1980 e 1984 (Nemetschek 2004 e GraphiSoft 2004a apud Tse et al., 2005).

Em seguida, Bentley e Autodesk, que já haviam absorvido um grande pedaço do mercado referente à modelagem baseada em entidade, começaram a desenvolver modelos baseados em objetos e subsequentemente lançaram o Bentley MicroStation Triforma e Autodesk Architecture Desktop, em 1996 e 1998, respectivamente (Bentley 2004 e Autodesk 2004aa apud Tse et al., 2005).

Em 2000, Revit Technology Corporation introduziu um novo modelo paramétrico chamado Revit, que após dois anos foi adquirido pela Autodesk (Graves, 2002 apud Tse et al., 2005). Em 2002, Bentley reestruturou o MicroStation Triforma e transformou em uma nova linha de produtos chamada Bentley Building Information Modeling, incluindo sub-módulos em arquitetura, ar-condicionado e estrutura (Bentley 2004a apud Tse et al., 2005). Em 2003, Nemetschek lançou o All- Plan 2003 (Nemetschek 2004 apud Tse et al. 2005) e, em setembro de 2004, GraphiSoft lançou a última versão do ArchiCAD, versão 9 (Graphi- Soft 2004a apud Tse et al., 2005).

O uso desses softwares permite a criação de modelos de informação que podem ser utilizados durante o ciclo de vida do projeto.

6. Conclusão

O uso de Building Information Model favorece um ambiente de construção e projeto integrado por computador. Através de modelos e padronização dos dados, é possível o intercâmbio de informações entre os envolvidos no empreendimento. Isso torna a indústria da construção civil mais ágil e preparada para as mudanças necessárias e para as particularidades da atividade. Dessa maneira, o uso de Building Information Modeling contribui para o gerenciamento das atividades, reduzindo custos, conflitos entre stakeholders e favorecendo a comunicação, pois as discussões acabam girando em torno de um único modelo computadorizado. O Building Information Modeling também fomenta a engenharia simultânea, já que permite a análise de todos os elementos do ciclo de vida do projeto, além de possibilitar o trabalho paralelo das etapas do processo de projeto.

No entanto, para que o Building Information Modeling seja totalmente incorporado, é necessário uma reestruturação dos processos de projeto, de modo que exista uma maior colaboração entre os projetistas e adoção de atributos semânticos. Assim, lança-se o desafio para os profissionais e pesquisadores, tendo em vista o grande potencial para a melhoria da qualidade do projeto, agregando-lhe valor e melhorando a comunicação entre os agentes envolvidos na construção, na busca contínua da melhoria da qualidade dos produtos finais.

Referências

ANDRESEN, J. et al. A Framework for measuring IT innovation benefits. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v.5, p. 57-72, 2000..

FABRÍCIO, M.M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GEHBAUER, F. **Racionalização na Construção Civil** – Como melhorar processos de produção e de gestão. Recife: Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ), 2004.

LAURINDO, F.J.B. **Um estudo sobre a avaliação da eficácia da tecnologia de informação nas organizações**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MARSHALL-PONTING, A. J.; AOUAD, G. An nD modeling approach to improve communication processes for construction. **Automation in Construction**, v.14, p. 311-321, 2005.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E.T. Barreiras para o uso da Tecnologia da Informação na Indústria da Construção Civil. In.: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais... Porto Alegre: PUC-RS, 2002. 1 CD-ROM**

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1995.

STEWART, R. A.; MOHAMED, S; DAET, R. **Strategic implementation of IT/IS projects in construction: a case study**. Automation in Construction. v.11, n.6, p. 681-694, 2002.

Capítulo 2. BIM como inovação em AEC

Modelagem da informação da construção como inovação tecnológica

Érica de Sousa Checcucci
Arivaldo Leão de Amorim

Resumo

Este artigo traz reflexões sobre a modelagem da informação da construção ou BIM – Building Information Modeling, enquanto uma invenção com grande potencial para tornar-se uma inovação no Brasil. Inicia diferenciando invenção de inovação e conceituando difusão e taxa de adoção tecnológica. Apresenta algumas características da inovação no setor de Construção Civil e discute sobre a adoção do BIM pelos profissionais do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), apontando benefícios potenciais da sua utilização nas diversas fases do ciclo de vida da edificação. Utiliza como categorias de análise quatro dimensões que relacionam as características da tecnologia com a sua taxa de adoção: (1) atributos próprios do paradigma BIM; (2) atributos dos fornecedores e desenvolvedores de software; (3) atributos próprios da indústria da construção civil, e (4) características das empresas adotantes. Entendendo que a implantação desta tecnologia implica em vantagens potenciais e riscos, o artigo levanta questões para análise e discussão destes aspectos de modo a contribuir para maximizar os benefícios e minimizar as desvantagens da adoção do BIM.

Originalmente publicado em: CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Modelagem da informação da construção como inovação tecnológica. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: FAUFBA, 2011.

1. Introdução

Embora seja possível remontar a origem da modelagem da informação da construção ou BIM - Building Information Modeling à década 1970 (EASTMAN, 1999), apenas no início deste século sistemas comerciais robustos passaram a ser utilizados de forma integrada para esta finalidade. Em 2008, Tobin identificou três fases de adoção do BIM e estabeleceu que naquele momento a implantação da tecnologia (nos Estados Unidos) estava na fase intermediária. Ele defendia que a primeira fase, denominada BIM 1.0, era representada por arquitetos e engenheiros inserindo BIM em seus ambientes de trabalho de forma isolada. O objetivo desses profissionais era substituir a representação bidimensional da edificação pela criação de modelos tridimensionais e inserir alguma informação (atributos semânticos) nos objetos modelados. Como não havia integração entre os profissionais, cada um decidia como faria a implantação da tecnologia no seu escritório. Na fase BIM 2.0, ainda segundo este autor, corrente naquele momento, os profissionais discutiam sobre a colaboração entre os atores e a interoperabilidade entre sistemas, tentando agregar ao modelo geométrico 3D questões como tempo (4D) e custo (5D), de modo a maximizar o uso do modelo de informações para projetistas e construtores. Tobin previa que na última fase de implantação (BIM 3.0), questões sobre interoperabilidade são resolvidas através de iniciativas do consórcio buildingSmart e o desenvolvimento do Industry Foundation Classes – padrão neutro e aberto de arquivos, que contempla a especificação de componentes da edificação e da indústria da construção civil. Os modelos parciais são unificados em uma base de dados centralizada, hospedada em um servidor acessível de qualquer lugar do mundo. Os vários profissionais envolvidos no processo interagem com a base de dados através de módulos específicos para cada especialidade nas diversas fases do ciclo de vida da edificação.

Em 2009, Andrade e Ruschel pesquisaram sobre trabalhos apresentados em eventos nacionais tratando do tema e publicaram artigo no qual estabelecem que a adoção do BIM no Brasil encontrava-se na fase 1.0. Afirmaram que as práticas correntes nos escritórios caracterizavam-se pela “atividade de projeto isolada, capacidade de coordenação de documentos de projeto limitada ao ambiente interno do escritório, agregação de informações aos objetos geométricos, e rápida produção de documentos” (ANDRADE e RUSCHEL, 2009, p. 9). Em 2011, pesquisa similar de Checcucci, Pereira e Amorim¹ constata que a modelagem da informação da construção ainda é pouco difundida e utilizada no Brasil.

¹ CHECCUCCI, E.; PEREIRA, A. P.; AMORIM, A. L. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. Trabalho em fase de elaboração.

Diante deste cenário, considerou-se pertinente analisar algumas questões relativas à adoção do BIM no Brasil. Na seção 2 deste trabalho, alguns conceitos referentes à inovação e adoção de tecnologia são discutidos e na seção 3 estes conceitos são desenvolvidos sob o enfoque da inovação na indústria da construção civil. Na seção 4, o paradigma BIM é discutido enquanto uma invenção com grande potencial de se tornar uma inovação no Brasil. Foram utilizadas como categorias de análise quatro dimensões, adaptadas de Guedes, Vasconcelos e Vasconcelos (2008). Em cada categoria as características da tecnologia são relacionadas com sua taxa de adoção, tentando identificar se estas características facilitam e estimulam a adoção da tecnologia ou se, pelo contrário, elas dificultam sua aceitação pelo mercado. As categorias utilizadas são: (1) atributos próprios da tecnologia BIM; (2) atributos dos fornecedores e desenvolvedores de software; (3) atributos próprios do ramo da indústria da construção civil, e (4) características das empresas adotantes.

Finalmente, na seção 5, são feitas breves considerações a título de conclusão do artigo. Categorizando algumas dimensões para análise, objetivou-se sistematizar e aprofundar um pouco mais os conhecimentos sobre BIM, de forma a contribuir para maximização dos benefícios e redução das desvantagens na sua adoção no Brasil.

2. Invenção, Inovação, Difusão e Taxa de Adoção

Haase, Araújo e Dias (2005, p. 5) conceituam invenção como uma "... solução inicial para um problema técnico, econômico, organizacional ou social [...] que pode ser rigorosamente planejada ou ocorrer por acaso". Kruglianskas (1996, p. 17), apud Guedes, Vasconcelos e Vasconcelos (2008) entende invenção como a criação de algo inédito, mas a inovação como um "... processo de tornar uma invenção rentável para a empresa". Ainda Haase, Araújo e Dias (2005) citando Schumpeter (1961) entendem que a inovação só acontece "... a partir do momento em que as invenções são transformadas em produtos e serviços comercializáveis no mercado, os quais, ao se manifestarem de forma exitosa, são denominados de inovações".

Na mesma direção, Rogers (1995, p. 12), apud Guedes, Vasconcelos e Vasconcelos (2008), conceitua inovação como "... uma idéia, prática ou objeto que é percebido como nova por um indivíduo ou por outra unidade de adoção". Neste contexto, uma inovação não é necessariamente algo novo, mas aquilo que dentro de uma comunidade ainda é uma novidade.

A OCDE - Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento, trata inovação como um conjunto de “mudanças que envolvam um grau significativo de novidade para a empresa. [...] Produtos (bens e serviços) e processos novos e significativamente aprimorados. [...] Ela pode envolver mudanças de equipamentos, recursos humanos, métodos de trabalho ou uma combinação destes.” (OCDE, 1997, p. 20 e 21, grifo do autor).

A inovação, neste caso, também deve ser adotada e pode ser uma inovação incremental, que ocorre quando o produto ou processo adotado não substitui completamente o produto ou processo utilizado, mas acrescenta algum tipo de aprimoramento e benefício.

Santos (2006, p. 35) citando Schumpeter (1985), relaciona vários tipos possíveis de inovação: “introdução de um novo produto ou mudança qualitativa em produto existente, inovação de processo que seja novidade para indústria, abertura de um novo mercado, desenvolvimento de novas fontes de suprimento de matéria-prima ou outros insumos, mudanças na organização industrial”. Entretanto, para esta adoção é necessário que ocorra a sua difusão.

Segundo Rogers (2003, p. 5, tradução nossa), “difusão é o processo pelo qual a inovação é comunicada através de certos canais ao longo do tempo entre membros de um sistema social”. Já a OCDE (1997, p. 22) define difusão como “o modo como as inovações TPP [tecnológicas de produtos e processos] se espalham, através de canais de mercado ou não, a partir de sua primeira implantação mundial para diversos países e regiões e para distintas indústrias/mercados e empresas”.

A modelagem da informação da construção (BIM) envolve grande complexidade pela quantidade de conceitos, ferramentas sofisticadas e processos abertos, ou pouco definidos, com características diversas, que objetivam melhorar os índices de produtividade, qualidade e durabilidade da construção, reduzir desperdícios de materiais, mão de obra e outros recursos, aumentar o controle sobre os processos envolvidos no projeto, na construção e na utilização das edificações, dentre outros. Dentro deste contexto, pode ser encontrada uma gama de variáveis, envolvendo produtos (ferramentas, modelos, padrões de arquivo etc.) e processos (de interoperabilidade, gerenciamento, organização,...) inovadores que podem solucionar e responder determinadas demandas da indústria da construção, ainda que não explicitadas. Entretanto, no Brasil, ainda é preciso que haja um processo mais amplo de difusão e adoção do BIM por empresas e profissionais do setor de AEC, para que esta modelagem torne-se uma inovação efetiva que traga benefícios e aprimoramentos para os vários segmentos envolvidos na indústria da construção civil.

3. Inovação na Construção Civil

A indústria da construção civil vem crescendo no Brasil nos últimos anos, como atestam vários indicadores². Castelo (2010, p. 23) cita uma pesquisa da FGV/SindusCon – SP, que aponta em 2010 uma elevação de 13 % no emprego formal em relação ao primeiro trimestre de 2009. Comparando com o primeiro trimestre de 2008, o aumento é de 23,6 %. Dias, Castelo e Garcia (2010, p. 6) afirmam que houve um aumento de 52 % entre 2004 e 2009 na formalização do emprego da indústria da construção. Ainda Garcia e Castelo (2010, p. 21) afirmam que entre 2005 e 2009 os investimentos em construção tiveram um crescimento acumulado de 46 %, que se traduziu em mais postos de trabalho, gerando 1,46 milhão de novos empregos no setor.

Dados do documento Construbusiness 2010, organizado pelo Departamento da Indústria da Construção da Fiesp, com a participação da FGV, preveem a necessidade de construção de 24 milhões de novas moradias entre 2009 e 2022, estimando um volume de 2,1 bilhões de m² construídos (DIAS; GARCIA, 2010, p. 10).

No entanto, para dar conta desta demanda e continuar a crescer, vários desafios aparecem, principalmente quanto à gestão da produção e da tecnologia no setor. Silva aponta várias mudanças significativas nos processos de produção que ocorreram nos anos 90, como:

[...] os sistemas de gestão da qualidade, a melhoria das condições de trabalho e segurança nos canteiros de obras, com a chegada das normas regulamentadoras, em especial da NR 18, a introdução de melhorias de processo de projeto e, principalmente, a introdução de uma série de materiais, componentes e subsistemas construtivos que não estavam disponíveis no Brasil. (SILVA, 2010, p. 14).

Segundo Prates (2010) existe uma grande necessidade de aumentar a produtividade, que deve ser resolvida pela colaboração de todos os agentes da cadeia produtiva através de uma abordagem sistêmica que envolva três eixos: (1) a interoperabilidade técnica e difusão da construção industrializada aberta; (2) o fortalecimento e aumento da inovação no setor, e a (3) qualificação de recursos humanos. Schwark (2006) cita fatores culturais dos agentes da indústria como dificultadores dos processos inovativos, e afirma que uma das primeiras mudanças a serem feitas é em relação às crenças dos agentes deste mercado.

Oggi (2006) identifica três ciclos de demandas na construção de habitações

² Ver revista Conjuntura da Construção (ano VII, n. 4, dez. 2009; ano VIII, n. 2, jun. 2010; ano VIII, n. 3, set. 2010; ano VIII, n. 4, dez. 2010), publicação conjunta da SindusCon – SP e Fundação Getúlio Vargas (FGV).

no Brasil. O primeiro, correspondente aos anos 70 e 80, caracterizou-se por uma demanda quantitativa. O segundo, nos anos 90, caracterizou-se por uma demanda qualitativa. Atualmente, a predominância é a demanda da sustentabilidade, que prega uma revisão das políticas que perpetuam o crescimento da população e do consumo, para o uso eficiente da energia e dos materiais (OGGI, 2006, p. 84). Este autor descreve ainda inovações que buscam alcançar melhores indicadores de desempenho, como sistemas industrializados (por exemplo, banheiros prontos); o sistema Tilt-up; painéis de concreto pré-moldado com vidro incorporado e concreto translúcido.

Assim, as demandas da indústria da construção levam à busca por novas tecnologias que promovam o suporte às inovações em todo o ciclo de vida da edificação, desde os processos de projeto e construção indo até a utilização e manutenção da edificação. Neste contexto, a modelagem da informação da construção ganha espaço para adoção no Brasil.

4. Adoção da Tecnologia BIM no Brasil

Estudos de 2009 e 2011 apontam que a BIM encontra-se numa fase inicial de adoção no Brasil. Esta seção analisa algumas de suas características, identificando se elas promovem ou dificultam sua adoção pelos diversos agentes do setor da AEC. A análise foi realizada a partir de dimensões adaptadas do modelo proposto por Guedes, Vasconcelos e Vasconcelos (2008), que descreve as variáveis que intervêm na decisão da organização em adotar uma determinada inovação. Estes autores, baseando-se em Rogers (1995); Tornatzky e Fleischman (1990), e Frambach e Schillewaert (1999), estabeleceram uma relação de diferentes variáveis, atributos de uma inovação, que interferem na sua taxa de adoção.

As quatro dimensões utilizadas para análise são: (1) atributos próprios da tecnologia BIM; (2) atributos dos fornecedores e desenvolvedores de software; (3) atributos próprios da indústria da construção civil, e (4) características das empresas adotantes.

4.1. Dimensão 1: atributos próprios da tecnologia BIM

Esta seção analisa as características da modelagem da informação da construção identificando se elas favorecem ou dificultam a sua adoção nas empresas de AEC. O Quadro 1 sintetiza as variáveis a serem

analisadas nesta primeira dimensão.

Variável	Descrição
Vantagem relativa: aspectos qualitativos	Relaciona o grau em que a inovação a ser adotada (a modelagem de informação para construção) é percebida como mais adequada para a indústria da construção, incluindo todos os aspectos, exceto os econômicos.
Vantagem relativa: aspectos econômico-financeiros	Expectativa de retorno financeiro, ajustado pelo risco, da implementação da inovação.
	Custo da mudança: novo sistema; treinamento das pessoas; paradas para troca (setup).
	Expectativa de retorno sobre o investimento.
	Qualificação da mão de obra.
Compatibilidade	Relaciona a aderência ou não da inovação (BIM) aos valores, formação, experiência, cultura e necessidades dos profissionais de AEC.
	Compatibilidade Grau em que a adoção da BIM pode ajudar ou não a empresa em termos das possibilidades de adoção de outras tecnologias inovadoras da construção, atualmente em desenvolvimento.
Complexidade	Refere-se à dificuldade ou não que o adotante experimenta ao utilizar as novas potencialidades decorrentes da adoção da inovação.
Possibilidade de experimentação	Corresponde à possibilidade de utilização das ferramentas e aplicação dos processos, antes da implantação efetiva na empresa, mesmo que sob condições de restrição.
Visibilidade	Grau em que os resultados decorrentes da adoção da inovação podem ser percebidos pelos agentes mais significativos do processo.
Incerteza	Incerteza técnica: dúvida sobre o quanto confiável e tecnicamente eficaz é a inovação e como será seu funcionamento.
	Incerteza financeira: dúvida a respeito do retorno ou não sobre os investimentos feitos para adotar a inovação e a complexidade em determinar com precisão moderada tal retorno.
	Incerteza social: dúvida sobre ser aceitável ou não a ocorrência de conflitos na rede social do adotante em função da implementação da inovação.

Quadro 1 - Dimensão 1: atributos próprios da tecnologia BIM
Fonte: Adaptado de GUEDES, VASCONCELOS E VASCONCELOS, 2008

4.1.1. Vantagem relativa – Aspectos Qualitativos (Relaciona o grau em que a inovação a ser é percebida como mais adequada para a indústria da construção, incluindo todos os aspectos, exceto os econômicos)

A forma integrada de trabalho que o uso da tecnologia BIM propõe permite um maior controle sobre os produtos e os processos da construção e as diversas possibilidades de realização de simulações demonstram grandes vantagens em relação aos métodos de trabalho até então praticados. Um sistema no qual uma equipe multidisciplinar pode trabalhar simultaneamente e sobre uma mesma base dados, reduz a possibilidade de geração de erros e do retrabalho de um membro da equipe sobre as contribuições de outro profissional, tanto no projeto da edificação como em outras fases do seu ciclo de vida.

Outra vantagem qualitativa da BIM é a possibilidade de reduzir o tempo destinado às etapas de produção da construção (viabilidade econômica, projetos, construção e entrega ao cliente), além de poder dar suporte nas fases de manutenção e operação da edificação.

4.1.2. Vantagem relativa – Aspectos Econômico-Financeiros (Expectativa de retorno financeiro, ajustado pelo risco, da implementação da inovação. Custo da mudança. Expectativa de retorno sobre o investimento. Qualificação da mão de obra.)

A vantagem financeira só aparecerá com tempo de utilização do sistema, após investimentos em atualização e treinamento das equipes de trabalho, em aquisição de programas e equipamentos, em criação de bibliotecas, rotinas e padrões que otimizem o projeto da edificação. O trabalho em equipes multidisciplinares demanda uma capacitação mais ampla dos participantes, que deverão ter conhecimentos mínimos sobre todo o processo de trabalho.

Supõe-se que a modelagem da edificação demandará um processo de projeto mais custoso, devido à necessidade, a priori, de definição de todos os componentes da edificação. O modelo criado, no entanto, gerará benefícios financeiros nas etapas da construção e na manutenção da edificação, uma vez que permitirá um controle maior sobre os seus elementos componentes.

4.1.3. Compatibilidade (Relaciona a aderência ou não da inovação aos valores, formação, experiência, cultura e necessidades dos profissionais de AEC. Grau em que a adoção da BIM pode ajudar ou não a empresa em termos das possibilidades de adoção de outras tecnologias inovadoras da construção.)

O paradigma BIM pressupõe uma reinvenção do setor de AEC: ao invés de representação gráfica da edificação, os profissionais passam a trabalhar com o conceito de edifício virtual em ambiente computacional. O foco não é mais o desenho de pranchas explicativas, mas a definição de todos os componentes e seus atributos que fazem parte da edificação - os desenhos quando necessários são gerados de forma semi-automatizada pelo sistema.

Neste sentido, não se pode dizer que a modelagem da informação da construção tenha grande aderência com os valores, formação e experiência dos profissionais da área (será preciso reestruturar a sua formação e levará algum tempo até a formulação e o amadurecimento de novos processos de trabalho).

Se por um lado, esta proposta leva a uma grande mudança nos processos de projeto, os ganhos após a criação do modelo são potencialmente maiores, e pode-se dizer que respondem a algumas necessidades do setor (aumento de controle de processos, da produtividade, etc). Novas ferramentas estão sendo desenvolvidas enfocando esta tecnologia e é provável que o uso do BIM seja o caminho por onde os profissionais da AEC futuramente deverão trilhar.

4.1.4. Complexidade (Refere-se à dificuldade ou não, de utilizar as novas potencialidades da inovação)

A mudança de paradigma - modelar e analisar ao invés de desenhar - mostra uma nova abordagem e uma crescente complexidade no processo de projeto. A necessidade de trabalhar em equipes multidisciplinares demanda profissionais que tenham visão holística sobre a edificação e que saibam dialogar com pessoas de áreas diversas. Outro fator que aumenta a complexidade do processo é a necessidade da criação de rotinas e padrões para intercâmbio de dados. A interoperabilidade ainda é uma questão em desenvolvimento e não está completamente resolvida.

Apesar do contínuo desenvolvimento do padrão IFC, que visa promover o intercâmbio de dados entre as ferramentas utilizadas sem perdas ou retrabalho, é preciso definir outras questões sobre a interoperabilidade, como: quais informações cada profissional deverá inserir no modelo; como a modelagem deverá ser realizada de forma que ela seja útil a todos os membros da equipe; como será feita a proteção dos dados modelados (uma vez que um grande

número de pessoas terão acesso a eles); dentre outros aspectos.

Scheer e Ayres Filho (2009) identificam quatro níveis de modelagem envolvidos na BIM, sobre os quais diversos aspectos devem ser considerados: (1) a supermodelagem, que se ocupa dos processos envolvidos na produção do modelo, e resolve questões de cooperação entre as equipes de trabalho; (2) a metamodelagem, que trata da interoperabilidade, da criação de padrões visando a troca de dados entre diferentes ferramentas; (3) a micromodelagem, que tem o foco na criação de objetos que passarão a compor os modelos dos edifícios (portas, janelas, paredes etc.) e preocupa-se com a definição dos parâmetros e dos comportamentos destes objetos e; (4) a modelagem, que é instanciação das outras modelagens ou a criação efetiva do modelo de um determinado edifício. A principal característica da modelagem é a instanciação dos objetos criados na micromodelagem e seu principal objetivo é dotar o modelo de semântica, que é a qualidade que irá garantir a transmissão eficiente da informação, reduzindo a necessidade de complementação de informações.

Pode-se dizer que a complexidade da BIM é um fator que dificulta a sua adoção nas empresas, principalmente se nos referimos a sua utilização nas fases 2.0 e 3.0, definidas por Tobim (2008), quando questões de interoperabilidade devem estar resolvidas.

4.1.5. Possibilidade de experimentação (Corresponde à possibilidade de utilização das ferramentas e aplicação dos processos, antes da implantação na empresa.)

As ferramentas comercializadas normalmente dispõem de versões de demonstração, nas quais é possível realizar grandes quantidades de operações por certo período de tempo. Neste sentido, instalar uma ferramenta BIM e testá-la internamente dentro de um escritório ou empresa pode ajudar na escolha e na adoção da tecnologia.

No entanto, a experimentação da BIM apresenta uma complexidade bem maior quando tratamos da aplicação de processos. Uma questão mais difícil de ser resolvida é o desenvolvimento de novas metodologias de trabalho colaborativas, que pressupõem a adoção de tecnologias compatíveis pelos diferentes profissionais. Desenvolver e testar estas metodologias certamente aumentará bastante os custos de adoção, uma vez que demandará certo tempo para que todos os atores se ajustem e se familiarizem com as novas formas de trabalho, e envolverá custos significativos.

Se por um lado, as ferramentas podem estar disponíveis para estudos e testes, o que facilita a adoção da tecnologia, a complexidade que envolve o desenvolvimento de processos de trabalho colaborativo é uma característica que não estimula sua adoção.

4.1.6. Visibilidade (Grau em que os resultados decorrentes da inovação podem ser percebidos pelos agentes mais significativos do processo)

A literatura sobre BIM antecipa que as vantagens da sua utilização são potencialmente grandes. As tecnologias possuem potencial para promover a melhoria do projeto, e a construção de edificações melhores e mais eficientes, uma vez que aumentam o controle sobre os processos, reduzem desperdícios e permitem a realização de testes e validações. Os selos de qualidade, como AQUA e LEED, relacionados à sustentabilidade da edificação, dão maior visibilidade às construtoras e incorporadoras certificadas, junto aos seus potenciais clientes.

Internamente, dentro das empresas de AEC, a visibilidade dos resultados decorrentes da adoção da BIM pode ser traduzida pela redução: do tempo de projeto; do retrabalho; de erros referentes à incompatibilidade de informações das diferentes disciplinas; pela redução de desperdícios na obra, e da consequente economia que acarreta, além da possibilidade de testar e validar soluções, entregando um produto de melhor qualidade, dentre outras.

4.1.7. Incerteza (Incerteza técnica, financeira e social)

O fator incerteza deverá ser minorado com a maior utilização da BIM e o maior aprofundamento dos estudos e discussões sobre a tecnologia, tanto nas empresas como em ambientes acadêmicos e de pesquisa. A realização de testes, treinamentos, a difusão de material bibliográfico sobre o tema e a formação de recursos humanos também são fatores que tendem a minorar as incertezas relacionadas com a adoção da tecnologia.

4.2. Dimensão 2: atributos dos fornecedores e desenvolvedores de software

Esta seção analisa algumas características pertencentes aos fornecedores da tecnologia e sua relação com a promoção da adoção da BIM. O Quadro 2 sintetiza as variáveis que serão analisadas e suas descrições.

Variável	Descrição
Foco no cliente (agentes da AEC)	Adequação da inovação que será implementada às necessidades dos agentes (projetistas, construtores, incorporadores) em potencial. Tanto maior for tal ajustamento, maior a chance da adoção ter êxito.
Divulgação	A comunicação correta da inovação, que não apenas demonstra a tecnologia ou processo que se está para adotar, como também influencia a opinião do possível adotante. Depende tanto dos fornecedores, quanto dos canais de comunicação utilizados e do esforço dos agentes internos de mudança.
Redução do risco	Mecanismos de ajuste de risco que sejam disponibilizados ao potencial adotante podem influir positivamente a decisão de adotar dada inovação. Seja através de testes assistidos, contratos baseados em níveis de serviço e mesmo compartilhamento de risco (risk sharing), podem ser meios disponíveis aos fornecedores e/ou patrocinadores da inovação.
Reputação	Característica atribuída ao fornecedor, como: competência técnica, perenidade e imagem pública.
Dependência do fornecedor	Extensão na qual a empresa que adota a inovação depende, para implementá-la e mantê-la, de um único fornecedor.

Quadro 2 - Dimensão 2: atributos dos fornecedores e desenvolvedores de software
Fonte: Adaptado de GUEDES, VASCONCELOS E VASCONCELOS, 2008

4.2.1. Foco no cliente (agentes da AEC) (Adequação da inovação às necessidades dos agentes em potencial. Tanto maior for tal ajustamento, maior a chance da adoção ter êxito.)

Entendendo o cliente como o profissional que utilizará a tecnologia, percebe-se que muitos processos e métodos de trabalho deverão ser ajustados e que o profissional da AEC deverá se adequar aos novos paradigmas inerentes ao uso da BIM. Se, inicialmente, esta característica não favorece a adoção da tecnologia, a formação de recursos humanos aptos a trabalhar com a BIM tenderá a aumentar a sua taxa de adoção. Pode-se dizer também que esta modelagem não se ajusta plenamente aos processos de trabalho ora existentes, entretanto ela se adequa a diversas necessidades do setor da construção, uma vez que permite o aumento da integração dos processos e a melhora do produto criado.

4.2.2. Divulgação (A comunicação correta da inovação. Depende tanto dos fornecedores, quanto dos canais de comunicação utilizados e do esforço dos agentes internos de mudança.)

Sente-se falta de bibliografia nacional sobre o tema, que explique de forma clara os conceitos e as possibilidades da tecnologia. O que se encontra facilmente são prospectos e folhetos de empresas desenvolvedoras de software, que na maioria das vezes são incompletas e versam apenas sobre funcionalidades de ferramentas. É necessária a elaboração de metodologias de trabalho confiáveis e adequadas, que discutam a integração do processo de construção de forma global para que a adoção da BIM seja feita de forma mais eficiente e eficaz.

4.2.3. Redução do risco (Mecanismos de ajuste de risco que sejam disponibilizados ao potencial adotante podem influir positivamente a decisão de adotar dada inovação)

Os riscos de adoção podem ser reduzidos na adoção conjunta da tecnologia por equipes multidisciplinares. Por demandar um trabalho integrado, a adoção de diferentes plataformas pela equipe poderá reduzir muitas das vantagens que o uso da tecnologia potencializa. A contratação de consultores experientes na implantação da BIM em empresas e escritórios poderá ser uma alternativa viável para aqueles que estão iniciando este processo de inovação.

4.2.4. Reputação (Característica atribuída ao fornecedor, como: competência técnica, perenidade e imagem pública)

Várias das empresas desenvolvedoras de ferramentas BIM já estão no mercado há bastante tempo e possuem boa reputação. A substituição de um software CAD já utilizado na empresa por outro com foco na modelagem da informação e que seja da mesma softhouse aumenta a confiabilidade da solução desenvolvida.

4.2.5. Dependência do fornecedor (Grau que a empresa adotante depende de um único fornecedor para implantar e manter a inovação)

Este item contempla a questão da interoperabilidade, com a possibilidade de utilização de diferentes aplicativos, mantendo-se a integridade e consistência das informações. O uso de arquivos com formatos proprietários demandam

conversores de formato. O desenvolvimento e adoção do IFC tende a minorar a dependência em relação a uma ou outra plataforma.

Por outro lado, a adoção conjunta por vários atores e o desenvolvimento de metodologias e padrões para uma determinada aplicação, tende a fixá-la como a solução utilizada por este grupo de empresas e escritórios. Neste sentido, mesmo havendo a possibilidade de migração para outra plataforma, os custos relacionados com esta operação tendem a ser grandes e a própria operação desestimulante. Diante disto, é necessária a escolha criteriosa da solução a ser adotada, evitando-se os custos de migração que uma escolha inadequada possa acarretar.

4.3. Dimensão 3: atributos próprios da indústria da construção civil

Apesar do crescimento da indústria da construção civil, muitos fatores dificultam a inovação em seus produtos e processos. Schwark (2006) cita alguns destes fatores, tanto internos quanto externos à indústria: a pulverização e desorganização do setor, com grande número de pequenas empresas; a falta de política pública que incentive a inovação; a utilização de leis de trabalho ultrapassadas; a pouca qualificação de empregados do setor; a falta de uma política pública de longo prazo, a tributação e os juros, associados à limitação de crédito, que tendem a sufocar o mercado.

O Quadro 3 sintetiza as variáveis que serão analisadas em relação à indústria da construção nesta dimensão e suas descrições.

Variável	Descrição
Externalidades de rede	Relaciona-se à quantidade de organizações (interesse maior para as que operam em mercados competitivos) que já adotaram BIM.
Pressão competitiva	Em mercados altamente competitivos, a adoção de determinada inovação pode se configurar numa necessidade tendo em vista a manutenção da posição competitiva da firma.
Características da cadeia produtiva	Distribuição de poder através dos elos da cadeia produtiva da firma. A decisão de um elo poderoso da cadeia pode influenciar significativamente a adoção de inovações por fornecedores ou mesmo clientes.

Incerteza em relação ao mercado	Relaciona-se à incerteza da firma adotante em relação às tendências de mercado (se corroborariam ou estariam em desacordo com a proposta da inovação) e ainda com relação à aceitação ou não da inovação pelo cliente.
Regulamentação governamental	A pressão que as agências governamentais exercem sobre as firmas (seja nos aspectos relativos ao meio ambiente, normas de qualidade, abrangência do serviço e atendimento ao consumidor) pode incentivar e mesmo predispor a firma a adotar inovações.

Quadro 3 - Dimensão 3: atributos da indústria da construção civil
 Fonte: Adaptado de GUEDES, VASCONCELOS E VASCONCELOS, 2008

4.3.1. Externalidades de rede (Relaciona-se à quantidade de organizações que já adotaram BIM.)

Ainda não existem dados oficiais que mostrem a quantidade de empresas que já adotaram a tecnologia e que analisem seus processos de adoção. Em Salvador-BA, sabe-se de um processo sistemático de adoção em andamento, sendo realizado por uma empresa incorporadora³, e que escritórios de projetos já utilizam ferramentas BIM na chamada fase 1.0 (internamente, com propósito de melhorar seus processos de desenvolvimento de projeto e representação da edificação, ainda, contudo, sem foco no trabalho multidisciplinar).

4.3.2. Pressão competitiva (A adoção de determinada inovação pode se configurar numa necessidade tendo em vista a manutenção da posição competitiva da firma.)

Considerando que a tecnologia BIM encontra-se em uma fase inicial de adoção no Brasil, a pressão competitiva ainda não é tão relevante. A tendência, entretanto, é que com o aumento do número de empresas utilizando soluções BIM, esta pressão cresça tornando-se um fator que leve as demais empresas do setor a adotarem a inovação.

4.3.3. Características da cadeia produtiva (Distribuição de poder através dos elos da cadeia produtiva. A decisão de um elo poderoso da cadeia pode influenciar a adoção de inovações por fornecedores ou mesmo clientes.)

³ Incorporadora Syene. Informação obtida em seminário no Grupo de Estudos BIM-BA, no Laboratório de Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura e ao Desenho da FAUFBA.

A indústria da construção caracteriza-se por ser um setor pulverizado e ter um grande número de empresas dispersas atuando de forma concorrente no mercado. Schwark (2006, p. 4) comenta pesquisas realizadas pela SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, do Governo do Estado de São Paulo e pelo IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, ligado ao Ministério do Desenvolvimento, que indicam que as empresas maiores têm maior possibilidade de introdução de inovações. Neste sentido, construtoras e incorporadores, com maior aporte financeiro, têm maiores chances de serem os pioneiros na utilização integrada do BIM e de, consequentemente, influenciarem escritórios e empresas menores a adotarem a tecnologia.

4.3.4. Incerteza em relação ao mercado (Em relação às tendências de mercado e à aceitação ou não da inovação pelo cliente.)

Cozza (2006, p. 10) afirma que a incerteza do ambiente de negócios no Brasil dificulta a inovação, mas o crescente aumento no número de publicações nos últimos anos demonstra que a adoção da tecnologia BIM é uma tendência. Com a difusão e aumento da taxa de adoção da tecnologia, provavelmente a pressão competitiva entre as empresas do setor aumentará, propiciando vantagens àquelas que mais cedo tenham conseguido criar métodos de trabalho para utilização eficiente e eficaz da tecnologia.

4.3.5. Regulamentação governamental (Pressão que as agências governamentais exercem pode incentivar a empresa a adotar inovações)

Pode ser considerado um marco no desenvolvimento nacional sobre o tema, a união de algumas entidades setoriais e a ABNT para criar uma norma brasileira sobre BIM. A exigência de desenvolvimento de projetos utilizando tecnologias BIM, por parte de entidades governamentais certamente induzirá o crescimento da taxa de adoção da tecnologia, de forma semelhante como ocorreu com a adoção de programas editores de desenhos. A regulamentação governamental e a exigência de certificação por algumas empresas também poderá induzir ao aumento da taxa de adoção da tecnologia.

4.4. Dimensão 4: características das empresas adotantes

Cordeiro (2007) caracteriza as empresas de projeto como de baixa complexidade, baixa formalização, baixa verticalidade e baixa centralização.

Neste sentido, e como já citado, estas empresas apresentam maior dificuldade em adotar uma tecnologia tão complexa como a da modelagem da informação da construção. No entanto, diversos outros fatores, discutidos nas dimensões anteriores, podem levar os projetistas a iniciar este processo.

Quando falamos em empresas grandes, sejam de projeto, incorporadoras ou construtoras, as características destas empresas podem facilitar o processo de adoção, uma vez que já possuem procedimentos mais formalizados, lidam com uma maior complexidade de processos e tratam com um maior número de parceiros.

O Quadro 4 relaciona e descreve as características das empresas adotantes que serão analisadas, que podem influenciar no processo de adoção da tecnologia.

Variável	Descrição
Rede social	A rede social interna e externa dos profissionais que decidirão sobre a adoção da inovação desempenha papel potencialmente importante na medida em que tal rede pode servir de base para troca de informações relevantes para o processo e constituir fonte de reforço ou resistência à adoção.
Disposição da alta administração para inovar	O comportamento da alta liderança em quesitos como planejamento da implementação da inovação, comunicação e ajuste dos objetivos fundamentais do projeto pode influenciar significativamente o processo de adoção da inovação..

Quadro 4 - Dimensão 4: características das empresas adotantes
Fonte: Adaptado de GUEDES, VASCONCELOS E VASCONCELOS, 2008

4.4.1. Rede social (Rede social interna e externa dos profissionais que decidirão sobre a adoção da inovação)

A construção de mecanismos que estimulem internamente os atores a participarem do processo de adoção é importante para sua eficácia. A construção de redes de colaboração e equipes multidisciplinares de trabalho também facilitará a adoção da solução BIM.

4.4.2. Disposição da alta administração para inovar (Comportamento da alta liderança pode influenciar significativamente o processo de adoção da inovação)

A disposição e o empenho da alta administração das empresas na adoção é um fator que deve ser analisado, uma vez que esta adoção implicará em custos tanto para aquisição de materiais e equipamentos como para treinamento da equipe de trabalho. A produtividade também tende a cair durante o processo de implantação de uma nova tecnologia e os gestores devem estar cientes e acompanhar de perto este processo, de forma a estimular a equipe.

5. Considerações Finais

Todo processo de inovação traz riscos e incertezas, que tendem a ser minorados com o tempo e o crescimento da difusão da inovação. À medida que novos processos vão sendo testados e consolidados, o ambiente de incerteza vai sendo substituído por um cenário mais controlado e maduro. O Quadro 5 sintetiza as análise efetuadas nas diferentes dimensões, apontando quais as características apresentam vantagens e quais mostram-se desfavoráveis para a adoção da BIM.

Dimensão analisada	Aspectos favoráveis à adoção	Aspectos desfavoráveis à adoção
Dimensão 1 – Atributos da tecnologia BIM	<ul style="list-style-type: none">- Vantagem relativa, tanto nos aspectos qualitativos quanto nos econômicosfinanceiros, considerando-se o ciclo de vida da edificação.- Compatibilidade, possibilidade de adoção de outras tecnologias inovadoras.- Possibilidade de experimentação de ferramentas.- Visibilidade.- Pouca incerteza técnica, financeira e social.	<ul style="list-style-type: none">- Compatibilidade, quando pensamos na aderência aos valores e formação atuais dos profissionais de AEC. (Necessidade de capacitação de profissionais para trabalhar com BIM).- Complexidade. (Grande)- Possibilidade de experimentação de processos colaborativos. (Existe, porém com altos custos)

Dimensão 2 – Atributos dos fornecedores e desenvolvedores de software	<ul style="list-style-type: none"> - Foco no cliente, considerando-se as necessidades do setor da construção. - Redução de risco. Existem possibilidade de reduzir o risco da adoção, seja através da contratação de consultores especializados ou através da adoção conjunta por equipes de trabalho. - Reputação das empresas desenvolvedoras de software. 	<ul style="list-style-type: none"> - Foco no cliente, considerando a necessidade de capacitação dos agentes do setor. - Divulgação, pouca bibliografia nacional sobre o tema e falta de amadurecimento dos processos e métodos de trabalho. - Dependência do fornecedor. Apesar se ser possível a migração de plataformas de trabalho, ela traz altos custos.
Dimensão 3 – Atributos da indústria da construção civil	<ul style="list-style-type: none"> - Incerteza em relação ao mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Externalidades da rede (quantidade de empresas que já adotaram BIM). - Pressão competitiva (ainda pequena). - Características da cadeia produtiva. - Regulamentação governamental.
Dimensão 4 – Características das empresas adotantes	<ul style="list-style-type: none"> - Rede social interna e externa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disposição da alta administração para adotar.

Quadro 5 - Síntese das análises efetuadas nas diferentes dimensões

Pode-se verificar que os atributos da indústria da construção civil são os que mais apresentam aspectos desfavoráveis à adoção da BIM, porém considerase que vários dos aspectos desfavoráveis nas diferentes dimensões serão minorados com o aumento da utilização da inovação, o amadurecimento e a difusão de métodos e processos de trabalho mais eficazes.

O desenvolvimento da modelagem da informação da construção é uma tendência do setor de AEC, apesar da necessidade da resolução de diversas questões, como a criação de padrões e metodologias de trabalho.

Enfim, várias questões ainda devem ser trabalhadas objetivando aumentar a adoção da tecnologia BIM pelas empresas brasileiras. Acredita-se que as universidades e instituições de pesquisa deverão contribuir com estudos, análises e discussões sobre ferramentas, métodos e formas para implantar a tecnologia de forma rentável e eficaz.

Estes trabalhos devem ser feitos em contato direto e conjuntamente com as

empresas do setor. Da mesma forma que a criação de equipes multidisciplinares é fundamental para o trabalho com BIM, a aproximação das instituições de ensino com o mercado de trabalho será importante para o estudo e desenvolvimento de soluções conjuntas visando a promoção da adoção tecnológica de forma mais eficiente.

Referências

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: **Workshop Brasileiro Gestão Do Processo De Projeto Na Construção De Edifícios**, 9., 2009. São Carlos. Anais... São Paulo: USP, 2009.

CASTELO, A. M. A economia está recuperada e cresce, cresce... Os principais indicadores apontam uma trajetória virtuosa da economia. **Conjuntura Da Construção**. As vozes da cadeia produtiva e o futuro do setor. São Paulo: SindusCon SP, ano VIII, n. 2, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/imprensa/conjunturadaconstrucao/junho2010.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

CORDEIRO, A. L. M. **O projeto de edifícios em ambiente informatizados: uma abordagem macroergonômica**. 2007. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO. As vozes da cadeia produtiva e o futuro do setor. São Paulo: SindusCon SP, ano VIII, n. 2, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/imprensa/conjunturadaconstrucao/junho2010.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO. 6 pontos de uma agenda setorial para o crescimento sustentado. São Paulo: SindusCon SP, ano VIII, n. 4, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/imprensa/conjunturadaconstrucao/dezembro2010.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

DIAS, E. C.; CASTELO, A. M.; GARCIA, F. **A retomada do papel histórico da construção civil no Brasil**. Lições dos anos recentes e a responsabilidade com o desenvolvimento sustentado.

DIAS, E. C.; GARCIA, F. 6 pontos de uma agenda setorial. **Conjuntura Da Construção**. 6 pontos de uma agenda setorial para o crescimento sustentado.

São Paulo: SindusCon SP, ano VIII, n. 4, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/impressa/conjunturadaconstrucao/dezembro2010.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

EASTMAN, C. M. **Building Product Models**: Computer Environments Supporting Design and Construction. Florida: CRC Press, 1999. 411 p.

FUNDACÃO VANZOLINI. **Homepage**. Disponível em: <<http://www.vanzolini.org.br>>. Acesso em: 16 abr. 2011.

GARCIA, F.; CASTELO, A. M. **Construção civil gerou R\$ 137 bilhões de renda em 2009**. Medidas anticíclicas mantiveram o investimento em patamar elevado e permitiram forte retomada em 2010.

GUEDES, L. M. A.; VASCONCELOS, L.; VASCONCELOS, E. P. G. Adoção Organizacional de Inovações: Um Estudo sobre a Decisão de Adotar a Tecnologia de Celulares de Terceira Geração. In: **SemeAd – Empreendedorismo em organizações**, 11., 2008. São Paulo. Anais... São Paulo: FEA-USP, 2008. Disponível em: <<http://www.eadfea.usp.br/semead/11semead/resultado/trabalhosPDF/889.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2010.

HAASE, H.; ARAÚJO, E. C.; DIAS, J. Inovações vistas pelas patentes: exigências frente às novas funções das Universidades. **Revista Brasileira de Inovação**. v. 4, n. 2, p. 329-362. jul./dez. 2005. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/revista_brasileira_inovacao/oitava_edicao/inovacoes_vistas.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2011.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Homepage**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_18.asp>. Acesso em: 18 abr. 2011.

Natural Resources Defense Council: Building Green – **Leed Certification Information**. **Homepage**. Disponível em: <<http://www.nrdc.org/buildinggreen/leed.asp>>. Acesso em: 16 abr. 2011.

OCDE. **Manual de Oslo**. Mensuração das atividades científicas e tecnológicas. Trad.: FINEP. [Brasília, DF], 1997. 136 p.

OGGI, Francisco Pedro. Inovação na construção civil brasileira. In: **UNIEMP. Inovação em construção civil**: coletânea – 2006. 2006, 164 p. p. 81-101. Disponível em: <<http://www.uniemp.br/livros/inovacao-na-construcao-civil/Livro-inovacao-na-construcao-civil.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

PRATES, M. O. B. O desafio do aumento da produtividade. É previsível um gargalo produtivo em breve se não forem alterados os processos construtivos na construção civil brasileira. **Conjuntura Da Construção**. 6 pontos de uma agenda setorial para o crescimento sustentado. São Paulo: SindusCon SP,

ano VIII, n. 4, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/imprensa/conjunturadaconstrucao/dezembro2010.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

ROCHA, A. P. Entidades setoriais e ABNT se unem para criar normativa para o BIM. **PINIweb**, julho 2009. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/carreira-exercicio-profissional-entidades/entidades-setoriais-e-abnt-se-unem-para-criar-normativa-para-143537-1.asp>>. Acesso em: 7 ago. 2009.

ROGERS, E. M. **Diffusion os Innovations**. 5. ed. Nova York: Free Press, 2003. Disponível em: <<http://www.amazon.com/Diffusion-Innovations-5th-Everett-Rogers/dp/0743222091>>. Acesso em: 26 mar. 2011.

SANTOS, C. R. **Fatores de Influência para adoção da inovação em gestão de projetos: uma aplicação em tecnologia da informação**. 176 p. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2006.

SCHEER, S.; AYRES FILHO, C. G. Abordando a BIM em níveis de modelagem. In: **Workshop Brasileiro Gestão Do Processo De Projeto Na Construção De Edifícios**, 9., São Carlos. Anais... São Paulo: USP, 2009.

SILVA, M. A. C. **Os desafios de gestão da produção e tecnologia no novo cenário da construção civil**.

CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO. **Em busca do crédito habitacional sustentável**. São Paulo: SindusCon SP, ano VIII, n. 3, set. 2010. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/imprensa/conjunturadaconstrucao/setembro2010.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

SCHWARK, M. P. Inovação – Porque o desinteresse na indústria da construção civil. In: **Inovação em construção civil**: coletânea – 2006. São Paulo: UNIEMP, 2006. 164 p., p. 43-52. Disponível em: <<http://www.uniemp.br/livros/inovacao-na-construcao-civil/Livro-inovacao-na-construcao-civil.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2011.

TOBIN, J. **Proto-Building**: To BIM is to Build. AECbytes. Maio, 2008. Disponível em: <www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding_pr.html>. Acesso em: 14 jun. 2008.

Capítulo 3. Um pouco de história: modelagem de produto na construção

Artigo 1

Modelagem de Produto

**Cervantes Ayres Filho
Sergio Scheer**

Resumo

A modelagem de produto na construção, atualmente conhecida pelo termo BIM (Building Information Modeling) é uma tecnologia com reconhecido potencial para aumentar significativamente a qualidade dos processos e dos produtos da indústria da construção civil. A sua principal ferramenta é o modelo do edifício, um repositório de informações acessado por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento do edifício, da sua concepção à sua construção, manutenção e disposição final. O modelo do edifício representa as características físicas e funcionais dos componentes da edificação, em um ambiente multidimensional onde elas podem ser testadas e aprimoradas antes do início das obras. Diferentes disciplinas da construção utilizam aplicações computacionais próprias que acessam o modelo do edifício, extraem e processam os dados, e produzem informações que são então agregadas ao modelo, refinando-o incrementalmente. Os métodos para acessar os dados contidos nos modelos, porém, ainda são pouco documentados e disseminados entre os profissionais de Tecnologia de Informação ligados à indústria da construção. Assim, neste capítulo são colocados alguns aspectos teóricos relevantes com um pouco da evolução dos conceitos, da modelagem e dos modelos de produto que levam à modelagem de produto na construção.

Originalmente publicado em: AYRES, C. A. **Acesso ao Modelo Integrado do Edifício**. Curitiba, 2009 (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Setor de Tecnologia) Universidade Federal do Paraná.

1. Introdução

Modelagem é a criação de representações – chamadas modelos – de fenômenos ou sistemas, com o intuito de melhor compreender a sua natureza e prever o seu comportamento. Modelos traduzem para uma forma simplificada um conjunto de entidades complexo demais para ser apreendido em sua totalidade (MAHDAVI, 2003).

Essa abstração permite transmitir apenas as características essenciais do sistema representado, protegendo os receptores da informação de detalhes que prejudicariam a sua compreensão (TURK, 2001). Na indústria da construção são utilizadas modelagens em várias etapas do projeto de edifícios, da elaboração de esquemas explicando conceitos e equações prevendo comportamentos físicos à criação de protótipos para demonstrar a factibilidade das idéias. O próprio processo de projeto como um todo pode ser considerado uma modelagem: um refinamento sucessivo de um modelo conceitual, que é o edifício proposto (TAKEDA et al., 1990). Alguns tipos de modelagem utilizam representações tridimensionais digitais de um sistema, para fornecer uma visualização realista dos seus elementos e dos seus comportamentos (BEUCKE et al., 2005). Por exemplo, na indústria da construção brasileira – notadamente na fase de projetos – o termo modelagem está fortemente associado à criação de representações computacionais tridimensionais das edificações, também chamadas maquetes eletrônicas (SPERLING, 2002). Considerando a definição etimológica, qualquer representação de um edifício, independente do conteúdo e da ferramenta utilizada, pode ser chamada um modelo: esboços, estudos de volumetria, desenhos técnicos em papel ou digitais, maquetes físicas ou eletrônicas, detalhamentos, etc. Neste capítulo, o termo modelo refere-se ao resultado de uma abordagem de desenvolvimento de produtos industriais, chamada modelagem de produto. Um modelo de produto pode fornecer vários tipos de representação, entre elas as citadas anteriormente, com a vantagem de integrá-las em um único repositório, garantindo a consistência dos dados.

O desenvolvimento de produtos industriais é composto por uma série de operações complexas que podem ser organizadas em dois grandes grupos: o processamento de informações e o processamento de materiais. Dos primeiros esboços até o produto concluído, informação de vários tipos é gerada, transformada e transmitida entre as diversas fases do desenvolvimento, ao mesmo tempo em que ocorrem várias transformações nos materiais. Estes dois grupos de operações são fortemente relacionados e idealmente devem ser sincronizados. A principal maneira de se obter essa sincronização é representar toda a informação sobre o produto digitalmente, a partir das primeiras fases do desenvolvimento, na forma de um modelo do produto, que é então utilizado

para coordenar as atividades da produção. Essa abordagem é denominada modelagem de produto (HOSAKA e KIMURA, 1990). Um modelo de um produto, portanto, é um repositório único de dados sobre este produto, que orienta as atividades desenvolvidas durante todo o seu ciclo de vida (KRAUSE et al., 1993).

2. Modelagem de produto

2.1. O princípio da modelagem de produto

Apesar da ideia de integração do processo de produção ter sido a motivação dos primeiros sistemas CAD, foram as mudanças econômicas ocorridas a partir do final da década de 1970 que deram novo impulso ao tema e influenciaram os trabalhos que propuseram as atuais definições de modelagem de produto. A globalização dos mercados e a necessidade de fabricar produtos com maior qualidade, menor custo de produção e em menos tempo, deram origem a novas estratégias de desenvolvimento de produtos. Entre elas, a interconexão dos vários aspectos técnicos e gerenciais envolvidos na produção, a produção enxuta, a engenharia simultânea e o conceito de ciclo de vida do produto, que estendeu a responsabilidade do projetista para o campo dos impactos ambientais e a saúde dos usuários.

Estas novas estratégias de desenvolvimento tinham focos e abordagens distintos, porém compartilhavam uma necessidade fundamental por tecnologias de informação avançadas, que permitissem integrar e coordenar as diferentes visões sobre o produto durante o projeto, a fabricação e a operação (KRAUSE et al., 1993).

Sistemas computacionais já haviam demonstrado o seu potencial na racionalização de várias etapas isoladas do desenvolvimento de produtos, e surgiu a tendência para a integração dos diferentes sistemas através do fluxo digital de informações, em substituição à manipulação de diferentes modelos. Este fluxo teria o potencial para reduzir os custos de produção através da eliminação de atividades de re-entrada de dados, da redução de erros, atividades de controle e procedimentos de teste, e da disponibilização rápida e completa de informações sobre o produto e a sua produção, o que aumentaria a velocidade do processamento de pedidos e a qualidade do produto (GRABOWSKI e ANDERL, 1983).

A ferramenta principal nesse fluxo de informações mencionado por Grabowski e Anderl era a modelagem do produto. Em um retorno aos princípios originais do CAD, eles observaram que a adoção da modelagem permitiria que os

projetistas concebessem e validassem os novos constructos, e posteriormente comunicassem corretamente os detalhes de construção às fases de produção. Durante a concepção, o modelo do produto auxilia os usuários a explorar, documentar, compreender e predizer certas propriedades e comportamentos dos elementos representados. A validação é a verificação da conformidade do constructo proposto contra os diversos requisitos estabelecidos para a sua fabricação e operação, e a sua importância cresce conforme aumenta a complexidade dos produtos. O modelo do produto permite que sejam utilizadas listas de verificação e simulações computacionais para auxiliar o projetista nesta fase. Ele também proporciona uma comunicação mais eficiente entre as fases do desenvolvimento do produto, uma característica necessária para processos industriais que tornam-se cada vez mais complexos e envolvem um número crescente de pessoas e organizações, muitas vezes distantes geograficamente (PELS, 1996; MAHDAVI, 2003). Por proporcionar a integração dos diversos sistemas utilizados nos processos de desenvolvimento, a modelagem de produto foi considerada uma tecnologia chave no aumento da produtividade e para a sobrevivência competitiva das companhias (KIMURA et al., 1984).

2.2. Evolução dos modelos de produto

A funcionalidade oferecida pelos modelos de produto evoluiu em conjunto com as possibilidades técnicas dos computadores, as novas concepções de estruturação da informação trazidas pelo estudo dos modelos de dados, e as crescentes demandas por integração dos sistemas de produção. Essas demandas, porém, não foram homogêneas, seja considerando os processos produtivos ou os diferentes segmentos da indústria. A classificação ou evolução dos tipos de modelos coincide com o aumento da sua complexidade e é útil para ilustrar a origem das funcionalidades dos modelos mais recentes, mas diz respeito apenas ao aspecto técnico, e não à adoção efetiva pela indústria. Mesmo na atualidade, os primeiros e mais simples tipos de modelos ainda são utilizados como principal meio de transmissão de informações entre processos produtivos em determinados setores, como na construção civil por exemplo.

2.2.1. Modelo geométrico

Os primeiros modelos tinham por objetivo principal representar geometria dos elementos que compunham os produtos. Embora a ideia de representar informações complementares à geometria já estivesse presente desde o início do CAD, a grande dificuldade para equacionar processos complexos utilizando computadores ainda muito simples dirigiu grande parte das pesquisas para

a definição de teorias matemáticas que permitissem representar a geometria digitalmente. Eastman e Henrion classificam as primeiras experiências com modelagem no computador em três estágios: a abordagem inicial, denominada image modeling, enfocava a produção de desenhos, e sua preocupação maior era representar corretamente objetos tridimensionais em um plano (a tela do monitor) utilizando apenas linhas. O modelo resultante fornecia a informação necessária apenas para a visualização, possivelmente incluindo diferentes perspectivas e eliminação de linhas escondidas (hidden line). A segunda abordagem, chamada geometric modeling, tinha por objetivo a representação das superfícies dos sólidos (ou poliedros), para que fosse possível discretizar o seu volume interno e identificar conflitos espaciais. A terceira abordagem seria uma evolução do modelo geométrico, passando a incluir atributos adicionais ao formato, como material, densidade, função, cor ou quaisquer outras informações que fossem relevantes para a produção industrial (EASTMAN e HENRION, 1979).

2.2.2. Modelo variacional

O modelo variacional foi introduzido por Voelcker et al., no final da década de 1970, e estendeu o modelo geométrico com a possibilidade de definição dos sólidos através da associação de formas básicas definidas por uma linguagem procedural chamada PADL – Part and Assembly Description Language (VOELCKER et al., 1978). A PADL era baseada em funções para as quais eram passados os parâmetros desejados para os elementos geométricos, que então eram construídos durante a execução do programa. Estes parâmetros podiam ser modificados durante a execução, ao contrário da maioria das linguagens de definição de gráficos produzidas até então, que permitiam definir os valores apenas durante a programação do código – ou seja, através de comandos e não de funções.

Outro exemplo é a GDL, (Geometrical Description Language), que ainda é um dos métodos para definição de sólidos no software ArchiCAD (GRAPHISOFT, 2008).

Uma desvantagem do modelo variacional é a dependência em relação aos scripts – os arquivos de texto contendo as funções que geravam a representação dos sólidos durante a execução do programa. Embora pudessem ser bastante complexos e flexíveis, projetar por programação é sempre menos desejável do que fornecer ao projetista ferramentas visuais e um ambiente intuitivo para a construção dos elementos do projeto (HOFFMANN e JOAN-ARINYO, 2002).

2.2.3. Modelo baseado em restrições

O modelo baseado em restrições é outra variação do modelo geométrico, com a introdução da possibilidade de geração de instâncias de sólidos a partir de um conjunto de relações entre as entidades, que precisam ser mantidas. Quando as entidades são relacionadas, o programa utilizado na modelagem impede operações cujo resultado não atenda as condições de restrição. Os tipos de restrições foram classificados em grupos: geométricas ou dimensionais, equacionais, semânticas e topológicas (HOFFMANN e JOAN-ARINYO, 2002).

Restrições geométricas ou dimensionais mantém entidades relacionadas por uma condição de concentricidade, perpendicularidade, ângulo, distância, etc. As restrições equacionais mantêm entidades relacionadas através da avaliação de um atributo calculado a partir da sua geometria ou de variáveis tecnológicas como torque, densidade ou resistência. Restrições semânticas mantêm o relacionamento entre as entidades apenas se uma determinada condição for atendida. Restrições topológicas avaliam condições de incidência, conectividade entre elementos, conjuntos ou partes.

2.2.4. Modelo paramétrico

O modelo paramétrico estende o modelo geométrico para além da soma das representações topológicas e geométricas. Eles contêm também a metaestrutura a partir da qual novas instâncias dos sólidos podem ser derivadas. Deste modo, é mais apropriado pensar em modelos paramétricos como um conjunto de sólidos paramétricos, que são classes de sólidos específicos. Uma classe “prisma”, por exemplo, contém a informação necessária (a metaestrutura) para criar prismas de qualquer dimensão. A geração de uma instância de objeto é realizada por um algoritmo determinístico, que considera diferentes restrições e avalia parâmetros definidos na estrutura de informação que compõe o sólido paramétrico. Antes do desenvolvimento dos sólidos paramétricos, a modelagem gerava apenas sólidos específicos que, uma vez criados, não podiam ser modificados facilmente. A modelagem paramétrica, ao contrário, não enfoca a representação final do sólido, e sim as etapas envolvidas na sua construção, parametrizando-as e possibilitando que o usuário determine vários resultados para o mesmo objeto a partir da combinação dos seus atributos. A flexibilidade resultante pode ser explorada de muitas maneiras, e se constitui em importante avanço para a aplicação no desenvolvimento de produtos (HOFFMANN e JOAN-ARINYO, 2002). Os sólidos paramétricos são intimamente relacionados à tecnologia de orientação a objetos, de onde surge a denominação objeto paramétrico. Um objeto paramétrico pode ser entendido como uma unidade de informação (ou

classe) que encapsula os dados (os parâmetros) e métodos para processá-los (os scripts), resultando em uma instância do objeto. Outra analogia para o modelo paramétrico é considerá-lo uma associação das qualidades do modelo geométrico com as do modelo variacional.

2.2.5. Modelo baseado em características(features)

O modelo baseado em características é uma especialização do modelo paramétrico. A estrutura de classes proporcionada pela orientação a objetos permite explorar novas classificações hierárquicas além da geometria. Hvam defende que a modelagem de produto é diretamente relacionada a dois conceitos: a engenharia simultânea e a modelagem de características. A engenharia simultânea integra as atividades a partir do planejamento das fases do ciclo de vida do produto, reduzindo o tempo de entrega e os custos de produção. A modelagem de características é um meio de representar as diferentes visões que as várias disciplinas envolvidas no desenvolvimento de um produto têm sobre ele durante o seu ciclo de vida: concepção, topologia, desempenho, tolerâncias, produção, montagem, logística, etc. O modelo baseado em características armazena o conhecimento técnico que é adicionado ao modelo do produto em cada fase do ciclo de vida pelas várias disciplinas envolvidas, na forma de descrições gerais e de instruções específicas para geração de instâncias do modelo (desenhos técnicos, relatórios quantitativos, sequências de operações).

Enquanto a descrição geral é comum para todas as etapas do desenvolvimento do produto, as instâncias dependem de condições específicas de cada fase do ciclo de vida (HVAM, 2001).

Hoffman e Joan-Arinyo (2002) acrescentam que o uso de características passou a ser componente padrão da modelagem paramétrica, de onde pode se concluir a atual preferência por denominar de paramétricos modelos que possuem estruturas para descrever também as características do produto. Para os autores, as características proporcionam um vocabulário de alto nível para especificação de operações de criação de formas através da geometria parametrizada, atributos e restrições geométricas. Durante o projeto, as características capturam atributos técnicos explícitos e relacionamentos que auxiliam na definição de produtos, provendo informações essenciais para várias atividades e análises de desempenho. Na fabricação, as características podem ser combinadas para facilitar o planejamento. Para serem úteis, as características devem incorporar três diferentes conceitos: o aspecto geral, o comportamento e o significado técnico. O aspecto geral é a representação geométrica do objeto, definida por fronteiras (B-Rep), árvores de operações booleanas (CSG tree) ou por procedimentos criados com linguagens de definição geométrica.

O comportamento e o significado técnico são definidos através de atributos e regras, que condicionam o objeto em relação a um contexto específico.

O reconhecimento automático de características, a partir de um conjunto de regras ou padrões semânticos é assunto de interesse. Um dos principais desafios é o reconhecimento de características sobrepostas: quando as visões de várias disciplinas diferentes são combinadas, a topologia resultante pode mudar consideravelmente, e os algoritmos podem ter dificuldade para localizar as características adequadas. Outro desafio é registrar o conhecimento técnico adicionado durante as fases do desenvolvimento do produto: armazenar as diferentes visões sobre os dados do produto que cada disciplina utiliza é tão importante quanto armazenar os dados em si. Ainda mais, todas as modificações realizadas sobre uma determinada visão dos dados devem ser propagadas para as outras visões, atualizando todos os profissionais envolvidos (HOFFMANN e JOAN-ARINYO, 2002).

2.3. Modelos de dados de produtos

Modelos de produtos são gerados a partir de arcabouços formados por constructos lógicos que definem a forma e o significado para os dados que representarão o ciclo de vida de um produto (LACROIX e PIROTE, 1981). Esses arcabouços são criados em um processo de metamodelagem chamado modelagem de dados do produto. Yang e outros autores situam a modelagem de dados do produto na fase imediatamente posterior à análise da estrutura do produto a ser fabricado e do contexto onde será realizada a produção. Depois de criado, o modelo de dados do produto é implementado por vários programas de computador, dando origem ao modelo do produto, que pode ser armazenado em bancos de dados ou em arquivos de formato neutro (YANG et al., 2008). Modelos de produtos são, portanto, sempre instâncias de algum modelo de dados criado previamente.

Antes do advento da modelagem de dados, cada programa definia a sua própria forma de armazenar e recuperar dados, o que envolvia um enorme trabalho de programação e dificultava a adaptação e a evolução dos sistemas, como pode ser vislumbrado no protótipo de sistema CAD integrado criado por Charles Robinson (ROBINSON, 1966). Haynie (HAYNIE, 1983) relata que nos primeiros sistemas de desenvolvimento de projetos era comum que os dados do produto em desenvolvimento fossem indissociáveis dos procedimentos da aplicação CAD. Uma solução melhor, segundo o autor, seria tornar a informação independente da aplicação computacional, o que permitiria a definição de várias visualizações sobre um mesmo dado, por aplicações diferentes. Para isso, uma nova ferramenta seria adotada para armazenar os dados do projeto – o banco

de dados.

2.3.1. Bancos de dados

Bancos de dados não só proporcionaram uma forma muito mais eficiente de armazenar e recuperar dados, como também foram a primeira tecnologia que permitiu a modelagem de dados independente do programa que iria processá-los. Em 1975, o American National Standards Institute (ANSI) definiu a abordagem básica para a construção de bancos de dados chamada ANSI-SPARC, que ficou mais conhecida como “arquitetura de três esquemas” (three schema architecture). Os três esquemas do ANSI-SPARC eram o conceitual – que especifica a estrutura e o significado dos dados e segue as determinações dos processos do negócio; o esquema externo – que especifica a forma de apresentação dos dados e é utilizado pelas aplicações e pelos usuários da informação; e o esquema interno – que especifica a estrutura física do banco de dados, e segue determinações impostas pelo hardware e sistemas operacionais utilizados (PELS, 1996).

Após a introdução dos bancos de dados, grande parte das instruções para a interpretação da informação passou a residir no modelo de dados (o esquema de organização do banco de dados) e não mais nos programas que iriam acessá-la. Essa liberdade era essencial para o desenvolvimento de estruturas genéricas capazes de armazenar vários tipos de produtos, ou várias instâncias de um tipo de produto, mantendo o significado da informação e permitindo o acesso por diferentes aplicações durante as fases de desenvolvimento do produto.

Os primeiros sistemas de gerenciamento de bancos de dados, entretanto, destinavam-se a ambientes de negócios, e não contemplavam a complexidade das atividades de projeto, tornando o acesso à informação muito complicado. Para Lacroix e Pirotte (1981), as tecnologias utilizadas pelos primeiros bancos de dados não teriam capacidade suficiente para representar adequadamente a complexa informação de projetos de desenvolvimento de produtos. Tampouco a integração de processos produtivos poderia ser alcançada enquanto a interpretação das estruturas de dados fosse exclusividade de um grupo seletivo de especialistas, como os administradores de bancos de dados.

Para as aplicações CAD, os autores citados propõem a utilização de um modelo semântico de dados, que introduz a distinção entre os constructos que compõem as estruturas de dados e o valor que eles podem vir a receber.

2.3.2. Semântica

Os constructos de um modelo semântico de dados são as entidades, descritas através de elementos atômicos (como classes e propriedades) e os relacionamentos entre estas entidades. Para definir as entidades e os seus relacionamentos, foi necessário criar um novo sistema para notação do modelo de dados – a linguagem de definição de dados. As principais características dessa linguagem são fornecer diferentes abordagens para a descrição dos constructos (relacionamentos, hierarquias, associações), permitir que sejam modelados constructos com riqueza e precisão, e finalmente ajustar-se às várias situações e tipos de objetos que possam demandar modelagem, permitindo que os especialistas possam realizar essas atividade de modo que lhes pareça natural. Lacroix e Pirotte (1981) desenvolveram uma linguagem de definição de dados para a criação de modelos semânticos de placas de circuito elétrico, chamada ADDL (A Data Definition Language). Os modelos semânticos gerados pela ADDL não apenas eram mais facilmente interpretados pelos usuários como garantiam a coerência pelo uso de restrições aplicadas às entidades. Essa linguagem adiantou alguns conceitos que seriam aplicados posteriormente na criação de outras linguagens de definição de dados, como as regras de estruturação de domínio – que definiam os valores possíveis para os tipos complexos de dados (formados por conjuntos de tipos simples), as regras de restrição de domínio, que atuavam em conjunto com as primeiras para determinar qual combinação de domínios poderia constituir um tipo complexo válido, e finalmente a denotação de “objeto” aos tipos complexos que representavam unidades de informação razoavelmente autônomas no processo de projeto.

Mark Haynie relacionou algumas das especificidades às quais os bancos de dados deveriam adequar-se para serem úteis nas aplicações de engenharia: mesmo as unidades de informação mais simples utilizadas na engenharia costumam ser representadas por tipos complexos (um ponto no espaço, por exemplo, é composto por no mínimo três números reais), o acesso em baixo nível precisa ser flexível e a estrutura deve permitir modificações dinâmicas (pois a atividade de projeto é mutável), as operações de acesso de dados são longas, e o caráter iterativo e incremental do projeto exige que seja armazenado o histórico de modificações nos dados. Uma solução, segundo o autor, era a adoção do banco de dados relacional, no qual eram descritos além dos elementos, os relacionamentos entre eles. Haynie também afirmou que os modelos semânticos de dados não eram uma nova tipologia, e sim uma especialização do modelo relacional de dados. Nos bancos de dados relacionais, um relacionamento é definido por uma tabela contendo um número fixo de atributos (colunas) e um número variável de matrizes unidimensionais. As várias matrizes unidimensionais

são relacionadas entre si através de ponteiros chamados chaves primárias, compostas por uma ou mais das colunas de cada tabela (HAYNIE, 1983).

Para Eastman e Kutay (1989) , a abstração de dados proporcionada pelo modelo relacional foi um importante avanço, mas ainda era insuficiente para representar inequivocamente as informações de projetos de produtos. Bancos de dados dedicados a representar projetos (ou bancos de dados de projetos), como quaisquer outros, são implementados com o propósito de integrar múltiplas aplicações em um ambiente comum, garantindo a consistência e a integridade dos dados durante as operações.

Portanto, acessos concorrentes (quando vários usuários requisitam os mesmos dados) são ocorrências naturais, e devem ser controlados pelo sistema com naturalidade. Para isso, além da abstração de dados, outro tipo de abstração deveria ser incluída no modelo de dados – a abstração de operações sobre os dados (EASTMAN e KUTAY, 1989).

O conceito de transação de dados é intimamente relacionado ao de abstração de operações: em vez de permitir operações arbitrárias sobre o banco de dados, são definidas coleções de operações – ou transações – que quando executadas mantém a integridade do banco de dados. A definição de integridade utilizada nos bancos de dados de aplicações de negócios também não era adequada ao ambiente de desenvolvimento de produtos. Se ela fosse aplicada, uma estrutura rígida de dados e atividades teria que ser imposta e, mesmo assim, um banco de dados de projeto passaria grande parte da sua vida em condição de inconsistência, já que a informação de um projeto só pode ser considerada completa quando ele está perto da sua conclusão. A natureza iterativa do projeto faz com que não apenas os dados, mas também a sua estrutura de armazenamento seja modificada durante as fases do desenvolvimento e, portanto, a condição de integridade deve ser relativa ao contexto.

No sistema proposto pelos autores, não haveria uma condição de integridade total, apenas integridades relativas, garantidas pelas próprias transações de dados. Durante a execução das transações de dados, a integridade poderia ser violada, já que uma transação pode significar a transição entre diferentes fases do projeto. Após a execução bem sucedida da transação, uma nova condição de integridade do banco de dados emerge e dependendo do resultado, uma série de outras transações pode ser requisitada para propagar o resultado da primeira sobre o restante do banco de dados (EASTMAN e KUTAY, 1989).

2.3.3. Orientação a objetos

Mais recentemente, uma nova tecnologia foi incorporada na criação de modelos de dados – a orientação a objetos. Essa tecnologia foi aplicada

inicialmente em linguagens de programação de computadores, como o C++, no final da década de 1980. O objetivo era auxiliar os programadores a lidarem com a crescente complexidade dos programas de computador que até então eram baseados apenas em procedimentos. Como resultado, os programas passaram a ser organizados em conjuntos de objetos e interfaces para acesso aos seus dados. Em linguagens de programação, os objetos são também chamados Classes, enquanto as interfaces são chamadas Métodos. Recentes esforços provaram que a aplicação da orientação a objetos na modelagem de dados é capaz de digitalizar a informação sobre o produto em uma estrutura muito bem definida, onde os dados são mais facilmente acessados e modificados (YANG et al., 2008). A tecnologia da orientação a objetos é composta por três princípios: encapsulamento, hereditariedade e polimorfismo (SCHILD, 2002). O encapsulamento é o mecanismo que reúne os dados e os procedimentos para manipulá-los em um mesmo objeto, criando uma unidade de informação razoavelmente autônoma. Em um modelo de dados de produto, o encapsulamento poderia reunir vários tipos complexos de dados que representam um prisma, por exemplo, juntamente com as operações permitidas sobre estes dados (como modificar uma das dimensões ou calcular o volume) em um único objeto. A hereditariedade é a propriedade que permite organizar hierarquicamente os objetos e reutilizar estruturas de dados previamente construídas através da sua especialização. No desenvolvimento de produtos, essa propriedade pode facilitar o processo de derivação de componentes especializados a partir de formas básicas (sólidos geométricos transformados em componentes metálicos, por exemplo). Apesar de terem propriedades extras, os componentes derivados mantêm as propriedades herdadas das formas básicas, para facilitar a edição do componente. Finalmente, o polimorfismo permite que uma única interface abstrata adapte-se a diversas situações, reduzindo o número de objetos que precisam ser criados. Há várias situações no desenvolvimento de produto onde essa característica é útil – um simples exemplo é permitir que múltiplos sistemas de medida (métrico e imperial, por exemplo) sejam utilizados sem que seja necessário reprogramar o objeto. O polimorfismo também pode ser mais complexo, reconstruindo totalmente a forma de um objeto quando o seu contexto é modificado.

2.3.4. STEP

Atualmente, uma importante direção para a pesquisa sobre orientação a objetos no desenvolvimento de produtos é a apresentação dos dados do produto através de um formato padronizado. Um dos maiores avanços nesse sentido é a modelagem de dados baseada na norma ISO 10303, também chamada STEP, acrônimo de Standard for the Exchange of Product Model Data (norma

para transferência dos dados do produto). O seu objetivo é definir um formato neutro e interpretável para os dados do produto, durante todo o seu ciclo de vida, independente de sistemas específicos. A STEP é organizada em partes, os Application Protocols (protocolos de aplicação), ou APs, que definem padrões para estruturas de dados utilizadas por diferentes ramos da indústria. A norma também inclui uma linguagem formal para representação precisa e inequívoca dos dados do produto, chamada EXPRESS (SCRA-STEP, 2006).

As origens da STEP remontam a 1984, quando vários organismos de normatização nacionais reuniram-se para desenvolver uma única norma internacional de representação de modelos de produtos, cuja primeira versão foi publicada somente dez anos depois. ASTEP foi um dos avanços mais significativos em direção à integração dos processos produtivos através dos modelos de produtos. A sua proposta de padroniza a transferência de todos os dados relativos ao produto estava muito à frente das demais normas de representação de dados, que ainda se concentravam apenas na transmissão da informação geométrica (KRAUSE et al., 1993). Gielingh observa que a importância de padronizações como a STEP, chamadas Product Data Technologies(PDT), reside no fato de não existirem aplicações de projeto auxiliado por computador que suportem todo o ciclo de vida de um produto. Ao contrário, os empreendimentos modernos são consórcios de companhias em colaboração, e o desenvolvimento de produtos é realizado em muitas aplicações diferentes, cada uma atuando em um escopo reduzido. Desse modo, apenas com a padronização de dados possibilitada pelas PDT pode ser viável a utilização de modelos integrados de produto (GIELINGH, 2008).

Os modelos de dados STEP são definidos utilizando a linguagem de descrição de meta-dados chamada EXPRESS, apresentada na norma ISO 10303-11:1994. A definição dos modelos pode ser realizada textualmente ou graficamente, com a extensão EXPRESS-G. A EXPRESS aplica o esquema semântico de representação de dados, baseado em entidades, atributos e relacionamentos, e também possibilita criar generalizações e restrições para os dados. Fowler atenta para o fato de a Express ser por vezes mal entendida, e lembra que (FOWLER, 1996):

- EXPRESS não é uma metodologia – ela pode ser utilizada em conjunto com várias metodologias de desenvolvimento;
- EXPRESS não é uma linguagem de modelagem completa – tipicamente um modelo de dados consiste na definição em Express complementada por definições em linguagem natural e em diagramas;
- EXPRESS não é uma linguagem de programação. Não é possível compilar o modelo de dados descrito, mas ele pode ser mapeado por diversas linguagens de programação.

Os constructos utilizados na definição de modelos de dados em EXPRESS são o SCHEMA – uma subdivisão funcional do modelo que permite a reutilização de informações entre modelos diferentes; o TYPE, que descreve tipos “primitivos” de dados, como inteiro, real, booleano, string, etc.; ENTITY, que representa as unidades básicas de informação, que compõem o schema; SUBTYPE, que estabelece relações hierárquicas entre entidades diferentes; aggregations (SET, ARRAY, LIST, BAG), que determinam coleções de tipos ou entidades; e também unidades algorítmicas: FUNCTION, PROCEDURE e RULE, que são utilizadas para adicionar restrições adicionais ao modelo de dados (FOWLER, 1996).

2.4. A modelagem de produto e o contexto da sua implantação

A implementação da modelagem de produto de maneira efetiva requer o estudo das aplicações computacionais que serão utilizadas e também do contexto no qual elas serão introduzidas. Esse contexto é formado pela organização operacional das empresas e pelo fluxo de informações que ocorre entre as diferentes etapas do desenvolvimento de um produto, e determina os requisitos a serem atendidos pelas ferramentas de informação utilizadas. A organização operacional define os envolvidos nas atividades e as suas responsabilidades na geração e no controle da informação. É essencial que a ferramenta de informação empregada registre esses dados para que as responsabilidades possam ser constantemente rastreadas. O fluxo de informações é um resultado direto da organização das operações de produção: para cada atividade do desenvolvimento de produtos deve ser identificado o conjunto completo de informações relacionadas semanticamente, que serão necessárias para as atividades subsequentes (GRABOWSKI e ANDERL, 1983).

Krause e outros autores, em uma das mais influentes compilações sobre a modelagem de produto, definem uma estrutura semelhante, porém com diferentes nomenclaturas: os dois aspectos básicos a serem considerados pelas ferramentas de informação para a modelagem de produto são o modelo de produto em si, e as cadeias de processos produtivos envolvidas na sua fabricação. O modelo do produto é um repositório formado pela acumulação de toda a informação relevante sobre o produto, em uma estrutura de dados que forneça métodos de acesso adequados. Para auxiliar efetivamente nos processos de produção, o modelo do produto deve ser mais do que uma representação estática do produto acabado. Ele deve conter tanto os resultados últimos como os intermediários, para que a sequência de tomada de decisões que produziu a versão final do produto possa ser rastreada e analisada, permitindo que sejam aplicadas melhorias ao processo de produção. A informação armazenada no

modelo de produto provém das cadeias de processos produtivos (process chains), que compreendem todas as atividades técnicas e gerenciais necessárias para transformar as idéias iniciais em produtos finais, durante todo o ciclo de vida do produto. Uma vez que toda a informação gerada em determinada etapa do ciclo de vida será utilizada em outra, a sua transmissão eficiente é essencial para o gerenciamento da cadeia, e quaisquer processos de tradução ou mudança de formato deveriam ser evitados, já que eles sempre trazem o risco de perda de parte do significado ou mesmo ocorrência de erros (KRAUSE et al., 1993).

Lars Hvam propôs uma abordagem para a implementação da modelagem de produto baseada na teoria dos sistemas, onde os processos que constituem as cadeias produtivas são considerados como as atividades de um sistema, que nesse caso é o desenvolvimento do produto. Na primeira etapa são analisadas as diferentes tarefas do sistema, o que servirá de base para determinar o grau ótimo de suporte das tecnologias de informação aplicadas. Essas análises enfocam três grupos de informação: a estratégia da companhia, o benefício econômico que pode ser potencialmente obtido pela implementação da modelagem de produto em cada uma das atividades, e finalmente as questões de representação de dados e estruturação do conhecimento sobre o produto. O resultado dessa fase fornece ao sistema de planejamento dos processos produtivos todas as informações necessárias para que se obtenha uma produção otimizada. Após concluídas essas análises, é iniciada a segunda etapa de implementação da modelagem, na qual são definidos os conteúdos e a estrutura dos sistemas de informação que darão suporte ao desenvolvimento do produto (HVAM, 2001).

2.5. Perspectivas para a modelagem de produto

A modelagem de produto não foi adotada em massa por todos os setores e atividades industriais, mas continua sendo uma tecnologia chave no desenvolvimento eficaz de produtos, e é essencial para as estratégias de competitividade das corporações. Documentos em papel continuam a ser substituídos por documentos eletrônicos, e estes continuam a ser substituídos por modelos de produtos. Ainda não foram desenvolvidas aplicações que dêem suporte a todo o ciclo de vida de um produto, e é provável que esse nem seja um objetivo atualmente, visto que o desenvolvimento de produtos é um processo cada vez mais distribuído entre consórcios de organizações em cooperação. Neste sentido, considerar a possibilidade de transmissão de informações entre os processos e entre diferentes aplicações é determinante para o desenvolvimento eficiente de produtos (GIELINGH, 2008), e o principal veículo para a transmissão completa e inequívoca dessa informação ainda é o modelo de produto (YANG et al., 2008).

Referências

BEUCKE, K.; BÜRKLIN, B.; HANFF, J. e SCHAPER, D. Applications of virtual design and construction in the building industry. **Structural Engineering International**, v. 15, n. 3, 2005, p.129-134.

EASTMAN, C. M. e HENRION, M. Geometric modelling - a survey. **Computer-Aided Design**, v. 11, n. 5, 1979, p.253-272.

EASTMAN, C. M. e KUTAY, A. Transaction management in design databases. In: **MIT-JSME Workshop**, 1989, Cambridge. Berlin: 1991 334-351.

FOWLER, J. **STEP for Data Management Exchange and Sharing**. Twickenham: Technology Appraisals, 1996, 222 p.

GIELINGH, W. An assessment of the current state of product data technologies. **Computer-Aided Design**, v. 40, n. 7, 2008, p.750-759.

GRABOWSKI, H. e ANDERL, R. Integration of the design and manufacture planning process based on a CAD system with a technology oriented volume model. **Computers & Graphics**, v. 7, n. 2, 1983, p.125-141.

GRAPHISOFT. **ArchiCAD12 GDL Reference Guide**. Graphisoft, 2008, 336p.

HAYNIE, M.N. Tutorial: the relational data model for design automation. In: **Annual ACM IEEE Design Automation Conference**, 20, 1983, Miami Beach. New York: 1983. p. 599-607.

HOFFMANN, C. M. e JOAN-ARINYO, R. Parametric modeling (in: **Handbook of Computer Aided Geometric Design**). Amsterdam: Elsevier, 2002, 519-541 p.

HOSAKA, M. e KIMURA, F. A model-based approach to CAD/CAM integration. **Computers in Industry**, v. 14, n. 1, 1990, p.35-42.

HVAM, L. A procedure for the application of product modelling. **International Journal of Production Research**, v. 39, n. 5, 2001, p.873-885.

KALAY, Y. E. A database management approach to CAD/CAM systems integration. In: **Annual ACM IEEE Design Automation Conference**, 22, 1985a, Las Vegas. New York: 1985 111-116.

KIMURA, F.; DAWABE, S. e SATA, T. A study on product modelling for integration of CAD/CAM. **Computers in Industry**, v. 5, n. 3, 1984, p.239-252.

KRAUSE, F. L.; KIMURA, F.; KJELLBERG, T. e LU, S. C. Product modelling. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 42, n. 2, 1993, p.695-706.

LACROIX, M. e PIROTTE, A. Data structures for CAD object description. In:

Annual ACM IEEE Design Automation Conference, 18, 1981, Nashville.New York: 1981. p.653-659.

MAHDAVI, A. Computational building models:theme and four variations. In: **International IBPSA Conference**, 8, 2003, Eindhoven.

PELS, H.J. Product and process data modelling. **Computers in Industry**, v. 31, n. 3, 1996, p.191-

ROBINSON, C. E. A data structure for a computer aided design system. In: **Annual ACM IEEE Design Automation Conference**, 3, 1966, New York.New York: 1966.

SCHILD'T, H. **Java 2 - The Complete Reference**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2002, 1156 p.

SCRA-STEP. STEP **Application Handbook - ISO10303 - Version 3**. North Charleston: SCRA, 2006, 175 p.

SPERLING, D. M. O projeto arquitetônico, novas tecnologias de informação e o museu Guggenheim de Bilbao. In: **Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**, 2, 2002, Porto Alegre.

TAKEDA, H.; VEERKAMP, P.; TOMIYAMA, T. e YOSHIKAWA,H. Modeling design processes. **AI Magazine**, v. 11, n. 4, 1990, p.37-48.

TURK, Z. Phenomenological foundations of conceptual product modelling in architecture, engineering and construction. **Artificial Intelligence in Engineering**, v. 15, n. 2, 2001, p.83-92.

VOELCKER, H. B.; REQUICHA, A. A.G. e HARTQUIST, E. The PADL-1.0/2 system for defining and displaying solid objects. **ACM SIGGRAPH Computer Graphics**, v. 12, n. 3, 1978, p.257-263.

YANG, W. Z.; XIE, S.Q.; AI, Q. S. e ZHOU, Z.D. Recent development on product modelling: a review. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 1, 2008, p.6055-6085.

Modelagem de Produto na Indústria da Construção

Cervantes Ayres Filho
Sergio Scheer

Resumo

Neste capítulo é oferecido um rápido panorama histórico da evolução da modelagem de produto na indústria da construção, até o surgimento do termo BIM, bem como os desafios atuais para este novo paradigma de processo para o desenvolvimento de empreendimentos da construção civil.

Originalmente publicado em: AYRES, C. A. **Acesso ao Modelo Integrado do Edifício**. Curitiba, 2009 (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Setor de Tecnologia). Universidade Federal do Paraná.

1. Introdução

A sequência de atividades realizadas durante o projeto e a construção de edifícios pode ser considerada um processo de desenvolvimento de produtos. Podem existir vários produtos intermediários durante o processo, na forma de entregas de projetos, mas o que mais interessa à modelagem de produto na construção é o produto que atende ao cliente final – a edificação concluída. Definir a construção como desenvolvimento de produtos permite introduzir na indústria várias das práticas já desenvolvidas para aumentar a eficiência na produção da indústria de manufatura. Os contextos das duas indústrias, porém, divergem largamente, e compreendê-los é essencial para que essa transferência seja bem sucedida. Projetos na indústria da construção são geralmente desenvolvidos por equipes fragmentadas, com pouca consideração das necessidades do cliente, e os produtos entregues normalmente estão acima do orçamento e do prazo definidos. Além disso, o projeto de um produto na indústria da manufatura dá origem a várias unidades indistintas, fabricadas em série, enquanto na construção o desenvolvimento de produto origina apenas uma unidade (TZORTZOPoulos, 2004).

Outra especificidade da indústria da construção é a destinação principal dos investimentos. Pode-se classificar as tipologias produtivas em três grupos: as que concentram investimentos no desenvolvimento de novos produtos, as que concentram investimentos no desenvolvimento de melhores processos de produção, e as que concentram investimentos na manutenção de recursos (pessoas ou equipamentos) – que é o caso da indústria da construção. Por investir pouco em desenvolvimento de produtos e processos de fabricação, a indústria da construção não se beneficia dos avanços nas técnicas de gestão da produção tanto quanto outros setores industriais, em especial o de manufatura. Além disso, enquanto outros setores concentram grandes quantidades de investimento antes mesmo de qualquer comercialização, a indústria da construção é essencialmente dependente da contratação formal do serviço, o que em geral limita a capacidade de escolha e determinação de estratégias próprias das empresas (WORTMANN, 1992).

A construção demanda ferramentas de informação adequadas ao desenvolvimento one-of-a-kind, no qual situações diferenciadas e imprevisíveis invariavelmente emergem a cada projeto. Os requisitos para as ferramentas são decorrência da necessidade de fabricação de produtos únicos, através de processos únicos, por um grupo de parceiros configurado unicamente para um projeto específico. Esta situação não é favorável ao desenvolvimento de sistemas de informação, porque em geral os desenvolvedores procuram por procedimentos que se repitam, e estruturam as aplicações a partir de algoritmos que respondem

a eles. Associada a esta condição desfavorável, existe a resistência à adoção de tecnologias por parte dos atores da indústria da construção. Segundo Turk, em projetos típicos na construção, colaboram parceiros com diferentes níveis de proficiência em tecnologias de informação, e normalmente o denominador comum é nível menor. A média de domínio das tecnologias de informação por equipes no setor da construção também é considerada mais baixa do que em outros setores da indústria. A construção é um ambiente ruim para a transferência de tecnologia, por ser comparativamente mais conservadora, com pouca inovação no corpo central de conhecimentos técnicos, e não incentivar a educação continuada como prática comum. Finalmente, os profissionais da construção – particularmente os projetistas e consultores – trabalham em vários projetos simultaneamente, e a introdução de uma nova tecnologia por um determinado projeto gera a necessidade de trabalharem com dois tipos de ferramentas ao mesmo tempo (TURK, 2006).

Como consequência das suas características diferenciadas e da resistência à adoção de tecnologias de informação, a indústria da construção é considerada tecnologicamente atrasada em relação aos demais setores, com baixos índices de produtividade mesmo em países industrializados (LAM et al., 2005; BÉDARD, 2006). Pesquisas realizadas por Wang e outros autores revelaram que o atraso dos processos de execução de obras em decorrência de falhas na documentação do projeto é considerado fato comum para a indústria da construção britânica. Um terço das obras daquele país sofrem atrasos ou excedem os orçamentos iniciais em virtude de informações incorretas contidas nos desenhos e documentos (WANG et al., 2006).

No Brasil, os métodos empregados na construção de edificações mostram-se tecnologicamente defasados mesmo em comparação com outros setores da própria indústria da construção, como a construção de obras de infra-estrutura (NOVAES, 1996). A defasagem tecnológica do processo construtivo resulta em maiores custos, desperdício de materiais, baixa produtividade e produtos de má qualidade (MELHADO e AQUINO, 2001). Souza, estudando os processos empregados por empresas de construção, constata que determinadas fases da execução da obra, como as alvenarias de vedação, podem apresentar um índice de desperdício de materiais de até 40%. Souza (2005) defende que projetos com mais qualidade podem racionalizar o consumo de materiais, reduzindo a extração de matérias primas. Wortmann (1992) observou que a maioria dos aspectos cobertos pelas teorias de gestão da produção aplicavam-se somente à fabricação em série de produtos anônimos. Segundo ele, os sistemas de informação utilizados nesse tipo de fabricação geralmente assumem que a informação completa sobre o produto é um pré-requisito para o início da fase de produção.

A gestão da fase de produção, por sua vez, é considerada apenas uma questão de tomar decisões racionais baseadas em relatórios de acompanhamento e totalização. Na produção de artefatos únicos, entretanto, a informação completa, quando existe, fica disponível apenas na conclusão do empreendimento, e a gestão da produção deve motivar os profissionais envolvidos para que atuem cooperativamente, compensando esta desvantagem. Os sistemas de informação para o desenvolvimento de produtos únicos devem considerar esse aspecto, e proporcionar meios para a rápida atualização da informação entre todos os envolvidos quando ocorrem solicitações por parte dos clientes. Eastman e Kutay (1989), em consideração sobre estruturas de dados para sistemas CAD na indústria da construção, fazem a mesma observação sobre o caráter inherentemente incompleto da informação do projeto de edifícios.

Outra característica da produção na indústria da construção é a complexidade do produto. Edificações são compostas por milhares de partes distintas, que podem ser organizadas em várias composições, dependendo da função e dos processos construtivos. Por isso, é comum haver pequenas diferenças mesmo entre instâncias de uma parte que é utilizada repetidamente. Todas essas partes devem ser modeladas para que a integridade da informação seja mantida, assim como ocorre em produtos de manufatura. Porém um projeto de edificação tipicamente concentra-se na integração entre diferentes sistemas e composições, enquanto no desenho industrial ele concentra-se na otimização de componentes individuais para a produção em série. Embora os conceitos centrais sejam os mesmos, as funcionalidades e interfaces de um sistema para modelagem de edifícios são muito diferentes dos utilizados na manufatura. Por exemplo, mesmo que a modelagem de sólidos possa permitir a definição intuitiva e precisa da forma de uma peça mecânica, não é óbvio como essa funcionalidade deveria ser empregada no projeto de edifícios, que envolvem composições de grande número de partes. Revisar e modificar um modelo composto por sólidos geométricos representando partes detalhadas individualmente pode ser uma atividade mais demorada e sujeita a erros do que fazê-lo usando desenhos em papel (SACKS et al., 2004). Isso pode ser ilustrado pelo recente trabalho apresentado por Marcos e outros autores (2007), no qual são avaliadas as condições acessibilidade em uma habitação utilizando o software CATIA. As funcionalidades de identificação de conflitos espaciais e visualização tridimensional oferecidas pelo programa foram úteis na verificação da adequação do produto e produziram uma análise adequada, mas a criação e a modificação do modelo utilizado para a simulação foram dificultadas porque o CATIA não oferece funcionalidades necessárias para operações comuns no projeto de edifícios, como mover janelas e portas ou visualizar o edifício em planta.

Como resultado dessas especificidades, surgiu um ramo da informática especializado na criação de aplicações para a indústria da construção. Turk

(2006) propôs a definição formal do corpo de conhecimentos que durante os anos foi conhecido como construction informatics, computing in civil engineering, construction information technology ou ainda information and communication technology in construction e outros nomes. O autor define a informática na construção como um ramo científico com uma ênfase própria sobre as teorias de informação e computação, orientado para a solução dos problemas específicos oriundos dos processos de projeto e construção de edifícios, situado entre a pesquisa científica e a solução de problemas de engenharia.

2. Origens da modelagem de produto na indústria da construção

A ideia da modelagem de produto na indústria da construção é quase tão antiga quanto os primeiros sistemas CAD desenvolvidos pelo grupo de Douglas Ross no MIT, no início da década de 1960. Vários dos conceitos fundamentais da aplicação da modelagem no desenvolvimento de produtos na construção foram apresentados ainda durante a década de 1970. Gingerich, em 1973, observou que os programas de necessidades, sistemas e materiais utilizados nos edifícios estavam evoluindo muito rapidamente, e que a coordenação do projeto tornava-se cada vez mais complexa. Uma resposta a essa situação seria o uso de abordagens mais eficientes para o computador, que integrassem as tarefas que até então eram executadas por aplicações isoladas. Ele apresentou um protótipo de um sistema para a fase de definição da volumetria no projeto arquitetônico, baseado em duas interfaces: uma bidimensional, onde os elementos do projeto eram inseridos, e outra tridimensional, onde poderiam ser visualizados e modificados. As interfaces eram integradas e atualizavam-se automaticamente após as modificações no projeto. Uma terceira interface foi prevista pelo autor, que permitiria detalhar o projeto inserindo materiais, acessórios, portas, janelas e sistemas estruturais (GINGERICH, 1973).

A então nascente tecnologia de bancos de dados foi por muito tempo indispensável para o desenvolvimento de sistemas de modelagem de edifícios, pois oferecia a possibilidade de estruturar dados mais adequadamente, e recuperá-los mais rapidamente do que com a utilização de arquivos sequenciais. Em 1975, Charles Eastman cunhou a expressão Building Description System (BDS) para designar os CADs que se baseavam não em desenhos, mas sim em estruturas de dados contendo informação geométrica associada a atributos diversos, capazes de representar mais adequadamente os elementos de um projeto. BDSs foram definidos pelo autor como grandes sistemas de informação, com rotinas para entrada, manutenção de dados, processamento de análises

diversas e geração automática de relatórios. Desenhos técnicos, como os necessários para a construção do edifício, eram apenas mais um tipo de relatório, descrito graficamente. Eastman propôs que essa forma de representar edificações poderia tornar-se a principal documentação utilizada na indústria da construção (EASTMAN, 1976).

Os modelos utilizados nestes sistemas precisariam ser completos e coerentes, representando tanto os elementos do edifício como os seus arranjos. Dada uma completa representação tridimensional do artefato sendo projetado, o projetista poderia ter certeza de que todas as projeções bidimensionais geradas a partir dela seriam consistentes. As informações sobre a forma dos objetos poderiam ser integradas com informações funcionais e de desempenho, então aplicações poderiam acessar e manipular os dois tipos de dado, sem traduções manuais que são costumeiras quando se utiliza os desenhos. Aplicações utilizando modelos de edifícios poderiam fazer verificações de conformidade, avaliar o projeto estrutural, térmico ou de outras propriedades, estimar custos ou adicionar detalhes padronizados. Outras aplicações poderiam gerar visualizações, projetos para construção e controle numérico para produção de peças. Muitas outras aplicações poderiam ser imaginadas para os mais diferentes segmentos do projeto (EASTMAN e HENRION, 1977).

Apesar das vantagens teóricas e de apresentações ocasionais de sistemas prototípicos, a modelagem de produto foi ainda menos adotada na indústria da construção do que fora registrado em outros setores da indústria. Kalay, em 1985, observa que o rápido desenvolvimento tecnológico havia gerado uma crença na possibilidade de aumento de produtividade e economia de recursos pelo uso do computador. Como a produção de edifícios cada vez mais complexos envolvia uma quantidade crescente de recursos físicos e informações, imaginou-se que os processos da indústria da construção deveriam seguir a mesma tendência de integração e automação observada na indústria da manufatura. Entretanto, mesmo sendo desenvolvidos havia duas décadas, os sistemas CAD permaneciam gerando um impacto apenas marginal no processo de projeto de edificações. Para Kalay, a falha do CAD em melhorar as práticas de projeto de edificações e os seus produtos era resultado principalmente do papel dado aos computadores no processo de projeto: mais de 90% dos sistemas instalados ao redor do mundo, até então, eram utilizados apenas para desenho (drafting). Para ele, digitalizar desenhos não era necessariamente uma etapa essencial no progresso de um produto da concepção à produção, mas apenas uma forma de comunicação do resultado esperado para uma etapa. Para que os computadores fossem empregados de maneira mais efetiva no processo de projeto de edificações, a sua capacidade deveria ser desenvolvida da mera descrição de informações geométricas para a simulação de decisões de projeto. Era necessário incluir o significado técnico dos elementos do projeto e apoiar

o processo de análise das decisões projetuais através de um conjunto de regras e procedimentos que fossem capazes de extrair informação relevante do modelo. Deveria ser possível inferir informações que não fossem explicitamente modeladas, e também selecionar ações que modifcassem o modelo da maneira desejada (KALAY, 1985).

Em uma concisa revisão sobre o desenvolvimento do CAD na indústria da construção durante a década de 1980, Eastman relata que os objetivos originais que justificaram a tecnologia continuavam longe de ser implementados na prática. A década de 1980 observou a popularização do Personal Computer, o PC, em substituição aos minicomputadores utilizados na década anterior para o desenvolvimento de vários sistemas experimentais e comerciais. Também foi nesta década que o modelo de dados proprietário da Autodesk, o DXF, tornou-se a formato mais utilizado para a troca de informações na indústria (KALAY, 1985). Embora em teoria o nível tecnológico da computação já possibilitasse a implementação de várias das propostas iniciais do CAD para projeto de edificações, o desenvolvimento de edifícios no computador continuava centrado em desenhos. Além disso, Eastman observa que a maioria dos escritórios que haviam adotado o CAD o fizeram primeiramente por pressão dos clientes, que procuravam por empresas que transmitissem uma imagem de modernidade. Mesmo o benefício da agilização de tarefas repetitivas proporcionado pela digitalização dos desenhos era considerado apenas em segundo plano. De modo geral, a grande falha na implementação do computador no processo de desenvolvimento de produtos na construção continuava sendo a restrita utilização do conceito de modelagem de produto (EASTMAN, 1989).

CADs comerciais para modelagem de edifícios foram disponibilizados já no início da década de 1980. Essa foi a mesma época do surgimento dos CADs comerciais de desenho. Alguns textos recentes sugerem que as versões comerciais dos CADs de modelagem, atualmente conhecidos como BIM CADs evoluíram a partir dos CADs comerciais de desenho. Tse e outros autores (2005), porém, afirmam o contrário: a primeira versão do Allplan, da alemã Nemetschek, data de 1980 (NEMETSCHEK, 2012) e a empresa húngara Graphisoft lançou em 1984 o Radar CH, que na sua segunda versão (em 1986), passaria a chamar-se ArchiCAD (GRAPHISOFT, 2012). Ambos estavam bastante a frente do seu tempo, considerando que a primeira versão do Autocad é de 1983 e a do MicroStation data de 1984. Não houve, portanto, relação de evolução entre os softwares. A representação de edifícios por modelagem e a representação por desenhos foram duas abordagens diferentes adotadas pelas empresas desenvolvedoras desde o início da disseminação dos CADs comerciais. Porém, a proposta da modelagem de edifícios estava muito distante da capacidade do hardware disponível nos computadores da época, e os CADs baseados em primitivos geométricos e a representação do edifício por meio de desenhos

acabaram por tornar-se o padrão para o uso do computador na indústria da construção (TSE et al., 2005).

No início da década de 1990, CADs de modelagem de edifícios já eram comercialmente disponíveis há dez anos. O ArchiCAD da empresa búlgara Graphisoft, por exemplo, estava na quarta versão e a sua interface de modelagem de edifícios e geração automática de documentação já era perfeitamente reconhecível para os usuários atuais (VÉRTESI et al., 1991). A modelagem de edifícios ficou disponível para o público geral inicialmente nos sistemas Macintosh, e para o projeto de pequenas construções. Essa situação começaria a mudar com a exigência por maior qualidade e processos mais eficientes na indústria da construção, que fez ressurgir o interesse pela modelagem de produto. Eastman atentou então para o fato das ideias estarem sendo redescobertas ou até reinventadas, e que muito do insucesso da aplicação da tecnologia desde a década de 1970 era resultado da falta de compreensão dos seus objetivos e potencialidades para a indústria da construção (EASTMAN, 1992).

3. BIM – Building Information Modeling

Atualmente, o nome da proposta de modelagem de produto na construção é BIM, acrônimo de Building Information Modeling (IBRAHIM et al., 2003). No Brasil, a ABNT através da Comissão Especial de Estudos 134 instalada em 2009, passou a utilizar o termo Modelagem da Informação da Construção.

O termo BIM foi utilizado pela primeira vez pelo arquiteto e estrategista da Autodesk Phil Bernstein, sendo então popularizado com a ajuda do colunista especialista Jerry Laiserin).

Em 2003 a empresa americana Autodesk lançou um white paper sobre BIM e passou a utilizar o termo para promover o seu novo CAD, o Revit de propriedade de empresa adquirida em 2002. A idéia era reunir em um único conceito (de marketing, inclusive) o conjunto de funcionalidades integradas oferecidas pelo novo produto. Em essência, o Revit é um CAD de modelagem de edifícios, assim como ArchiCAD e Allplan já eram mais de dez anos antes. Porém o termo BIM mostrou ter um forte apelo comercial, e logo foi adotado pelas demais fabricantes como estratégia de mercado para divulgar os seus próprios CADs de modelagem de edifícios.

Definir BIM como um tipo de software, porém, reduz muito o seu significado, que é derivado da longa tradição de utilização do computador como suporte ao projeto. Aqui sugere-se que o termo BIM seja utilizado no sentido proposto por Eastman e outros autores (EASTMAN et al., 2008 e EASTMAN et al., 2011),

que na verdade é uma compilação dos princípios da modelagem de produto na construção, desenvolvidos a partir da década de 1970.

Seja a modelagem de produto na construção chamada BIM, prototipação de edifício, modelagem de edifício, construção virtual, edifício virtual ou qualquer outro nome, é atualmente considerada um catalisador para a adoção das práticas integradas de projeto. A sua utilização tem demonstrado significativas vantagens sobre processos tradicionais, mesmo em situações de integração limitada (por exemplo, apenas entre o projeto arquitetônico e o estrutural). No futuro, espera-se que uma integração mais ampla dê origem a novas oportunidades de negócios e melhore a produtividade da indústria da construção. Contratantes e profissionais do setor apenas começaram a compreender as novas possibilidades oferecidas (NIBS, 2007).

4. O escopo da modelagem da informação da construção - BIM

Na indústria da manufatura, a modelagem de produtos surgiu para integrar a informação em todos os processos do ciclo de vida de um produto. O seu campo de estudo, portanto, abrange tudo que está relacionado com qualquer atividade entre a concepção e a disposição final do produto. Do mesmo modo, a BIM abarca um amplo espectro de conceitos, atividades, técnicas, ferramentas e atores, reunidos em relacionamentos complexos e distribuídos por todas as atividades inerentes à indústria da construção. Estudos sobre a BIM podem incluir trabalhos com abordagens tão diversas quanto a definição fenomenológica do termo “modelo” (TURK, 2001) e a estruturação lógica do seu armazenamento em disco (HANNUS, 1991).

Não obstante a sua amplitude, a BIM pode ser mais facilmente compreendida se for abordada em diferentes níveis de abstração, sendo níveis mais altos relacionados com o contexto da aplicação da tecnologia, e os mais baixos relacionados com os aspectos mais técnicos das suas ferramentas. A iniciativa de regulamentação da modelagem de produtos para a indústria de obras de infra-estrutura nos Estados Unidos, a National Building Modeling Information Standard (NBIMS), por exemplo, adota um esquema de abstração em três níveis: A BIM é entendida como um produto, como uma ferramenta e como um processo. Como um produto, a BIM refere-se ao modelo da edificação, ou seja, uma entrega do processo de projeto baseada em padrões abertos e criada por ferramentas de informação. Como ferramenta, a BIM refere-se às aplicações que interpretam o modelo da edificação e agregam informações e representações a ele, chamadas BIM authoring tools. Por fim, a BIM é entendida como um processo colaborativo

formado por atividades desenvolvidas durante todo o ciclo de vida da edificação (NIBS, 2007). Interpretar a BIM como processo, ou seja, a partir de um nível de abstração mais alto, é essencial para a sua efetiva compreensão, já que qualquer modelagem de produto tem como pré-requisito integrar diferentes fases do desenvolvimento de um produto. Por outro lado, porém, os níveis mais baixos de abstração têm também uma importância central, pois são cruciais para se realizar completamente o acesso aos modelos de edifícios.

Em capítulo mais adiante neste livro, uma abordagem em níveis de abstração para um amplo entendimento do escopo de BIM é colocada. A proposta é de uma classificação original, em quatro níveis de abstração: metamodelagem, modelagem, modelo, e objetos – as partes que compõem o modelo. No nível mais alto, o da metamodelagem, figuram as questões sobre modelos conceituais, interoperabilidade de aplicações e os impactos da tecnologia sobre a indústria, por exemplo. No nível da modelagem são abordadas questões relacionadas à criação dos modelos, e consequentemente as funcionalidades e interfaces das aplicações CAD que realizam a modelagem de produto, também chamados BIM CAD ou BIM-based CAD (IBRAHIM et al., 2004). No nível do modelo são enfocadas as relações semânticas entre os diferentes objetos que o compõem. Finalmente, no nível mais baixo, o dos objetos, são abordadas as questões sobre a funcionalidade das partes que compõem o modelo, como inteligência contextual, comportamento, atributos necessários para a descrição de elementos construtivos, entre outros.

Cada nível de abstração proposto inclui diversas características importantes para a tecnologia BIM, mas é possível perceber na literatura sobre o tema que existem conceitos centrais que podem ser atribuídos para cada nível, quando a BIM é enfocada a partir de um ponto de vista mais técnico. Na metamodelagem, o conceito principal é a interoperabilidade entre aplicações; na modelagem, a consistência da informação; no modelo, a estruturação semântica; e nos objetos, o comportamento. Os trabalhos consultados, embora utilizem terminologias diferentes para os conceitos, não atribuem o termo modelagem (ou equivalente) a abordagens de desenvolvimento de produtos que não apresentem estas quatro qualidades.

Para uma revisão mais aprofundada, sugere-se que o leitor consulte os dois trabalhos seminais sobre modelagem de produto na construção, os quais cobrem os quatro níveis de abstração mencionados: Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction (EASTMAN, 1999) e o mais recente BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors já com a segunda edição lançada (EASTMAN et al., 2011).

5. Perspectivas para a BIM

As potencialidades e as possíveis causas para sua pequena adoção na prática são temas dos estudos sobre modelagem de produto na indústria da construção há mais de trinta anos. A resistência às mudanças e as condições especiais da indústria da construção foram constantes barreiras a uma adoção mais generalizada da tecnologia, a despeito das suas vantagens, que vem sendo anunciadas desde o final da década de 1970. Muito dos temas pesquisados atualmente ainda poderiam ser explicados por artigos de décadas atrás.

Eastman, por exemplo, afirmou que a relutância da indústria em adotar a modelagem de produto teve como causas a falta de pesquisa de modelos semânticos e abertos, que melhor representassem o edifício e os seus processos de construção e permitissem a troca de dados entre as aplicações; a falta de ferramentas de modelagem mais intuitivas que se aproximassesem do modo de trabalho dos projetistas; os benefícios potenciais limitados causados pela fragmentação da indústria; e as disputas de responsabilidades legais entre as diferentes disciplinas envolvidas nos projetos (EASTMAN, 1989).

Uma pesquisa realizada em 2005 junto a empresas de construção de Hong Kong a respeito das principais ferramentas de projeto revelou que entre 788 projetistas entrevistados, 93% afirmaram utilizar o Autocad, 85% afirmaram utilizar o 3DStudio Max ou o 3DStudio VIZ e 29% o MicroStation (TSE et al., 2005).

Quase um terço dos respondentes já havia testado e adotado a modelagem de produto, mas o processo de construção da grande maioria dos edifícios em um grande centro urbano como Hong Kong provavelmente depende da frágil operação de reconstrução da informação a partir de uma grande quantidade de desenhos bidimensionais isolados. Além disso, dois softwares de modelagem gráfica e animação que não oferecem funcionalidades coerentes com as operações realizadas em um projeto de edificação são intensamente aplicados.

Também é recorrente a questão da adaptação das ferramentas BIM às fases menos “modeláveis” do processo de projeto, como a concepção arquitetônica ou de estruturas. Nesses casos, a possibilidade de modelar o edifício e analisá-lo não garante necessariamente dar suporte ao desenvolvimento de projetos, que começa com esboços, passa por desenhos esquemáticos e termina com a produção da documentação. Fases iniciais do processo de projeto não consistem em posicionar vigas, canos e outras peças de catálogo. Consistem em definir e compor abstrações variadas, que podem ser espaços, estações de trabalho, massas do edifício, superfícies visuais, entre outras. A dependência por abstrações nas fases iniciais do projeto é uma prerrogativa do projetista no

desenho manual, e também deveriam ser do desenhista no computador. Os primeiros sistemas CAD que pretendiam oferecer suporte a mais de um tipo de atividade de projeto, porém, normalmente fixavam a sequência e do projeto só funcionavam se a informação fosse inserida em uma determinada ordem. Sistemas CAD deveriam suportar um vasto repertório de abstrações e várias possibilidades de sequenciamento do desenvolvimento do projeto.

O projetista então poderia escolher o modo de trabalho que lhe parecesse mais adequado. Poucas pessoas que seriamente consideram-se “projetistas” deveriam aceitar uma organização do projeto (manual ou no computador) que pré-especifica rigidamente as abstrações a serem usadas e a sua sequência de aplicação (EASTMAN e HENRION, 1979; EASTMAN, 1980a). Atualmente, essa continua sendo uma situação mal resolvida. Turk, por exemplo, afirma que a tentativa de criar “modelos de concepção”, que definem a natureza dos objetos e relações que representam um edifício carece de estudos mais aprofundados, e tem comumente sido abordada a partir da questão técnica apenas. A simples proposição de gerar projetos de edifícios a partir de modelos parece para ele contraditória, pois a concepção de ideias orientada por modelos, sejam rígidos ou não, pode impedir o projetista de vislumbrar soluções originais que não sejam previstas pela estrutura do modelo (TURK, 2001). Ibrahim e outros autores fazem afirmação semelhante referindo-se às capacidades oferecidas pelos objetos paramétricos (IBRAHIM et al., 2003).

Com relação à integração dos processos de projeto e simulação, Augenbroe afirma que a disponibilidade de ferramentas por si só não significa que a atividade exercerá influência sobre a evolução do projeto de edifícios. Para isso, é preciso garantir que a simulação seja realizada na hora certa, e pelos motivos certos. Isso requer tanto uma garantia de qualidade da simulação quanto uma coordenação mais adequada do processo de projeto. Além disso, modelos de dados para a integração “fácil” dessas ferramentas com os sistemas CAD são uma promessa há décadas, e houve poucos resultados práticos (AUGENBROE, 2002).

Chastain e outros autores afirmam que a subestimação dos potenciais das novas tecnologias de informação sobre o modo de conduzir as atividades da construção resulta na subutilização do seu potencial revolucionário e em aplicações inadequadas aos seus contextos. Para eles, tecnologias como a modelagem de produto só podem ser plenamente realizadas com a reorganização de grande parte dos processos, que ainda são orientados por um paradigma originado em um contexto anterior à informática (CHASTAIN et al., 2002). Para Kalay, é preciso transformar a atual estrutura hierárquica e sequencial do processo de projetos para uma estrutura de atividades paralelas e mais efetivamente relacionadas (o que chamou de interleaved process). A informação, nesse novo processo, seria um recurso plenamente acessível a todos os participantes, instantaneamente

(KALAY, 2005).

Mahdavi sugere quatro abordagens para compreender a atual utilização dos modelos de edifícios e as novas possibilidades e desafios para a nova geração de aplicações. A primeira abordagem tem recebido mais atenção da comunidade científica: a integração da representação, com a utilização de repositórios únicos ou interconectados para reunir e organizar toda a informação sobre o edifício. Modelos, porém, podem oferecer funcionalidades muito mais sofisticadas, como a inversão do modo tradicional de inferência sobre os elementos. Habitualmente, pensa-se no processo de modelagem como definição de objetos paramétricos dos quais posteriormente se extraem dados para análises diversas. Os resultados das análises são utilizados então para redefinir estes objetos. Mahdavi propõe como segunda abordagem o projeto orientado pelo desempenho, pelo qual a definição prévia de requisitos orienta automaticamente a inserção dos objetos paramétricos configurados para atender ao desempenho desejado para a edificação. Uma terceira abordagem levaria a modelagem um passo adiante: a consideração do desempenho não de um campo de simulação, mas sim de todos os que o projetista considerar necessários. Sistemas de modelagem com essa funcionalidade teriam que combinar as diferentes definições para o desempenho da edificação provenientes das suas respectivas simulações e identificar o melhor conjunto de atributos para os objetos paramétricos. Por fim, Mahdavi propõe uma quarta abordagem, que é a extensão do modelo resultante das simulações de desempenho para as fases de operação e manutenção do edifício (MAHDAVI, 2003).

Apesar da necessidade de aumentar a quantidade e a profundidade dos estudos sobre a modelagem, a aceitação das suas vantagens para a indústria da construção cresce paulatinamente no Brasil como pode ser comprovado em alguns capítulos deste livro editado sobre BIM.

Por certo, as ferramentas precisam se adaptar melhor aos processos da indústria e alguns destes, por outro lado, precisam ser revistos em face às novas possibilidades tecnológicas. A questão da educação dos profissionais, e quais conhecimentos serão necessários para atuar com a modelagem de edifícios (BIM) deve tornar-se cada vez mais preponderante, segundo os especialistas.

Em levantamentos recentes, da última década e que podem ser vistos na literatura especializada, todos concordaram nos benefícios da tecnologia, sendo o cliente apontado como principal beneficiário na maioria das respostas, como nos estudos de Howard e Björk (2008) e Hartmann e Fischer (2008).

Referências

- AUGENBROE, G. Trends in building simulation. **Building and Environment**, v. 37, n. 8-9, 2002, p.891-902.
- BÉDARD, C. On the adoption of computing and IT by industry: the case for integration in early building design. In: **Intelligent Computing in Engineering and Architecture**, 13, 2006, Ascona. Berlin: 2006 62-73. p.237-248.
- EASTMAN, C. M. General purpose building description systems. **Computer-Aided Design**, v. 8, n. 1, 1976, p.17-26.
- EASTMAN, C. M. Information and databases in design. **Design Studies**, v. 1, n. 3, 1980a, p.146-152.
- EASTMAN, C. M. Architectural CAD: a ten year assessment of the state of the art. **Computer-Aided Design**, v. 21, n. 5, 1989, p.289-292.
- EASTMAN, C. M. Modeling of buildings: evolution and concepts. **Automation in Construction**, v. 1, n. 2, 1992, p.99-109.
- EASTMAN, C. M. Building Product Models: **Computer Environments Supporting Design and Construction**. Boca Raton: CRC Press, 1999, 424 p.
- EASTMAN, C. M. e HENRION, M. Glide: a language for design information systems. In: **SIGGRAPH- International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques**, 4, 1977, San Jose. New York: 1977 23-33.
- EASTMAN, C. M. e HENRION, M. Geometric modelling - a survey. **Computer-Aided Design**, v. 11, n. 5, 1979, p.253-272.
- EASTMAN, C. M. e KUTAY, A. Transaction management in design databases. In: **MIT-JSME Workshop**, 1989, Cambridge. Berlin: 1991 334-351.
- EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2008, 490p.
- EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. 2nd ed. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2011, 626 p.
- GINGERICH, J. Z. Computer graphics building definition system. In: **Annual ACM IEEE Design Automation Conference**, 10, 1973, Piscataway: 1973.
- GRAPHISOFT. **Archicad** (página da internet). 2012. <http://www.graphisoft.com/products/archicad/>, acessado em 12.2012.

HANNUS, M. Implementation of object oriented product model applications. In: **CIB W78 Workshop**: The Computer Integrated Future, 1991, Eindhoven.

HARTMANN, T. e FISCHER, M. **Applications of BIM and hurdles for widespread adoption of BIM** - 2007 AISC-ACCL eConstruction Roundtable Event Report. Stanford: CIFE/Stanford University, 2008, 20 p.

HOWARD, R. e BJÖRK, B.-C. Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment. **Advanced Engineering Informatics**, v. 22, n. 2, 2008, p.271-280.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R. e SCHIPPOREIT, G. CADsmart objects: potentials and limitations. In: **International eCAADe Conference**, 21, 2003, Graz. 547-551.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R. e SCHIPPOREIT, G. Two Approaches to BIM: A Comparative Study. In: **eCAADe Conference**, 22, 2004, Copenhagen. 610-616.

KALAY, Y. E. Redefining the role of computers in architecture: from drafting/modelling tools to knowledge-based design assistants. **Computer-Aided Design**, v. 17, n. 7, 1985, p.319-328.

KALAY, Y. E. The impact of information technology on design methods, products and practices. **Design Studies**, v. 27, n. 3, 2005, p.357-380.

LAM, P. T. I.; WONG, F.W.H. e CHAN, A. P. C. Contributions of designer to improving buildability and constructability. **Design Studies**, n. 27, 2005, p.457-479.

MAHDavi, A. Computational building models: theme and four variations. In: **International IBPSA Conference**, 8, 2003, Eindhoven. 3-17.

MARCOS et al 2007...

MARCOS, M.; OKIMOTO, M. L. L. R.; SCHEER, S.; WIGINESCKI, B. . Avaliação e análise de acessibilidade de um deficiente físico motor, através do software CATIA, em habitações de interesse social. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2007, Curitiba. **Anais do WBGPCE2007**. Curitiba: CESEC / UFPR, 2007. v. 1. p. 1-6.

MELHADO, S. B. e AQUINO, J. P. R.D. Perspectivas da utilização generalizada de Projetos para Produção na construção de edifícios. In: **Gestão Do Processo De Projeto Na Construção De Edifícios**, 2001, São Carlos, SP. Disponível em http://www.eesc.sc.usp.br/sap/workshop/anais/PERSPECTIVAS_DA_UTILIZACAO_GENERALIZADA_DE_PROJ_PARA_PRODUCAO.pdf. Acessado em: 20.11.2006.

NIBS. **National Building Information Modeling Standard**. National

Institute of Building Sciences, 2007, 183 p.

NOVAES, C. C. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. São Paulo, 1996, 280 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SACKS, R.; EASTMAN, C. M. e LEE, G. Parametric 3Dmodeling in building construction with examples from precast concrete. **Automation in Construction**, v. 13, n. 3, 2004, p.291-312.

SOUZA,U. E. L.D. **Como reduzir perdas nos canteiros**. São Paulo: Pini, 2005, 128 p.

TSE, T.-C. K.; WONG, K.-D. A. e WONG, K.-W. F. The utilisation of building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 10, 2005, p.85-110.

TURK, Z. Phenomenological foundations of conceptual product modelling in architecture, engineering and construction. **Artificial Intelligence in Engineering**, v. 15, n. 2, 2001, p.83-92.

TURK, Z. Construction informatics: definition and ontology. **Advanced Engineering Informatics**, v. 20, n.2, 2006, p.187-199.

TZORTZOPOULOS, P. **The design and implementation of product development process models in construction companies**. Salford, 2004, 321 p. Tese (Doutorado). School of Construction and Property Management,University of Salford.

VÉRTESI, L.; BOJÁR,G. eHAJAS, T. **ArchiCAD4.0 Reference Manual**. Graphisoft, 1991, 163 p.

VTT. **Finnish ICT Barometer**. Espoo: TEKES, 2007.

WORTMANN,J. C. Production management systems for one-of-a-kind products. **Computers in Industry**, v. 19, n. 1, 1992, p.79-88.

Capítulo 4. Processo de projeto com tecnologia BIM

Artigo 1

Diferentes abordagens do uso de CAD no processo de projeto arquitetônico

Cervantes Ayres Filho

Sergio Scheer

Resumo

As ferramentas computacionais de apoio ao processo de projeto de edificações (CADs) são tidas atualmente como indispensáveis para a indústria da construção. Entretanto, o desconhecimento das vantagens e desvantagens de cada uma delas pode prejudicar o desempenho do processo de projeto, ou impedir que se utilize todo o potencial oferecido pela informática para a sua melhoria. Nesse artigo, essas ferramentas são consideradas como tecnologias de informação, e não apenas como aplicativos de desenho. Foram revisadas as características e especificidades dos diferentes tipos de softwares voltados para o projeto de edificações. Pretende-se expor ao leitor, de maneira introdutória, em que nível cada tipo de CAD auxilia ou prejudica a geração, o processamento, a armazenagem e a visualização das informações que compõem um projeto de edificação.

Originalmente publicado em: AYRES FILHO, C.; Scheer, S.. Diferentes abordagens do uso de CAD no processo de projeto arquitetônico. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais do WBGPPCE2007...** Curitiba: CESEC / UFPR, 2007. v.1. p. 1-6.

1. CAD Geométrico: a Prancheta Eletrônica

Os softwares de desenho assistido por computador, chamados CAD - Computer Aided rawing/Drafting surgiram no início da década de 1980 (IBRAHIM et al., 2004; REFFAT, 2006).

Apesar de existirem diferentes tipos de CADs desde o início, a baixa capacidade dos computadores pessoais da época favoreceu a opção pelos softwares que demandavam menor quantidade de processamento. O tipo de CAD que melhor se adaptou a essa condição foi o que se concentrava na representação de informações através de primitivos geométricos (linhas, pontos, arcos, etc.), o chamado CAD geométrico. Esse tipo de CAD popularizou-se e tornou-se essencial aos projetistas, sendo muito raros os escritórios que atualmente não se utilizam dessa ferramenta (FABRICIO e MELHADO, 2002; TSE et al., 2005).

Os CADs geométricos também são chamados de “pranchetas eletrônicas”, um termo que parece denotar uma modernização: a substituição dos desenhos à tinta nanquim por arquivos digitais e plotagens. Entretanto, a analogia também revela o aspecto mais frágil da tecnologia desses CADs: apesar de eliminarem tarefas repetitivas e complicadas (como a normografia) e facilitarem a correção dos desenhos, o suporte que eles oferecem ao processo de projeto vai pouco além de uma prancheta melhorada. Nascimento e Santos (2006), estudando a aplicação de tecnologias de informação nas empresas da indústria da construção, afirmam que o uso dos CADs geométricos pelos escritórios de projeto pode ser considerado como uma simples substituição de uma ferramenta por sua equivalente mais nova, sem que haja reformulação do processo de produção.

De fato, o suporte da informação passa do papel para a tela do computador, mas o processo de geração desta informação praticamente não se altera. Grande parte da incapacidade dos CADs geométricos em proporcionar uma melhora considerável no desempenho do processo de projeto reside nos conceitos que orientaram o seu desenvolvimento. Para Ibrahim et al. (2004), o foco da tecnologia desses CADs esteve sempre direcionado para a solução do problema da representação digital da geometria, e não necessariamente para a transmissão de informação através do desenho. Por isso, embora tenha se tornado padrão para a indústria da construção, o CAD geométrico sempre foi um obstáculo para a comunicação eficiente entre os diversos agentes e os processos envolvidos na produção.

A sucessão de análises e decisões que constituem o projeto arquitetônico (BOUCHLAGHEM et al., 2005) demanda grandes quantidades de informações estruturadas e recursivas. Modificações em determinadas porções da

informação dependem das demais porções, mas também pode ser necessário modificar estas últimas em decorrência de escolhas efetuadas. Apesar da importância da estruturação da informação, o CAD geométrico, por se concentrar primeiramente na representação da geometria, favorece a situação oposta: as informações são fragmentadas e desestruturadas, dificultando a análise em conjunto (FU et al., 2006). Tse e outros autores (2005) observam que nesses CADs, embora haja a possibilidade de organizar as informações do projeto através de layers (camadas), cores ou blocos, esta é uma tarefa que pode aumentar consideravelmente o tempo de desenho, além de criar dependências por convenções que não são suficientemente óbvias ou generalizáveis. Esses aspectos são ilustrados na figura 1: à esquerda, é mostrada a planta de um pequeno depósito. Sua representação é composta por um conjunto de primitivos geométricos (várias linhas e um arco de circunferência), que contém pouca ou nenhuma significação quando considerados individualmente. O conjunto de primitivos geométricos só é interpretado como uma “planta” porque os projetistas são treinados para reconhecer a convenção de desenho técnico utilizada. Como a correta interpretação do conjunto depende mais do observador do que da forma como a informação foi armazenada, uma simples operação de mover alguns dos primitivos geométricos pode comprometer o significado transmitido pelo conjunto, como se vê na parte direita da figura.



Figura 1

Outro exemplo da fragmentação da informação no CAD geométrico é a documentação de projetos de edifícios de múltiplos andares. O conjunto de plantas pode ser armazenado em arquivos separados, cada um contendo a planta de um andar; ou num mesmo arquivo, com as plantas lado a lado; ou ainda sobrepostas no mesmo arquivo, mas em layers ou agrupamentos distintos, cabendo ao usuário ativar ou desativar a visualização dos elementos de acordo com o pavimento desejado. Não há vínculos claramente estabelecidos e seguros entre as diferentes porções de informação (as diversas plantas), cabendo ao usuário interpretar a forma pela qual ela foi dividida ou utilizar uma convenção própria para recompor a totalidade da informação. Além disso, mesmo que

não ocorram erros nesse processo de recomposição, o processamento das informações para a geração de novos desenhos exige que elas sejam transportadas do lugar de armazenamento para o local de processamento: por exemplo, copiar as informações do arquivo da planta do terceiro andar para o arquivo da planta do segundo andar, para desenhar as projeções das lajes.

Essas operações de relocação (ou transposição) fragilizam a informação e reduzem o desempenho do processo, aumentando a possibilidade de ocorrência de erros.

Essas inconveniências decorrem do fato do CAD geométrico ter reproduzido no computador o processo de trabalho que era executado em pranchetas, quando a geração dos desenhos era restrita pelos modos de se operar com as diversas folhas de papel. A persistência dessa situação em um contexto de crescente complexidade dos projetos e demandas por maior produtividade pode resultar em erros, retrabalhos e atrasos, contribuindo para o baixo desempenho da construção em relação a outros ramos da indústria.

2. CAD 3D: A Maquete Eletrônica

A terceira dimensão acrescentada pelo uso de um CAD 3D aumenta consideravelmente a quantidade de informações do projeto. Entretanto, os CADs 3D apresentam a mesma característica de fragmentação da informação dos CADs geométricos, tornando difícil a produção de informações estruturadas, que normalmente constituem o núcleo da documentação de um projeto (plantas, cortes, elevações, etc.). Além disso, os CADs 3D são geralmente softwares cuja proposta básica é auxiliar no processo do desenho industrial, e não no projeto de edificações. Por isso faltam mecanismos que permitam a seleção e visualização parcial das informações, que são essenciais ao projeto arquitetônico.

Enquanto num CAD geométrico a informação pode ser compartimentada em arquivos diferentes, a representação tridimensional de um edifício só faz sentido se todos os elementos que a constituem estiverem presentes no mesmo arquivo, ocupando as posições relativas às que ocuparão no edifício construído. Apesar de ser uma vantagem em relação ao CAD geométrico, a presença de todos os elementos geométricos em um mesmo local não garante a estruturação e a possibilidade de extração de informações, principalmente na forma de documentação projetual.

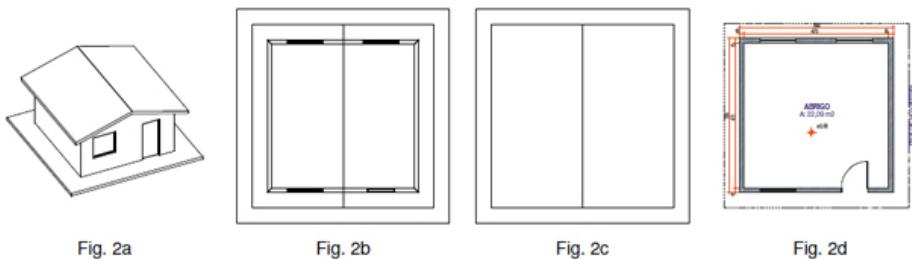


Figura 2

A figura 2a mostra um conjunto de elementos geométricos tridimensionais vistos em perspectiva, dos quais se pretende extrair uma planta. Uma planta é um conjunto de informações que obviamente derivam da geometria dos elementos do projeto, mas que deve atender também à convenções de desenho técnico. É necessário que a visualização dos elementos geométricos seja parcial e condizente com a representação desejada (por exemplo, as paredes devem ser cortadas a 150cm de altura); que a informação apresentada seja categorizada (graduação de espessuras de linhas, hachuras, projeções); e ainda que sejam incluídas informações indicativas (dimensões, níveis, descrições). A simples visualização dos elementos geométricos a partir de um ponto situado acima deles, embora geometricamente correta, não se constitui em uma planta (fig. 2b).

Mesmo que o CAD 3D seja capaz de visualizar os elementos na forma de sólidos (o chamado modo shade), isso resulta em uma vista de topo, e não em uma planta (fig. 2c).

A dificuldade em gerar documentações reside no fato de os elementos construtivos serem representados nos CADs 3D como sólidos geométricos indistintos, ficando a cargo do usuário interpretá-los. Além disso, os softwares não fornecem meios ou dificultam muito a organização das informações na forma que o setor está familiarizado: assim como nos CADs geométricos, é necessário que o usuário estabeleça grupos de elementos cuja visualização possa ser ativada ou desativada, de acordo com o tipo de documento que se deseja obter. Gerar uma representação que pareça familiar, como a da figura 2d em um CAD 3D é uma atividade que demanda muito tempo, e também pode gerar erros e dependências por convenções que são próprias do usuário, ou da empresa, dificultando o acesso dos demais agentes envolvidos no processo de projeto.

Essas dificuldades inviabilizam ou restringem muito a utilização do CAD 3D no desenvolvimento de projetos arquitetônicos. A utilização passa a ocorrer com mais ênfase na geração de representações tridimensionais que comuniqueem mais facilmente a idéia ao cliente, e não durante a fase de concepção, onde poderia auxiliar no processo de análise e decisão. Como observa Sperling

(2002), a confecção dessas representações, as chamadas maquetes eletrônicas, é o uso mais comum dos CADs 3D pelos escritórios, sendo que o processo de projeto que dá origem às informações utilizadas na geração da maquete eletrônica geralmente se desenvolve de forma bidimensional, em um outro CAD, geométrico. Pelegrino, citado por Sperling (2002), atribui às maquetes eletrônicas status inferior ao de um objeto 3D, estando estas mais para um objeto “2,5D” (“duas e meia dimensões”), uma vez que tratam-se apenas do espessamento de uma das projeções bidimensionais (em geral a planta), sem interações com as demais representações.

Assim como na analogia da “prancheta eletrônica”, o termo “maquete eletrônica” faz parecer que trata-se de uma modernização do processo de projeto. Porém, o uso do CAD 3D apenas para possibilitar a troca da maquete convencional pela sua versão eletrônica praticamente não modifica o modo tradicional de produção dos projetos, resultando em pouca melhora da qualidade da informação gerada e do desempenho do processo como um todo.

3. Dos Elementos Geométricos aos Objetos Paramétricos

Como alternativa à tecnologia do CAD geométrico, alguns softwares propõem a representação dos elementos construtivos utilizando objetos compostos cuja representação geométrica é associada a um comportamento específico (LEE et al., 2006). Cada elemento construtivo tem características e representações próprias, e o CAD considera essas distinções na representação, melhorando a qualidade da informação e facilitando a geração dos desenhos.

Essa distinção torna óbvio para qualquer usuário o tipo do elemento que está sendo apresentado, e o seu comportamento específico garante relações corretas entre os diferentes tipos de elementos, tornando as informações mais precisas e confiáveis. Por exemplo, ao invés de representar paredes através de linhas paralelas, que sequer são “entendidas” pelo computador como paredes, utiliza-se o elemento parede, que além de ser armazenado e interpretado pelo computador como a representação de uma parede, possui um comportamento específico que inclui: se estender apenas longitudinalmente (a extensão transversal é a espessura), possuir determinada altura, a capacidade de receber aberturas (portas e janelas), se associar corretamente a outros elementos parede (eliminando arestas desnecessárias nos encontros de elementos), etc. Além disso, o elemento parede possui informações relativas à sua composição e aparência: material de acabamento, de revestimento, do

núcleo; e também informações utilizadas na representação bidimensional do elemento: cor, espessura do traço, hachura, etc. (IBRAHIM et al., 2004). Todas essas características específicas de cada objeto são chamadas de parâmetros, de onde vem o nome da representação virtual do elemento construtivo: objeto paramétrico.

A riqueza de informações proporcionada pelo uso de objetos paramétricos possibilita a extração automática de diversos tipos de representações de determinado elemento construtivo, sem que haja a necessidade de redesená-lo. Como existem parâmetros que determinam a representação em cada situação (planta, corte, elevação e perspectiva, etc.), a visualização passa a ser função de uma escolha do usuário, e não da geração manual de um desenho adicional. A representação é, portanto, automática.

4. CAD BIM: A Modelagem do Produto

Tanto os sistemas CAD que utilizam objetos paramétricos quanto os baseados em primitivos geométricos surgiram no início da década de 1980. Contudo, a capacidade de processamento necessária para a representação de primitivos geométricos é muito menor, e por isso o CAD geométrico se adaptou melhor aos equipamentos disponíveis na época, dominando o mercado de softwares de projeto pelas duas décadas seguintes (TSE et al., 2005). No final da década de 1990, pressões por maior produtividade e qualidade nos processos projetuais e construtivos, além da popularização dos computadores com maior capacidade de processamento, fizeram ressurgir a discussão iniciada nos anos 80 a respeito das duas abordagens empregadas pelos CADs.

A abordagem por objetos paramétricos nos CADs é agora denominada BIM – acrônimo do termo em inglês⁴ “Building Information Modeling” (TSE et al., 2005). Enquanto nos CADs geométricos o objetivo principal é a produção de desenhos, o princípio da abordagem BIM é auxiliar no processo de criação e gerenciamento de informações relacionadas à construção, de modo integrado, reutilizável e automatizado, gerando um modelo digital do edifício ao invés de uma série de desenhos. (LEE et al., 2006).

Uma detalhada representação tridimensional é essencial a qualquer sistema CAD BIM (LEE et al., 2006), porém em projetos arquitetônicos, a visualização não é um fim em si mesma – ela faz parte de um processo conjunto de modificações

⁴ Embora citado em algumas publicações em português como “Modelagem Integrada do Edifício” – por ex. em Nascimento e Santos (2006) – o termo BIM ainda não possui uma versão convencional em nosso idioma, fato pelo qual foi escolhido mantê-lo em sua linguagem original neste artigo.

e verificações sucessivas, que leva ao produto final (BOUCHLAGHEM et al., 2005). Portanto, é essencial que o software de projeto ofereça recursos que favoreçam a representação e a visualização bem como permitam a modificação dos elementos de forma direta e intuitiva. As implicações do uso dos recursos tridimensionais em um CAD BIM vão muito além da confecção de perspectivas ou maquetes eletrônicas. A geração de elementos tridimensionais pretende auxiliar a antever o resultado espacial das escolhas de projeto, e eliminar as possíveis interferências entre os elementos construtivos e erros antes do início da construção. Esse processo de análise prévia, baseada em modelos ou protótipos virtuais, já é prática comum nas indústrias manufatureira, metal-mecânica e aeroespacial, sendo conhecido como modelagem do produto (HUANG et al., 2007).

Nos CADs BIM, a modelagem do produto inclui o conceito de “edifício virtual”: um conjunto de objetos paramétricos representando a edificação em ambiente virtual. Desse conjunto de objetos são extraídas automaticamente as representações, documentações, relatórios quantitativos, especificações dos materiais, análises físicas, etc (Fig. 3). Isso é possível porque os CAD's BIM estruturam o modelo como bases de dados contendo as informações de cada objeto paramétrico, e a partir do acesso centralizado à elas realizam-se processamentos complexos e a geração de documentações estruturadas automaticamente. A centralização da informação permite que as atualizações sejam facilmente registradas, e modificações em uma parte do projeto (p. ex. em um corte) propagam automaticamente atualizações em outras (p. ex. nas elevações). O nível de informação apresentado pode ser controlado, de acordo com a etapa do processo de projeto: de mais dirigido à composição e configuração dos espaços no início do processo, a detalhamentos construtivos ou análises de desempenho ao final. Os objetos paramétricos podem também ser referências diretas a produtos desenvolvidos por fabricantes, como janelas, peças pré-fabricadas, acessórios, etc. Estes objetos e suas atualizações podem ser obtidos diretamente via internet e futuramente ajustarem automaticamente o seu comportamento aos aspectos do projeto. Por exemplo, objetos representando peças estruturais, que se configuram automaticamente de acordo com os vãos e tipos de apoios definidos (IBRAHIM et al., 2004).

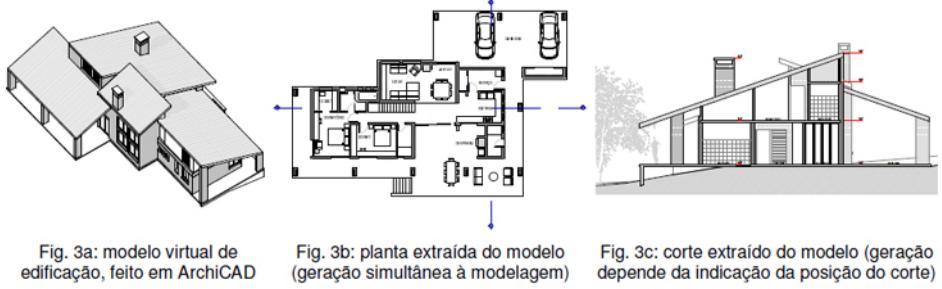


Fig. 3a: modelo virtual de edificação, feito em ArchiCAD

Fig. 3b: planta extraída do modelo (geração simultânea à modelagem)

Fig. 3c: corte extraído do modelo (geração depende da indicação da posição do corte)

Figura 3

Para Birx (2006b), definir CAD BIM apenas como uma nova ferramenta de desenho pode reduzir os impactos positivos dessa inovação. BIM deveria ser considerada uma evolução do processo de projeto, tendo em vista as novas possibilidades de visualização e processamento da informação.

As vantagens são a melhor coordenação dos elementos construtivos e suas interferências; redução das horas de trabalho; aumento da produtividade; desenhos e detalhamentos de melhor qualidade; controle centralizado do conteúdo e das versões dos documentos do projeto. Os CADs BIM também auxiliam no ensino da arquitetura, já que a correta inserção dos elementos do projeto requer que o usuário compreenda os parâmetros dos elementos construtivos que eles representam, forçando os arquitetos a encontrarem soluções ainda durante a concepção.

Os CADs BIM ainda ocupam uma parcela reduzida do mercado de softwares para projeto. Esta é uma das suas principais desvantagens, pois isola o profissional em relação ao restante da cadeia produtiva, que utiliza outros tipos de CAD (BIRX, 2006a). Outros desafios a serem superados pela tecnologia incluem o custo dos equipamentos e treinamento, escassez de profissionais treinados, o estado ainda incipiente de alguns CADs BIM, e a definição de protocolos de interoperabilidade entre os diferentes sistemas. Para Birx (2006b), o período de transição da utilização do CAD geométrico para os CADs BIM durará ao menos uma década. Para Ibrahim et al. (2004), após a retração da porção do mercado ocupada pelos CADs geométricos, surgirão softwares dedicados a diferentes etapas do processo construtivo, onde o CAD BIM “arquitônico” se constituirá em referência para as demais aplicações: estruturas, planejamento da construção, avaliação de custos, análise do ciclo de vida, etc.

5. Considerações Finais

A crescente demanda por processos mais racionais e de melhor desempenho na indústria da construção é amplamente observada pelos estudos científicos da área. Observa-se também a complexidade cada vez maior dos sistemas construtivos e das exigências de desempenho no seu funcionamento, visando a economia de recursos e a redução do impacto ambiental gerado por eles. O volume de informações necessário para a geração de produtos dentro deste contexto aumenta rapidamente, e são demandados novos sistemas ou novas abordagens para o processamento dessas informações (HÄKKINEN, 2007). Sendo o CAD BIM, em essência, um sistema de gestão de informações, o seu uso pode se tornar em muito pouco tempo uma forma viável para projetistas se inserirem ou se manterem no mercado, frente a esses novos paradigmas.

Embora ainda sejam poucos os estudos quantificando as vantagens obtidas pelo uso dos CADs BIM, as pesquisas na área de tecnologia de informação concordam em relação à sua influência positiva sobre o desempenho do processo de projeto e a respeito da irreversibilidade da transição do CAD geométrico para o BIM. Entretanto, não somente a ferramenta utilizada na geração das documentações projetuais deve ser modificada: o próprio processo de projeto deve sofrer alterações, dadas as novas possibilidades oferecidas pela tecnologia.

Referências

BIRX, Glenn W. **BIM creates change and opportunity**. The American Institute of Architects - Best Practices, 2006a. Disponível em http://www.aia.org/bestpractices_index. Acessado em: 22.11.2006.

_____. **Getting started with Building Information Modeling**. The American Institute of Architects - Best Practices, 2006b. Disponível em http://www.aia.org/bestpractices_index. Acessado em: 22.11.2006.

BOUCHLAGHEM, Dino, et al. Visualisation in architecture, engineering and construction (AEC). **Automation in Construction**, n. 14, 2005, p.287-295. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/autcon>. Acessado em: 06.12.2006.

FABRICIO, Marcio Minto e MELHADO, Silvio Burratino. Impactos da tecnologia da informação no conhecimento e métodos projetuais. In: **Seminário De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção Civil**, 1, 2002, Curitiba, PR. Disponível em <http://www.infohab.org.br>. Acessado em:

20.11.2006.

FU, Changfeng, et al. IFC model viewer to support nD model application. **Automation in Construction**, n. 15, 2006, p.178- 185. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/autcon>. Acessado em: 20.11.2006.

HÄKKINEN, Tarja M. Sustainable building related new demands for product information and product model based design. **ITCON**, v. 12, 2007, p.19-37. Disponível em <http://itcon.org/2007/2>. Acessado em: 25.06.2007.

HUANG, Ting, et al. A virtual prototyping system for simulating construction processes. **Automation in Construction**, n. 16, 2007, p.576-585. Disponível em www.elsevier.com/locate/autcon. Acessado em: 22.06.2007.

IBRAHIM, Magdy, et al. Two approaches to BIM: A comparative Study. In: **ECAADE**, 2004, Dinamarca. Disponível em <http://www.iit.edu/~krawczyk/miecad04.pdf>. Acessado em: 20.11.2006.

LEE, Ghang, et al. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. **Automation in Construction**, n. 15, 2006, p.758-776. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/autcon>. Acessado em: 20.11.2006.

NASCIMENTO, Luiz Antonio do e SANTOS, Eduardo Toledo. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 1, 2006, p.69-81. Disponível em <http://www.antac.org.br>. Acessado em: 21.11.2006.

REFFAT, Rabee M. Computing in architectural design: reflections and an approach to new generations of CAAD. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 11, n. 45, 2006, p.655-668. Disponível em <http://www.itcon.org/2006/45/>. Acessado em: 09.12.2006.

SPERLING, David Moreno. O projeto arquitetônico, novas tecnologias de informação e o museu Guggenheim de Bilbao. In: **Workshop Nacional - Gestão de Processo de Projeto na Construção de Edifícios**, 2, 2002, Porto Alegre - RS. Disponível em <http://www.infohab.org.br>. Acessado em: 20.11.2006.

TSE, Tao-chiu Kenny, et al. The utilisation of Building Information Models in nD modelling: a study of data interfacing and adoption barriers. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 10, n. 8, 2005, p.85-110. Disponível em <http://www.itcon.org/2005/08/>. Acessado em: 09.12.2006.

Compatibilização de projetos: comparação entre o BIM e o CAD2D

Renata Heloisa de Tonissi
Buschinelli de Goes
Eduardo Toledo Santos

Resumo

Embora existam atualmente iniciativas isoladas utilizando ferramentas CAD 3D ou BIM (Building Information Modeling), os processos de projeto na indústria da construção civil brasileira ainda são essencialmente desenvolvidos com tecnologia 2D. O BIM é um paradigma emergente baseado em objetos parametrizados, que promete melhor desempenho em coordenação de projetos. Este trabalho tem como objetivo identificar o potencial do BIM como ferramenta de compatibilização de projetos mais eficaz que os métodos tradicionais, que se utilizam de abstrações, sobreposições de desenhos e representações bidimensionais em CAD 2D para a identificação de conflitos entre diferentes disciplinas de projeto. Para isso, realizou-se estudo de caso para a comparação quantitativa e qualitativa das interferências encontradas em um processo de compatibilização tradicional em 2D com as encontradas em uma metodologia utilizando a modelagem da informação de várias disciplinas de projeto. No estudo de caso, o processo de compatibilização com modelos BIM detectou 78% mais inconsistências que o convencional, identificando que o próprio processo de modelagem contribui para a verificação de problemas, ao demandar maiores informações de projeto e seus componentes para a montagem adequada do modelo virtual, e embora exija maior tempo nas etapas iniciais do trabalho, economiza tempo considerável em seu detalhamento posterior.

Originalmente publicado em: GOES, Renata H. de T. e B. de; SANTOS, E. T. Compatibilização de projetos: comparação entre o BIM e o CAD2D. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: FAUFBA, 2011

1. Introdução

Apesar da construção civil ser uma das mais importantes atividades econômicas do país, tendo respondido por 9,2% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2009 (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010), o setor é reconhecido pela baixa produtividade em relação a outros países, apresentando também desempenho abaixo daqueles alcançados por outros setores da indústria nacional (FIESP, 2008). Uma das causas para este quadro é o alto índice de desperdício na construção (PERALTA, 2002), muitos deles advindos de falhas de projeto (CAMBIAGHI, 1992), o que resulta em custos adicionais. Na conjuntura atual de abertura de capital e altos investimentos financeiros na construção nacional, a modernização do setor buscando a melhoria da qualidade e da produtividade de projeto é necessária.

Neste sentido, a compatibilização de projetos é uma das principais atividades de projeto em que se pode interferir na qualidade final do projeto e da obra, através da redução de retrabalhos, desperdício de materiais, e no tempo de execução dos projetos e da obra. No Brasil, o CAD bidimensional ainda é a ferramenta mais comum no desenvolvimento de projetos, tanto de arquitetura quanto dos projetos complementares, com o objetivo de obter a documentação final do projeto, representando o conteúdo técnico das diferentes disciplinas de projeto, o que torna a informação fragmentada entre os diversos projetos e seus documentos, segundo Ferreira e Santos (2007).

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

O objetivo geral deste trabalho foi identificar o potencial de aplicação de ferramentas que suportem o conceito BIM para a compatibilização de projetos de edificações, como uma alternativa ao método bidimensional tradicional, comparando ambos os processos por meio de um estudo de caso considerado complexo.

2. Compatibilização de Projetos

Segundo Melhado (2005), a compatibilização de projetos é a atividade que integra todos os projetos de uma edificação objetivando o ajuste perfeito entre estes, para a obtenção de padrões de controle de qualidade total da obra. Na compatibilização, é feita a sobreposição de projetos de disciplinas diferentes, com o objetivo de verificar possíveis interferências e conflitos, para que sejam então solucionados. O mesmo autor afirma que a compatibilização deve ser feita depois dos projetos já concebidos, uma espécie de “pente fino”, onde possíveis erros possam ser detectados (MELHADO, 2005).

O processo de compatibilização visa evitar o desperdício de recursos como materiais, tempo e mão de obra, visando à redução de falhas desde o estudo preliminar até a fase de execução da obra, além de detecção de inconsistências geométricas e interferências entre as diferentes disciplinas de projeto (CALLEGARI; BARTH, 2007).

Atualmente, para a atividade de compatibilização, apesar dos avanços tecnológicos em sistemas CAD tridimensionais, os profissionais da área da construção ainda se utilizam da experiência na leitura de folhas bidimensionais sobrepostas, ou de layers (camadas) sobrepostos dentro um sistema computacional de desenho. Como as diferentes disciplinas de projeto utilizam simbologias e representações diferentes, o que ocorre até mesmo dentro do mesmo projeto, existem algumas limitações da própria representação em duas dimensões, o que pode impedir que o projeto seja visualizado como um todo.

3. CAD 2D

A representação gráfica bidimensional para o desenvolvimento de projetos consiste na elaboração de plantas, cortes e fachadas, para análise, e também como produto final da proposta de projeto. Como num processo tradicional, sem o uso do computador, a informação é registrada como desenho bidimensional através de um processo mental de abstração e memorização do projetista. Segundo Ferreira (2007), embora seja possível a introdução de automação no processo no CAD 2D, o resultado final é a representação abstrata que reduz todos os dados espaciais sobre o edifício a plantas, cortes e elevações.

Assim, os agentes envolvidos no processo são sempre obrigados a fazer uma abstração para compreenderem o projeto e a inferir as formas e detalhes construtivos a partir das simbologias e representações bidimensionais.

Ferreira (2007) afirma que a representação bidimensional é necessária como síntese final das soluções de projeto. Entretanto, o que seria o fim de um processo é utilizado como meio para a identificação de problemas, sua análise e solução. Segundo Ferreira e Santos (2007), a representação em 2D deve ser a síntese do resultado do desenvolvimento de um projeto (documentação), mas não a única ferramenta de análise durante o processo.

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

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

Tabela 1 - Características da representação 2D que podem gerar problemas de análise no processo de projeto

Fonte: Ferreira; Santos (2007)

4. BIM

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

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

A diferença entre um modelo BIM e um modelo 3D convencional é que este último é apenas uma representação tridimensional geométrica do edifício, enquanto um BIM é organizado como um protótipo do prédio, em termos de pisos do edifício, espaços, paredes, portas, janelas, entre outros elementos, e uma vasta gama de informações associadas a cada um desses componentes, através de relações paramétricas. O modelo BIM pode normalmente ser visto em 3D, mas o modelo também inclui informações usadas por outros aplicativos de análise, tais como estimativa de custos, simulação de consumo de energia, iluminação natural, etc. (GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2007).

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

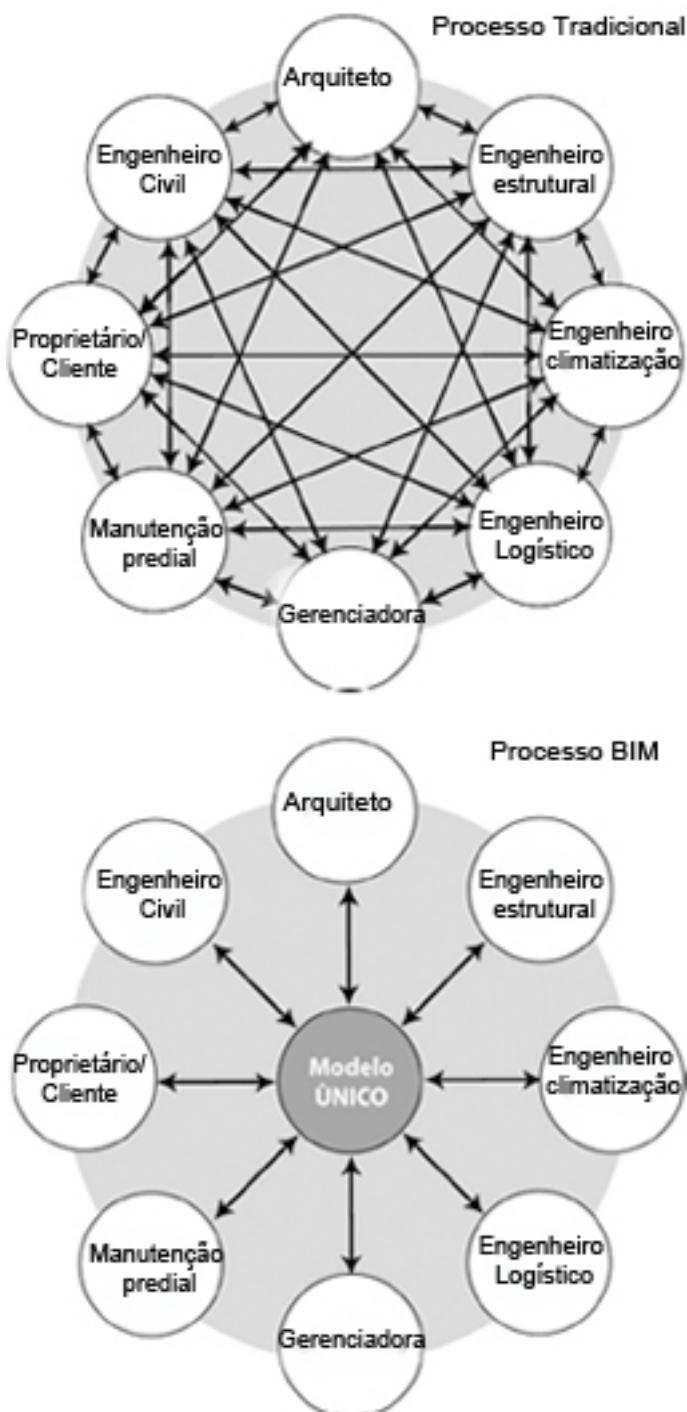


Figura 1 – Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto
 Fonte: Adaptado de Pries (2010)

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

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

Para Souza et al.(2009), o uso do BIM ainda se encontra restrito aos escritórios de arquitetura. A tecnologia poderia ser utilizada para facilitar a compatibilização de projetos, auxiliando na redução de erros e facilitando as soluções de projeto. Entretanto, o modelo BIM está sendo usado mais como ferramenta de concepção e visualização (FERREIRA, 2007) do que de desenvolvimento e coordenação de projetos. As ferramentas BIM funcionam como facilitador do processo de projeto dentro do escritório de arquitetura, mas ainda não atingiram diretamente outros processos ligados à produção do edifício, enquanto o processo de compatibilização na verdade ainda ocorre conforme os moldes tradicionais do CAD em duas dimensões (SOUZA et al, 2009).

Além disso, a falta de padronização e de comunicação entre os projetos de construção já constitui um problema dentro do processo tradicional de projeto em duas dimensões, mas se torna um impedimento real à implantação plena do sistema BIM pela indústria da construção civil em geral (ANDRADE; RUSCHEL, 2009a).

5. Objetivos e Metodologia

O objetivo do trabalho foi identificar o potencial de aplicação de ferramentas que suportem o conceito BIM para a compatibilização de projetos de edificações, como uma alternativa ao método bidimensional tradicional. Para isso, foi realizado um estudo de caso, através da elaboração de um modelo tridimensional do pavimento-tipo de um edifício vertical residencial que incluiu

projetos de arquitetura, estrutura, hidráulica, e ar-condicionado, dentro de um processo de compatibilização, ao longo de diferentes fases de projeto, com objetivo de identificar possíveis interferências físicas, e produzir um relatório de compatibilização. A partir daí, deu-se a elaboração de análise comparativa, quantitativa e qualitativa, entre os conflitos encontrados no modelo BIM e no método de compatibilização 2D tradicional.

6. Estudo de Caso

O estudo de caso teve como objetivo comparar o processo de compatibilização utilizando uma ferramenta BIM com o procedimento tradicional bidimensional, simulando o processo de construção de um modelo de informação virtual completo (arquitetura, estrutura e instalações). Para isso, foi escolhido um projeto já compatibilizado anteriormente, com registros de incompatibilidades e interferências.

Separadamente, foram feitos os modelos de informação da construção do projeto de arquitetura, estrutura, sistemas hidráulicos, e de ar condicionado de um pavimento tipo de um empreendimento para cada uma das etapas de projeto (básico e executivo), para sua integração posterior num modelo único. Foi então gerado um relatório de interferências por fase de projeto e feita uma comparação quantitativa e qualitativa das interferências identificadas nos dois métodos. Além disso, foi realizada uma análise e classificação da origem dos problemas de compatibilização encontrados.

6.1. Descrição do Estudo de Caso

O projeto de compatibilização envolveu um pavimento-tipo do empreendimento residencial, abrangendo os principais subsistemas ou projetos complementares. Trata-se de um projeto com características diferenciadas: o andar-tipo possui 2 pavimentos com 4 apartamentos-tipos por andar, além de 2 apartamentos duplex, totalizando 10 apartamentos (conforme Figura 2).

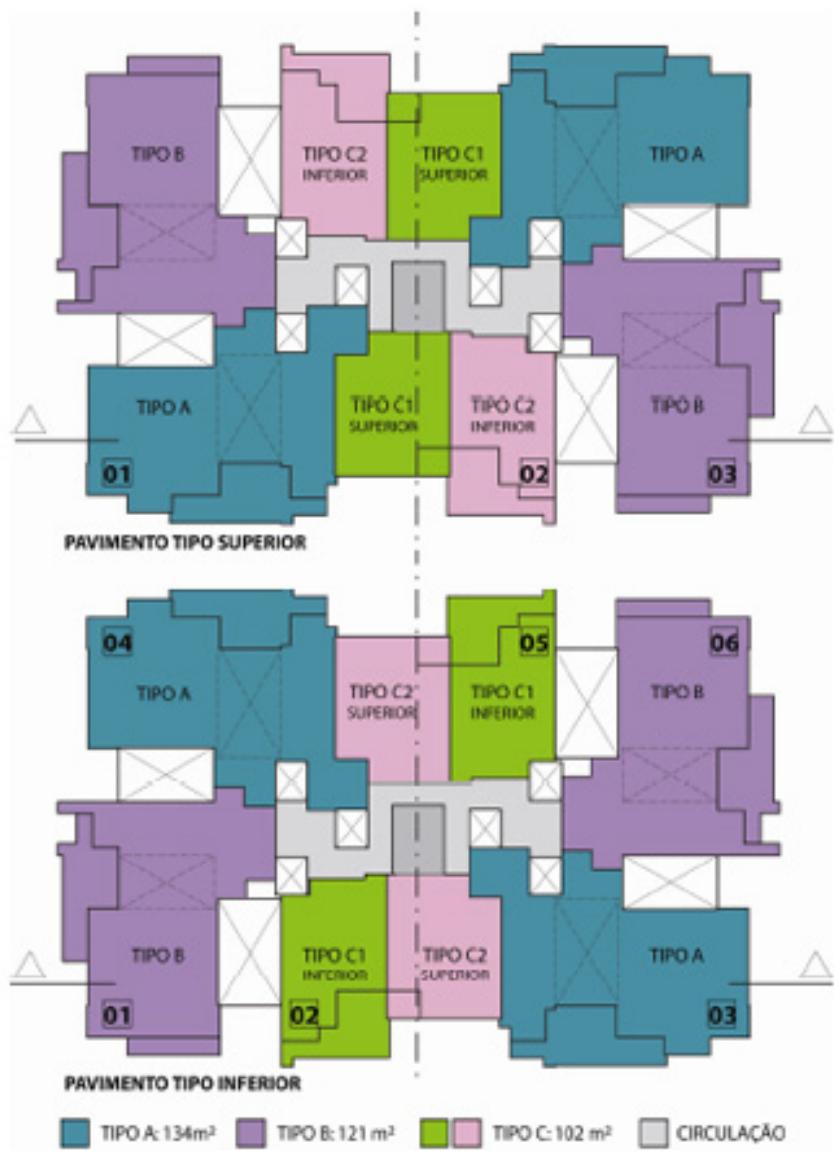


Figura 2 – Esquema em planta do pavimento-tipo duplo e dos tipos (sem escala)
Fonte: Elaborado pela autora (2011)

A escolha pela modelagem apenas do pavimento-tipo deve-se ao relativo grau de complexidade do empreendimento, dentro do prazo de realização desta pesquisa, e ao fato de que as soluções adotadas no pavimento-tipo devem ser reproduzidas dezenas de vezes, o que pode multiplicar as falhas, e os custos decorrentes. Em corte, os apartamentos tipos sobrepõem-se uns aos outros, e os vazios tornam-se pés-direitos duplos, conforme ilustrado no corte esquemático da Figura.

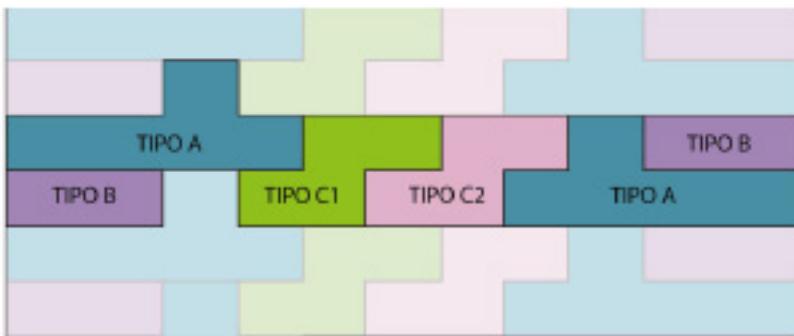


Figura 3 - Corte esquemático do pavimento-tipo duplo (sem escala)

Fonte: Elaborado pela autora (2011)

O projeto foi inteiramente desenvolvido e compatibilizado através do método tradicional em duas dimensões, tendo sido acompanhadas e registradas suas incompatibilidades ao longo de seu desenvolvimento. A modelagem em 3D com a integração dos projetos complementares foi feita para avaliar possíveis incompatibilidades que não tenham sido averiguadas no processo tradicional, ou se o processo de modelagem facilita essa verificação.

6.2. Desenvolvimento do estudo de caso

O estudo de caso foi desenvolvido em quatro etapas, buscando identificar as características do uso de ferramentas BIM, em relação ao CAD bidimensional.

A primeira etapa envolveu a modelagem tridimensional dos projetos de arquitetura, estrutura, ar condicionado e hidráulica em cada uma das seguintes fases de projeto:

- Projeto Básico (PB): segundo definição da NBR 13531, é a etapa opcional destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra corresponde (ABNT, 1995).
- Projeto Executivo (PE): etapa destinada à concepção e representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas e suficientes à licitação e à execução da obra (ABNT, 1995). A partir da revisão dos projetos, essa fase pretende concluir o processo de compatibilização e produção de plantas definitivas.

Para a execução das modelagens das disciplinas, em cada fase, foram

utilizados os mesmos desenhos em arquivos CAD que estiveram à disposição do escritório contratado para fazer a compatibilização pelo processo tradicional.

A segunda etapa consistiu, ao final de cada fase, na análise do projeto a partir da modelagem BIM, para que fosse gerado um relatório das interferências físicas.

A terceira etapa do estudo de caso envolveu a comparação crítica entre os relatórios gerados a partir do modelo BIM e aqueles emitidos através da compatibilização pelo método bidimensional convencional.

A quarta etapa consistiu na avaliação e classificação das interferências físicas, de acordo com sua origem.

6.3. Escolha das ferramentas BIM para o estudo de caso

Para a realização do estudo de caso, foi escolhida a família de softwares Revit, da Autodesk, principalmente pela existência dos aplicativos Revit Structure e Revit MEP para o desenvolvimento dos projetos de estrutura e de instalações (hidráulica e ar condicionado), respectivamente. Além disso, este software da Autodesk é totalmente compatível com o AutoCAD, ainda o programa mais utilizado no mercado da construção civil no Brasil atualmente, e com o qual foram produzidos os arquivos originais do estudo de caso. Outro fator importante para a definição da ferramenta foi disponibilidade de licença educacional gratuita para a realização da pesquisa.

A escolha da ferramenta não se baseou em experiência ou conhecimento do aplicativo, já que a pesquisadora não possuía proficiência prévia em nenhum dos softwares BIM levantados. Assim, o tempo de execução da modelagem não foi objeto de análise, e não foi possível avaliar a agilidade ou velocidade de execução em relação ao procedimento tradicional. Entretanto, todo o tempo utilizado para a execução dos modelos foi registrado e computado.

7. Resultados

No projeto básico (PB) foram encontrados 30 conflitos, entre interferências e inconsistências geométricas, a partir do modelo BIM com todas as disciplinas, enquanto no processo tradicional foram encontrados 20, dentre os quais 10 foram encontrados em ambos os casos, conforme o Gráfico 1 a seguir.

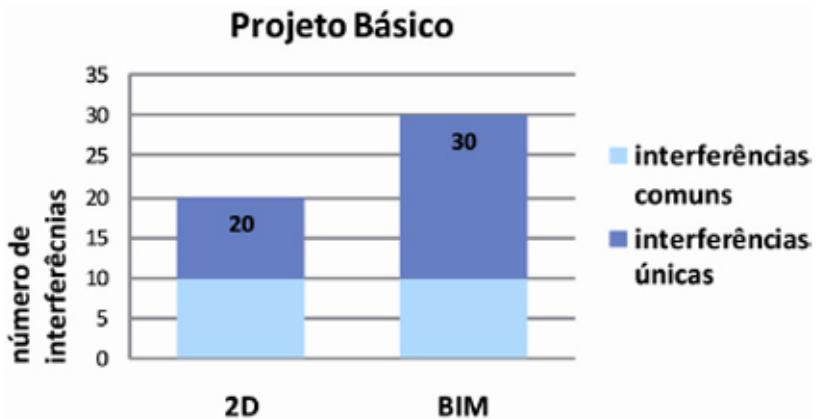


Gráfico 1 - Quantidade de problemas detectados pelas duas metodologias de compatibilização no PB

Fonte: Elaborado pela autora (2011)

No projeto executivo (PE) foram encontrados 29 conflitos, entre interferências e inconsistências geométricas, a partir do modelo BIM integrando todas as disciplinas. No processo tradicional foram encontradas outras 13, dentre os quais 10 foram encontrados por ambos (Gráfico 2).

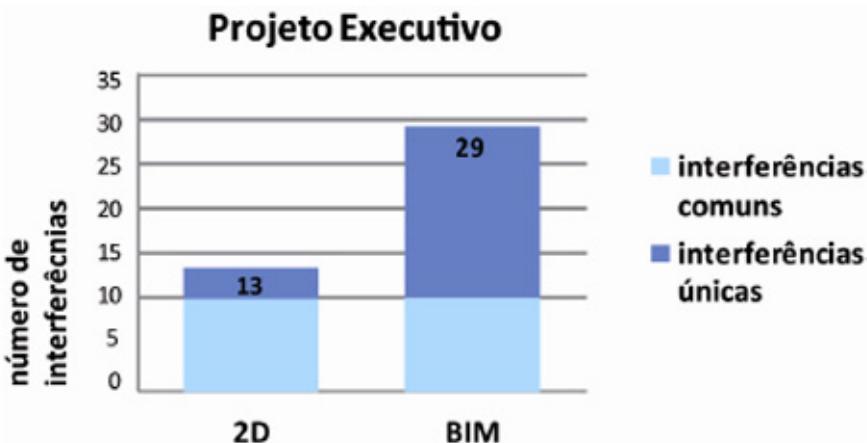


Gráfico 2 - Quantidade de problemas detectados pelas duas metodologias de compatibilização no PE

Fonte: Elaborado pela autora (2011)

7.1. Tempo de execução dos modelos BIM

Embora não tenha sido possível realizar uma análise comparativa entre o tempo despendido para compatibilização através do processo tradicional com desenhos CAD 2D e aquele através dos modelos BIM, foram registradas as atividades e as horas relativas ao estudo de caso.

A Tabela 1 e a Tabela 2 apresentam o tempo de execução (em horas) dos modelos da informação da construção de cada disciplina de projeto do estudo de caso, contando com o tempo de aprendizado da ferramenta.

O tempo para a modelagem do Projeto Básico deu-se de maneira relativamente equilibrada nas três primeiras disciplinas (Arquitetura, Estrutura e Ar Condicionado) se comparado ao tempo de execução do modelo de Hidráulica, que apresentou as maiores dificuldades relativas principalmente à falta de adequação do programa às normas brasileiras e à necessidade de produção de famílias de componentes compatíveis com o mercado nacional.

HORAS UTILIZADAS PARA MODELOS BIM	
PROJETO BÁSICO	
DISCIPLINA	HORAS
ARQUITETURA	33:30
ESTRUTURA	25:30
AR CONDICIONADO	46:00
HIDRÁULICA	92:00
TOTAL	197:00

Tabela 1 – Horas utilizadas no desenvolvimento do modelo BIM – Projeto Básico
Fonte: Elaborado pela autora (2011)

HORAS UTILIZADAS PARA MODELOS BIM	
PROJETO EXECUTIVO	
DISCIPLINA	HORAS
ARQUITETURA	10:30
ESTRUTURA	16:00
AR CONDICIONADO	6:00
HIDRÁULICA	13:00
TOTAL	45:30

Tabela 2 – Horas utilizadas no desenvolvimento do modelo BIM – Projeto Executivo
Fonte: Elaborado pela autora (2011)

O tempo para a modelagem do Projeto Básico deu-se de maneira relativamente equilibrada nas três primeiras disciplinas (Arquitetura, Estrutura e Ar Condicionado) se comparado ao tempo de execução do modelo de Hidráulica, que apresentou as maiores dificuldades relativas principalmente à falta de

adequação do programa às normas brasileiras e à necessidade de produção de famílias de componentes compatíveis com o mercado nacional.

O tempo de execução dos modelos BIM completos do Projeto Básico levou 197 horas, o que é equivalente a pouco mais de um mês útil de trabalho. Vale notar que esta duração inclui o tempo dedicado ao domínio da ferramenta BIM, que não pôde ser computado de forma separada já que a aprendizagem se deu com o próprio desenvolvimento dos modelos do estudo de caso. A transição para o Projeto Executivo, entretanto, foi relativamente rápida, consumindo 75% menos horas que na etapa anterior. O processo de modelagem não foi necessário novamente e, embora tenha sido necessário o deslocamento de alguns elementos, a maioria das alterações de projeto deu-se a partir da alteração dos parâmetros das famílias, como espessuras de paredes, pisos, níveis de lajes, etc. As alterações geraram modificações automáticas de todas as outras vistas, economizando tempo e trabalho.

O tempo de modelagem é apontado pela pesquisa de Tse, Wong e Wong (2005) como uma das principais barreiras para a aceitação do BIM como processo de desenvolvimento de projeto. Não se pode afirmar que o tempo de execução dos modelos tenha sido maior ou menor que o que se leva para desenvolver um projeto da maneira tradicional, pois não há dados para essa comparação. Entretanto, é possível afirmar que o processo de modelagem é uma atividade que não será refeita a cada fase de projeto, como o é no processo tradicional, em que cada revisão envolve a produção de novos desenhos ou modificações mais trabalhosas, ou seja, cada alteração em planta requer alterações em todos os desenhos e dados correspondentes: cortes, fachadas, detalhes, cálculos de áreas, tabelas de materiais, etc. Dessa maneira, embora o tempo de modelagem seja relativamente longo, a modificação do modelo é relativamente simples e rápida, gerando economia nos prazos de execução se for analisado o processo com um todo.

7.2. Análise dos resultados

Muitos dos problemas detectados tanto no projeto básico (PB) quanto no projeto executivo (PE) estavam relacionados à falta de informações e de desenhos que compensassem a insuficiência de dados. O procedimento que envolve a construção virtual de uma edificação exige uma quantidade considerável de informações, e muitas vezes estas fizeram falta na elaboração desse estudo de caso, principalmente nos projetos de instalações estudados. Dada a complexidade espacial do edifício, também houve falta de informações e desenhos fundamentais do projeto de arquitetura e estrutura na fase executiva do projeto, o que tornou a conclusão desse estudo de caso um desafio.

Se não foi possível construir um modelo virtual de maneira completamente adequada com os dados disponíveis na documentação do projeto, é possível afirmar que o mesmo poderia ocorrer na construção real do edifício, revelando dificuldades construtivas durante a obra. Isso poderia exigir que outras revisões de projeto fossem feitas de última hora, ou soluções fossem improvisadas de maneira inadequada em obra, gerando custos inesperados e soluções de menor qualidade.

A quantidade de interferências detectadas ao utilizar-se o modelo BIM como ferramenta de compatibilização foi 78,7% maior que as percebidas pelo processo de compatibilização em duas dimensões. Discriminando-se os problemas pelas fases de projeto, a quantidade de problemas detectados a partir do modelo virtual foi 50% maior no projeto básico, e no projeto executivo, 123%.

O resultado sugere que o próprio processo de modelagem exigiu um olhar diferente sobre o projeto, demandando informações mais completas e coerentes entre plantas, cortes e elevações. A separação da informação em diferentes vistas (plantas, cortes, elevações, detalhamentos, etc.) dificulta tanto a detecção de interferências quanto a própria execução operacional do projeto, multiplicando o trabalho e o tempo para desenvolver desenhos que gerem a totalidade dos dados necessários e para promover alterações e revisões. Já o processo a partir do modelo BIM necessita das informações o mais completas possível para sua própria construção, e mesmo aquelas existentes às vezes se mostram insuficientes e incompatíveis entre si. Para o desenvolvimento de um modelo BIM, a visualização deixa de ser apenas mental e tem de ser concretizada, e se as informações dos cortes não estiverem em sintonia com as das plantas, por exemplo, a incoerência não só não consegue passar despercebida, mas também não permite que o próprio modelo seja executado adequadamente.

8. Conclusões

Apesar da pouca experiência da pesquisadora em relação aos profissionais que desenvolveram o projeto, e do conhecimento prévio nulo em relação ao software escolhido como ferramenta, foi possível detectar 75% mais interferências no estudo de caso que no procedimento tradicional de compatibilização através do estudo de caso apresentado.

Muitas interferências e inconsistências geométricas encontradas a partir da modelagem em BIM não haviam sido encontradas pelo processo convencional, o que pode ser explicado pelas limitações da representação bidimensional em relação ao desenvolvimento de projeto. A modelagem tridimensional BIM não só possibilita melhor visualização do projeto, mas seu próprio processo de

desenvolvimento permite a detecção de conflitos relativos à falta e à incoerência de informações, quando houver.

Algumas interferências significativas, entretanto, foram encontradas somente pelo processo tradicional, o que demonstra que a experiência profissional aliada ao uso desse sistema de modelos de informação pode trazer benefícios para não só para a atividade de compatibilização, mas de desenvolvimento de projeto como um todo.

Foi identificado o potencial que as ferramentas BIM possuem de diminuir retrabalhos e tempo de execução ao longo das fases de projeto, ao permitir que modificações em um elemento sejam reproduzidas automaticamente para todas as vistas do modelo. Apesar de o tempo de execução dos modelos do estudo de caso ter englobado um processo de aprendizado, a transição para a fase de projeto seguinte deu-se em tempo 75% menor que o da fase anterior, principalmente pelo fato de as ferramentas possibilitarem alterações automáticas em todas as vistas e edições de dados paramétricos, em vez de alterações geométricas.

O emprego de ferramentas BIM ainda é pequeno na indústria brasileira de construção civil, por sofrer com barreiras em relação a custos e a necessidade de tempo de treinamento. O estudo de caso também apontou a inadequação das ferramentas em relação às normas de construção brasileiras, ou vice-versa, que demandaria um pouco mais de trabalho para a produção de novas bibliotecas de famílias ou componentes para o mercado brasileiro. Entretanto, essas ferramentas, se utilizadas em todo o seu potencial, podem trazer economia e benefícios para o processo de projeto e coordenação, antecipando problemas que escapem aos olhos dos projetistas dentro de um procedimento convencional de avaliação, e assim encurtando etapas.

Referências

ANDRADE, M. L. V. X., RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 76-111, nov. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.531**: elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro: 1995.

CALLEGARI, S.; BARTH, F. Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso. In: Congresso Nacional Construção, 3.,

2007, Coimbra, Portugal. **Anais eletrônicos...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2007. Disponível em: <http://www.callegariarquitetura.com.br/textos/callegari_arquitetura_construcao_2007.pdf>. Acesso em: 31 maio 2010.

CAMBIAGHI, H. Projeto e obra no difícil caminho da qualidade. **Obra, Planejamento & Construção**, n. 37, jun. 1992. p. 10-12.

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.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. Proposta de política industrial para a construção civil: edificações. São Paulo: **DECONCIC/FIESP**, 2008. 168 p.

_____. 9º ConstruBusiness: Congresso Brasileiro da Construção Civil. (Caderno Técnico). São Paulo: **DECONCIC/FIESP**, 2010. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/construbusiness/pdf/apresentacoes/ConstBusiness2010Portugues.pdf>>. Acesso em 2 jan. 2011.

FERREIRA, R. C. **O uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. São Paulo, 2007. 159f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 2007.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E.T. Características da representação 2D e suas limitações na etapa de compatibilização espacial do projeto. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 2, p. 36-51, 2007.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION - GSA. **GSA BIM Guide series 01: BIM guide overview - version 0.60**. Washington: General Administration Services, 2007. Disponível em: <<http://www.gsa.gov/bim>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

PRIES, A. BIM in der praktischen Anwendung am Beispiel des Bayerischen Landtages (Maximilianeum) in München. In: **BUILDINGSMART FORUM**. 14. 2010. Berlim. (Apresentação). Präsentationen...Berlim: BuildingSMART, 2010. Disponível em: <<http://buildingsmart.de/forum/vortraege10.htm>>. Acesso em: 8 jan. 2011.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 3., 2003, São Carlos. **Anais eletrônicos...** São Carlos: UFSCar, 2003. Disponível em: <<http://www.deciv.ufscar.br/sibragec/trabalhos/artigos/092.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2010.

SENATE PROPERTIES, FINLAND. **Senate Properties' BIM Requirements**

for Architectural Design, 2007. Helsinki v. 1-9., October, 2007. Disponível em: <<http://www.senaatti.fi/document.asp?siteID=2&docID=588>>. Acesso em: 12 Jul. 2010.

SOUZA, L. L. A; AMORIM, S. L. R.; LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 26-58, nov. 2009.

TSE, T. K.; WONG, K. A.; WONG, K. F. The utilization of building information models in nD modeling: A study of data interfacing and adoption barriers. **ITcon**, v.10, p.85-110, 2005. Disponível em: <http://www.itcon.org/data/works/att/2005_8.content.05676.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2010.

Capítulo 5. BIM numa abordagem em níveis de modelagem

Abordando a BIM em níveis de modelagem

Sergio Scheer
Cervantes Gonçalves Ayres Filho

Resumo

Proposta: este artigo introduz uma abordagem original para estudo da BIM por níveis de modelagem, de acordo com a abstração das estruturas de informação produzidas. Modelos de diferentes níveis são necessários para definir padrões, regras para descrição e armazenamento da informação, necessidades de trocas de dados entre atores e atividades, além da criação de unidades básicas que descrevem os elementos construtivos e informações do projeto. A efetividade da proposta de integração e cooperação da BIM está intimamente relacionada com a coordenação entre estes diferentes níveis de modelagem. Método de pesquisa/Abordagens: a pesquisa utilizou trabalhos consagrados sobre o tema para identificar as diferentes necessidades de estruturas de informação. Contribuições/Originalidade: espera-se com o esquema de níveis de modelagem proposto auxiliar na melhor compreensão do tema BIM que, a exemplo da modelagem de produto nos outros setores da indústria, abrange virtualmente todas as atividades e atores deste setor produtivo.

Originalmente publicado em: SCHEER, S. ; AYRES FILHO, C. Abordando a BIM em níveis de modelagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E IX WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 2009, São Carlos. **E-anais do I SBQP e IX WBGPPCE**. São Carlos: Rima, 2009. v.1. p. 591-601.

1. Introdução

O desenvolvimento de produtos industriais é composto por uma série de operações complexas que podem ser organizadas em dois grandes grupos: o processamento de informações e o processamento de materiais. Dos primeiros esboços até o produto concluído, informação de vários tipos é gerada, transformada e transmitida entre as diversas fases do seu desenvolvimento, ao mesmo tempo em que ocorrem várias transformações nos materiais. Estes dois grupos de operações são fortemente relacionados e idealmente devem ser sincronizados, para que se obtenha um processo de produção mais eficiente. Uma maneira de se obter essa sincronização é representar toda a informação utilizada no ciclo de vida de um produto digitalmente, dando origem ao chamado modelo do produto: um repositório único de dados, que orienta as atividades de concepção, produção, manutenção e descarte. Essa técnica de gestão da produção ficou conhecida como modelagem de produto (HOSAKA e KIMURA, 1990; KRAUSE et al., 1993), e é considerada atualmente peça chave no desenvolvimento industrial (GIELINGH, 2008; YANG et al., 2008).

Idéias e conceitos muito semelhantes aos que dariam origem à modelagem de produtos estão presentes nas pesquisas sobre o processo de projeto de edifícios desde o início do uso do computador na indústria da construção, na década de 1960 (ROSS, 1961; ROSS e RODRIGUEZ, 1963; ROBINSON, 1966; GINGERICH, 1973; EASTMAN, 1976). Atualmente essas idéias foram reunidas em torno da tecnologia BIM, acrônimo de Building Information Modeling (IBRAHIM et al., 2003), termo criado pela empresa americana Autodesk em meados dos anos 1990 para promover o seu novo software CAD, o Revit. A idéia era reunir em um único conceito (de marketing, inclusive) o conjunto de funcionalidades integradas oferecidas pelo novo software. Em essência, o Revit é um CAD de modelagem de edifícios, assim como ArchiCAD e Allplan já eram mais de dez anos antes. Porém o termo BIM mostrou ter um forte apelo comercial, e logo foi adotado pelas demais fabricantes como estratégia de mercado para divulgar os seus próprios softwares.

Definir BIM como um tipo de software, porém, reduz muito o seu significado, que é derivado da longa tradição de pesquisas sobre a utilização do computador como suporte à produção de edifícios. Na indústria da manufatura, a modelagem de produtos surgiu para integrar a informação em todos os processos do ciclo de vida de um produto e o seu campo de estudo, portanto, abrange tudo que está relacionado com qualquer atividade entre a concepção e a disposição final do produto. Do mesmo modo, é preciso compreender a BIM como um amplo espectro de conceitos, atividades, técnicas, ferramentas e atores, reunidos em relacionamentos complexos e distribuídos por todas as atividades inerentes à

indústria da construção (EASTMAN et al., 2008). Estudos sobre a BIM podem incluir trabalhos com abordagens tão diversas quanto a definição fenomenológica do termo “modelo” (TURK, 2001) e a estruturação lógica do seu armazenamento em disco (HANNUS, 1991).

2. Abordando a BIM em Níveis de Modelagem

A BIM pode ser mais facilmente compreendida e estudada se for abordada em diferentes níveis, de acordo com a sua relação com os processos da indústria da construção. A iniciativa de regulamentação da modelagem de produtos para a indústria de obras de infra-estrutura nos Estados Unidos, a National Building Modeling Information Standard (NBIMS), por exemplo, adota um esquema de três níveis: A BIM é entendida como um produto, como uma ferramenta e como um processo. Produto refere-se ao modelo da edificação, ou seja, uma entrega do processo de projeto baseada em padrões abertos e criada por ferramentas de informação. Como ferramenta, entende-se as aplicações, chamadas BIM authoring tools, que interpretam o modelo da edificação e agregam informações e representações a ele. Por fim, a BIM é entendida como um processo colaborativo formado por atividades desenvolvidas durante todo o ciclo de vida da edificação, por diferentes disciplinas e profissionais (NIBS, 2007).

Outra forma de interpretar essa classificação em níveis é entender a BIM como um conjunto de diferentes camadas de estruturação de informação, ou seja, diferentes níveis de modelagem. Como em qualquer modelagem de produto, nos níveis mais altos ocorre estruturação de informação a respeito dos processos (modelagem de informação) e nos mais baixos a definição dos constructos lógicos necessários para o armazenamento digital da informação (modelagem de dados). Essas modelagens produzem a estrutura a ser preenchida durante a criação do modelo de um edifício e o seu objetivo é garantir que a informação possa ser corretamente transmitida entre as fases do desenvolvimento da construção. Um modelo de um determinado edifício é, em suma, uma instanciação desses outros níveis de modelagem e a sua estrutura nunca é auto-suficiente. Por exemplo, embora os CADs de modelagem como ArchiCAD ou Revit possuam modelos de dados semânticos, que permitem identificar claramente a natureza dos elementos que constituem o modelo, nada impede que o usuário anule essa característica utilizando um objeto “parede” configurado geometricamente para representar uma viga.

As diferentes modelagens que constituem a BIM podem ser divididas em quatro grupos: supermodelagem, que se ocupa dos processos envolvidos na produção;

metamodelagem, que produz padrões para a troca de informações; modelagem, onde é produzido o modelo de um determinado edifício; e micromodelagem, a criação de objetos que passarão a constituir os modelos de edifícios (tabela 1).

	Foco	Objetivo
Supermodelagem	Processos	Cooperação
Metamodelagem	Padrões	Interoperabilidade
Modelagem	Instâncias	Semântica
Micromodelagem	Objetos	Comportamento

Tabela 1. Esquema da BIM em níveis de modelagem

2.1. Supermodelagem

A construção de edifícios é uma atividade multidisciplinar que depende da cooperação de vários profissionais. As diferentes disciplinas envolvidas produzem soluções que são completas apenas em relação ao conjunto de técnicas da própria disciplina, isoladamente (KVAN, 2000). Considerando a informação necessária para a realização da totalidade do processo construtivo, é preciso integrar essas soluções parciais, momento no qual podem surgir conflitos entre elas. Gerenciar a resolução destes conflitos torna-se cada vez mais difícil, porque o conhecimento técnico é cada vez mais complexo e ao mesmo tempo segmentado em diferentes profissões (KALAY, 2005).

Até hoje, essa integração de informações de diferentes domínios não tem sido prática, pois as ferramentas de projeto não fornecem funcionalidades adequadas para a visualização de grandes quantidades de informação ou então exigem extensos processos manuais de reentrada de dados e verificação de conflitos (MAHDAVI, 2003). Idealmente, a informação agregada por diferentes disciplinas deveria fluir sem obstáculos entre o projeto, a fabricação, a construção, a manutenção, e todas as outras atividades interrelacionadas que constituem o ciclo de vida de um edifício, ficando disponível a todos os envolvidos automaticamente. A proposta da BIM é que o edifício seja construído virtualmente no computador, antes da construção real no canteiro, processo que reuniria os envolvidos em um arranjo virtual de projeto cooperativo, garantindo que o conhecimento agregado por cada profissional fosse integrado em uma única fonte de dados, o modelo do edifício. Desse modo, seria possível verificar e solucionar antecipadamente os conflitos entre projetos de diferentes disciplinas, reduzindo a ocorrência de erros e aumentando a qualidade do produto (EASTMAN, 2004). Porém, para que se atinja todo o potencial da BIM, é essencial estudar a natureza dos processos envolvidos no ciclo de vida da edificação, bem como a característica da informação que é requerida em cada um deles. Esse procedimento de modelagem de

informação, chamado aqui supermodelagem, dá origem a modelos de alto nível de abstração que orientam o encaminhamento das atividades e a criação dos modelos dos níveis mais baixos.

Apesar dos recentes desenvolvimentos, uma série de desafios relacionados às práticas projetuais correntes ainda precisa ser superada para que esse tipo de integração torne-se usual na indústria da construção. A modelagem de produto é uma ruptura significativa nos métodos tradicionais de projeto e vai exigir a adoção de muitas novas abordagens para procedimentos como a contratação, produção de documentos, responsabilidades legais, formas de entrega e assim por diante (EASTMAN, 1991). Outro grande desafio é a questão da proteção da informação inserida no modelo, que estando disponível para todos os outros envolvidos, acaba diluindo a noção de responsabilidade técnica. A organização em torno da BIM vai exigir formas seguras para controlar o uso da informação contida no modelo, incluindo níveis de acesso, controle de versões, certificação de autoria e origem da documentação legal gerada a partir do modelo, como projetos para aprovação, listas de materiais para contratação ou mesmo quantitativos para licitações (NIBS, 2007).

Há ainda problemas relacionados às capacidades atuais das ferramentas de modelagem e das estruturas de dados disponíveis. Ainda não ficou claro, por exemplo, como será garantido o acesso simultâneo ao modelo. Apenas pequenas edificações podem ser projetadas por um único indivíduo em um período de tempo praticável. A modelagem de edifícios maiores exige o acesso simultâneo de usuários a grandes porções de informação, para permitir a atualização constante. Novas formas de controle, incluindo a segmentação e a reintegração de porções do modelo (submodelos) são necessárias para permitir que equipes formadas por um grande número de projetistas trabalhem eficientemente (EASTMAN et al., 2004). Além disso, propriedades globais do projeto, como objetivos gerais, prazos, organização dos participantes, devem ser representadas em um nível acessível a todos os envolvidos e relacionarem -se com informações específicas para cada disciplina ou fase – por exemplo, os objetivos específicos para o projeto das instalações hidráulicas (EASTMAN, 1992).

2.2. Metamodelagem

BIM é um conceito amplo que não pode ser utilizado para descrever um tipo de software. Esse seria o mesmo erro cometido durante a disseminação do conceito CAD, que ficou mais relacionado às aplicações de desenho bidimensional do que ao processo de projeto auxiliado pelo computador. Tampouco se pode contemplar a sua totalidade pela utilização de um único software, porque não

há aplicações que abranjam todo o ciclo de vida de um edifício. Sistemas dessa natureza seriam complexos e rígidos demais para serem úteis ao processo de modelagem. Ao contrário, o desenvolvimento para a BIM deve continuar orientado para a criação de aplicações específicas para as várias disciplinas envolvidas na construção (EASTMAN et al., 2004).

A criação de modelos BIM se dá em um sistema composto por vários tipos de aplicações, com diferentes objetivos e enfatizando diferentes porções da informação, colaborando e compartilhando dados (IBRAHIM et al., 2004). A troca de informações entre essas várias aplicações deve ocorrer sem sobressaltos, garantindo que o significado não seja prejudicado. O termo que define esse requisito é “interoperabilidade”, que pode ser entendida como um mapeamento das estruturas internas de dados das aplicações envolvidas em relação a um modelo universal, independente de fabricantes (ou neutro). Com isso, novas aplicações podem ser desenvolvidas partindo desse mapeamento, eliminando a prática onerosa de criar várias rotinas de transposição de informação para cada aplicação ou versão utilizada no desenvolvimento de edifícios (NIBS, 2007). A interoperabilidade é essencial para a produtividade e a competitividade de muitas indústrias, porque projetos e processos de fabricação eficientes requerem a coordenação de muitos participantes e processos diferentes que dependem de representações digitais do produto. Em seu relatório sobre a inadequação dos processos de troca de informações entre as fases do desenvolvimento de automóveis na indústria americana, eles estimaram que o custo da interoperabilidade inadequada, causado por erros, atrasos e retrabalhos, é de no mínimo um bilhão de dólares por ano (BRUNNERMEIER e MARTIN, 1999). Porém, a situação na indústria da construção é ainda mais crítica. Gallaher e outros autores preparam relatório semelhante, considerando apenas as obras de infra-estrutura, e estimaram um custo de 15.8 bilhões de dólares por ano (GALLAHER et al., 2004).

O processo de criação de modelos neutros é chamado aqui de metamodelagem, e os modelos de edifícios criados a partir da estrutura de informações definida neles são, portanto, instâncias destes modelos. Atualmente, o modelo neutro mais promissor são as IFC (Industry Foundation Classes), desenvolvidas pela Building Smart International, antiga IAI (EASTMAN, 1999; HOWARD e BJÖRK, 2008; IAI, 2008b).

O desenvolvimento das IFC aborda a massiva quantidade de dados que podem ser inseridas em um modelo de edifício em quatro eixos de informação: ciclo de vida, disciplina, nível de detalhe e aplicações (softwares). A proposta não é criar uma representação específica para cada elemento encontrado na construção, já que isso daria origem a um modelo muito extenso e pouco implementável. Ao invés disso, os elementos são representados por classes

genéricas, com informação suficiente para descrever as suas características principais. Também existe a possibilidade de estender uma descrição para que a representação se adapte melhor a um produto específico (LIEBICH e WIX, 2000; LIEBICH et al., 2006).

Para que um fluxo contínuo de informações realmente possa ocorrer, três fatores devem ser atendidos: o formato no qual a informação é trocada, um entendimento comum a respeito do significado da informação sendo trocada, e a definição de qual informação trocar e quando realizar a troca. Na visão da Building Smart International sobre a interoperabilidade, estes três requisitos são contemplados pelo modelo IFC, que é responsável pelo armazenamento digital, pelo IDM (Information Delivery Manual), que dá suporte aos processos do desenvolvimento de construções, e pelo IFD (International Framework for Dictionaries), que define a terminologia dos elementos do projeto. Para expandir a utilização do modelo IFC e melhorar a comunicação entre as etapas da construção, o desenvolvimento de softwares deve atender aos três requisitos (KIVINIEMI et al., 2008).

Como as IFC são flexíveis e extensíveis, um elemento pode ser descrito de várias maneiras. Um entendimento comum sobre os elementos descritos nos modelos IFC era necessário, ou no mínimo um esquema que permitisse mapear as diferenças entre as descrições regionais dos elementos. O IFD determina a terminologia dos elementos do projeto de construções e a relaciona com as entidades IFC. Além do nome dos elementos dos edifícios variar entre diferentes regiões, as partes que compõem cada elemento também variam. Um exemplo disso são as portas: pode-se considerar que o elemento porta seja uma unidade completa, com folha, caixilhos e ferragens. Ou então apenas a folha e os batentes, ou então o caixilho pode ser um quadro completo, dispensando a instalação da soleira, ou somente um arco, e assim por diante (IAI, 2008a).

IDMs especificam qual informação deve ser trocada em cada cenário possível durante as atividades do desenvolvimento do edifício, e relaciona essa definição com as entidades IFC. Por exemplo, qual é o conjunto necessário de informações a ser transmitido do projeto arquitetônico para o projeto de instalações elétricas para que o trabalho possa ser realizado. As definições dos IDM's são implementadas através de esquemas MVD (Model View Definition), descritos na forma de texto ASCII, de forma a serem lidos tanto por computadores como usuários. A definição IDM em conjunto com o esquema resultante, MVD, realiza sobre o modelo IFC uma espécie de ordenamento e seleção das entidades, provendo às diferentes disciplinas envolvidas na construção uma visão própria sobre os dados (IAI, 2008a).

Além desse grande projeto de padronização conduzido pela Building Smart International, metamodelagens em menor escala, e com escopo reduzido são

igualmente necessárias à BIM. Em um escritório, por exemplo, é necessário definir regras de representação, padrões de indicação, layers, versões de arquivos, exatamente como é feito com os desenhos bidimensionais atualmente.

2.3. Modelagem

Modelagem é o processo de inserção dos diferentes objetos que representam elementos construtivos em um modelo do edifício. Um modelo específico é sempre uma instância de um modelo de dados interno da aplicação utilizada e, posteriormente, pode ser convertido para o formato definido pelo modelo neutro criado na metamodelagem, num processo de mapeamento de dados.

A qualidade que garante a transmissão eficiente de informações entre diferentes fases do desenvolvimento de um edifício é a semântica. Essa é a maior distinção entre a representação de um edifício utilizando um modelo em relação à representação por desenhos. Os modelos registram tanto os elementos construtivos como as relações funcionais entre eles, e também entre os elementos de representação que os descrevem graficamente. Isso cria um conjunto coerente que pode ser interpretado tanto por usuários como por computadores, e mantém o significado da informação durante as transmissões entre as fases de desenvolvimento (PENTTILA, 2005). Na definição da NBIMS, essa característica foi considerada essencial para a implementação da modelagem na indústria da construção (NIBS, 2007). A importância de garantir que usuários de diferentes disciplinas em várias fases do desenvolvimento do edifício compreendam a representação inequivocamente evita erros e reduz a necessidade de comunicações complementares para esclarecimento de dúvidas, aumentando a agilidade dos processos. A importância de garantir que os computadores compreendam a representação inequivocamente reduz a necessidade de tarefas de reentrada de dados e os possíveis erros humanos que podem surgir dessas operações.

Além de relações internas ao objeto – entre ele os elementos utilizados para a sua representação – podem ser estabelecidas relações entre diferentes objetos: todos os elementos de um pavimento são movidos caso a altura do pavimento inferior seja aumentada, por exemplo. Ou então um objeto representando um lance de escada pode ser subordinado a um determinado pavimento, e quando o pé-direito deste pavimento é modificado, o objeto recalcula o número e a altura dos degraus automaticamente. Essas funcionalidades foram descritas por Eastman há quase 30 anos, durante o desenvolvimento do sistema BDS (EASTMAN, 1980; 1991).

Outra funcionalidade decorrente do relacionamento semântico entre os objetos é a possibilidade de se estabelecer regras ou condições a serem

atendidas para que os objetos permaneçam coerentes. Isso permite, por exemplo, realizar análises para verificar conflitos espaciais ou mesmo funcionais a partir do modelo (EASTMAN, 1991; 1992; LEE et al., 2006). Também é possível estabelecer relacionamentos semânticos que atendam necessidades de fases específicas do desenvolvimento do edifício, como organizar os elementos por custo, data prevista para construção ou equipe designada para a atividade, por exemplo, o que é especialmente útil para a fase de planejamento da construção (EASTMAN et al., 2004).

Do ponto do desenvolvimento de aplicações, a estruturação semântica é a característica principal da tecnologia BIM. Sem ela, aplicações com essa finalidade seriam no máximo semi-automatizadas, ou seja, exigiriam do usuário operações de complementação da informação após a criação das representações, como informar ao sistema que tipos de elementos construtivos são representados por cada grupo de elementos geométricos em um arquivo. O trabalho de Wang e Messner, por exemplo, aponta essa como uma das dificuldades para a utilização de CADs 4D, que poderiam ser empregados mais largamente para simular e controlar as fases da construção de edifícios, mas não são, em parte por exigem do usuário longas operações de transposição de informações (WAN e MESSNER, 2007).

É importante ressaltar que dificilmente o projetista será afastado completamente do processo de geração documentações e simulações. Por isso, pode-se pensar nessa funcionalidade mais como automação parcial da documentação, liberando o usuário das funções mais repetitivas, mas ainda dependendo dele para solução de situações mais complexas. Kalay afirmou que a figura do projetista permanece insubstituível, independentemente da evolução das tecnologias de informação, pois ele exerce sobre o conteúdo da informação uma ordenação semântica que dificilmente poderia ser transformada em algoritmos (KALAY, 1985). Augenbroe considera também a influência preponderante da capacitação do próprio usuário na qualidade das informações produzidas em simulações dos edifícios, e a forte tendência para distribuição das simulações entre especialistas através da internet, em vez de inseri-las simplificadamente nos sistemas utilizados na documentação do projeto (AUGENBROE, 2002).

2.4. Micromodelagem

Micromodelagem é o processo de criação de objetos, as unidades de informação que representam os diferentes elementos que constituem um projeto de edificação, incluindo as suas características e relacionamentos com outros objetos (HANNUS, 1991; EASTMAN, 1992; IBRAHIM et al., 2004). Os principais tipos de objetos são os que representam elementos construtivos, como paredes,

colunas, vigas, janelas, etc., mas também há objetos que representam espaços, zonas, mecanismos e até as simbologias utilizadas nos desenhos, como cotas, indicações, níveis, entre outros (EASTMAN, 1976).

Diferentes coleções de objetos podem ser desenvolvidas para agilizar o processo de projeto ou representar mais fielmente os elementos construtivos utilizados. Escritórios podem desenvolver padrões ou módulos contendo informações utilizadas regularmente e fabricantes podem oferecer objetos representando seus produtos, do mesmo modo que é feito com blocos no Autocad, porém contendo mais informações do que simples representações bidimensionais (EASTMAN, 1976). Ibrahim e Penttila citam a possibilidade de disponibilização de catálogos de objetos na Web, ou bibliotecas públicas de objetos, permitindo que os projetistas insiram rapidamente informações geradas pelos fabricantes de materiais (IBRAHIM et al. , 2004; PENTTILA, 2005). Essa operação poderia agregar automaticamente ao projeto não só a forma e a representação dos elementos construtivos, como também custo, prazo de entrega, desempenho, instruções para montagem ou construção, e também para operação, manutenção e disposição dos materiais. Essa informação poderia ser extraída posteriormente, por aplicações de análise ou planejamento da construção, por exemplo. Embora algumas bibliotecas de objetos já sejam disponíveis – principalmente para peças de mobília – a informação contida ainda é limitada, e comumente disponibilizada em formatos proprietários, que não podem ser utilizados em todos os BIM CADs.

A informação a respeito do elemento construtivo a ser representado é armazenada em diferentes parâmetros que podem ser combinados pelo usuário para produzir diferentes respostas (IBRAHIM et al., 2003). Não há limitações para o número de parâmetros que podem ser incluídos em um objeto, mas algumas situações de projeto não podem ser resolvidas apenas com dados, por mais bem estruturados que sejam. São necessários também procedimentos (EASTMAN, 1992). Procedimentos são algoritmos descritos em linguagens de programação estruturadas que são encapsulados nos objetos paramétricos e originam os seus diferentes comportamentos. Os comportamentos são então ativados diretamente pelo usuário, ou indiretamente por rotinas do BIM CAD, gerando como resultados informações que podem ser utilizadas em análises ou para criar representações (EASTMAN, 1991). Lee e outros autores afirmam que o comportamento do objeto é a capacidade de responder a estímulos externos e internos. Os estímulos externos são gerados por uma situação comum a todos os objetos, como uma mudança de variáveis globais. Esta variável é então passada para todos os objetos, podendo sobrepor seus parâmetros originais. Os estímulos internos são causados pela modificação de atributos do próprio objeto (LEE et al., 2006).

Embora as diferentes instâncias de representação sejam configuradas pelos diferentes parâmetros definidos pelo usuário, é o comportamento dos objetos que as insere no local e no momento adequado, automaticamente. Essa característica, também conhecida por “sensibilidade ao contexto” (ou context aware), é o que permite ao CAD de modelagem extrair diferentes informações dos objetos, combinando os seus parâmetros de acordo com situações específicas. A grande quantidade de parâmetros que pode ser encapsulada em um objeto para simular adequadamente um elemento construtivo traz um grande potencial para a agregação de informações, mas é o comportamento dos objetos que viabiliza a extração de dados e oferece uma funcionalidade real para o processo de projeto.

3. Considerações Finais

Em decorrência das freqüentes campanhas de marketing e da aceitação cada vez maior da necessidade de mudança de paradigma do processo de projeto, ferramentas CADs de modelagem de edifícios recebem crescente atenção da pesquisa científica. Porém, é importante lembrar que as ferramentas CAD, conquanto sejam vitais para o processo de projeto, são apenas um dos muitos aspectos a serem abordados para que a proposta de efetiva colaboração e integração entre disciplinas seja viável.

Mais do que complementos ao processo de modelagem de edificações específicas, diferentes supermodelagens, metamodelagens e micromodelagens constroem as estruturas de informação e de dados que serão preenchidas durante a modelagem. Esses diferentes níveis de modelagem constroem, a partir da análise dos processos envolvidos na construção, as regras a serem seguidas pelos modelos específicos para que a comunicação entre etapas e atores possa ocorrer de forma eficiente.

Assim como ocorreu com a modelagem do produto em outros setores da indústria, o estudo e a coordenação entre os diferentes níveis de modelagem é essencial para que se obtenha as vantagens potenciais da BIM para os processos da construção. A criação de um modelo de um determinado edifício deve, portanto, ser entendida mais como uma atividade de instanciação dos modelos gerados em outros níveis de modelagem, mais abstratos.

Referências

AUGENBROE, G. Trends in building simulation. **Building and Environment**, v. 37, n. 8-9, 2002, p.891-902. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03601323>. Acessado em: 12.2008.

BRUNNERMEIER, S. B. e MARTIN, S. A. **Interoperability Cost Analysis of the US Automotive Supply Chain** - Final Report. Research Triangle Institute, 1999, 93 p.

EASTMAN, C. M. General purpose building description systems. **Computer-Aided Design**, v. 8, n. 1, 1976, p.17-26. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00104485>. Acessado em: 11.2008.

EASTMAN, C. M. Prototype integrated building model. **Computer-Aided Design**, v. 12, n. 3, 1980, p.115-119. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00104485>. Acessado em: 11.2008.

EASTMAN, C. M. The evolution of CAD: integrating multiple representations. **Building and Environment**, v. 26, n. 1, 1991, p.17-23. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03601323>. Acessado em: 12.2008.

EASTMAN, C. M. Modeling of buildings: evolution and concepts. **Automation in Construction**, v. 1, n. 2, 1992, p.99-109. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09265805>. Acessado em: 12.2008.

EASTMAN, C. M. **Building Product Models:** Computer Environments Supporting Design and Construction. Boca Raton: CRC Press, 1999, 424 p.

EASTMAN, C. M.; SACKS, R. e LEE, G. Functional modeling in parametric CAD systems. In: **ACADIA Conference 2004**, 2004, Toronto. Disponível em http://bim.arch.gatech.edu/data/reference/Functional%20modeling%20in%20parametric%20CAD%20_systems_GCAD2004.pdf. Acessado em: 12.2008.

EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. **BIM Handbook:** A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: Wiley, 2008, 490 p.

GALLAHER, M. P.; O'CONNOR, A. C.; JR., J. L. D. e GILDAY, L. T. **Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry.** Research Triangle Institute, 2004, 210 p.

GIELINGH, W. An assessment of the current state of product data technologies. **Computer-Aided Design**, v. 40, n. 7, 2008, p.750-759. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00104485>. Acessado em: 12.2008.

GINGERICH, J. Z. Computer graphics building definition system. In: **Annual ACM IEEE Design Automation Conference**, 10, 1973, Piscataway: 1973
Disponível em http://portal.acm.org/toc.cfm?id=800124&type=proceeding&coll=portal&dl=ACM&CFID=15394702&CF_TOKEN=69261272. Acessado em: 12.2008.

HANNUS, M. Implementation of object oriented product model applications. In: **CIB W78 Workshop**: The Computer Integrated Future, 1991, Eindhoven.
Disponível em <http://itc.scix.net/cgi-bin/works>Show?w78-1991-10>. Acessado em: 12.2008.

HOSAKA, M. e KIMURA, F. A model-based approach to CAD/CAM integration. **Computers in Industry**, v. 14, n. 1, 1990, p.35-42. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01663615>. Acessado em: 12.2008.

HOWARD, R. e BJÖRK, B.-C. **Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment**. Advanced Engineering Informatics, v. 22, n. 2, 2008, p.271-280. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2007.03.001>. Acessado em: 11.2008.

IAI. **IFD Library White Paper**. IAI, 2008a, 9 p.

IAI. **International Alliance for Interoperability** (página da internet). 2008b. <http://www.iai-international.org/>, acessado em 12.2008.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R. e SCHIPPOREIT, G. CAD smart objects: potentials and limitations. In: **International eCAADe Conference**, 21, 2003, Graz. 547 -551. Disponível em <http://www.iit.edu/~krawczyk/miecad03.pdf>. Acessado em: 12.2008.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R. e SCHIPPOREIT, G. Two Approaches to BIM: A Comparative Study. In: **eCAADe Conference**, 22, 2004, Copenhagen. 610-616. Disponível em: http://cumcad.scix.net/cgi-bin/works>Show?2004_610. Acessado em: 12.2008.

KALAY, Y. E. Redefining the role of computers in architecture: from drafting/modelling tools to knowledge-based design assistants. **Computer-Aided Design**, v. 17, n. 7, 1985, p.319-328. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00104485>. Acessado em: 12.2008.

KALAY, Y. E. The impact of information technology on design methods, products and practices. **Design Studies**, v. 27, n. 3, 2005, p.357-380. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/0142694X>. Acessado em: 12.2008.

KIVINIEMI, A.; TARANDI, V.; KARLSHOJ, J.; BELL, H. e KARUD, O. J.

Review of the development and implementation of IFC compatible BIM.

Erabuild, 2008, 128 p.

KRAUSE, F. L.; KIMURA, F.; KJELLBERG, T. e LU, S. C. Product modelling. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 42, n. 2, 1993, p.695-706.

Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00078506>.

Acessado em: 12.2008.

KVAN, T. Collaborative design: what is it? **Automation in Construction**, v. 9, n. 4, 2000, p.409-415 Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09265805>. Acessado em: 12.2008.

LEE, G.; SACKS, R. e EASTMAN, C. M. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. **Automation in Construction**, v. 15, n. 6, 2006, p.758-776. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09265805>. Acessado em: 12.2008.

LIEBICH, T.; ADACHI, Y.; FORESTER, J.; HYVARINEN, J.; KARSTILA, K. e WIX, J. **Industry Foundation Classes IFC2x Edition 3**. IAI, 2006.

LIEBICH, T. e WIX, J. **IFC Technical Guide**. IAI, 2000, 46 p.

MAHDAVI, A. Computational building models: theme and four variations. In: **International IBPSA Conference**, 8, 2003, Eindhoven. 3-17. Disponível em http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2003/BS03_0003_18.pdf. Acessado em: 12.2008.

NIBS. **National Building Information Modeling Standard**. National Institute of Building Sciences, 2007, 183 p.

PENTTILA, H. The state of the art of Finnish building product modelling methodology. In: **Computer Aided Architectural Design Futures Conference**, 11, 2005, Viena. Viena 225-240. Disponível em http://cuminad.scix.net/data/works/att/cf2005_2_55_233.content.pdf. Acessado em: 12.2008.

ROBINSON, C. E. A data structure for a computer aided design system. In: **Annual ACM IEEE Design Automation Conference**, 3, 1966, New York. New York: 1966 14.1-14.9. Disponível em <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=810786>. Acessado em: 12.2008.

ROSS, D. T. Computer-aided design (research summary). **Communications of the ACM**, v. 4, n. 5, 1961, p.235. Disponível em <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=366532.366554>. Acessado em: 11.2008.

ROSS, D. T. e RODRIGUEZ, J. E. Theoretical foundations of the computer-aided design system. In: **Spring Joint Computer Conference**, 1963, Detroit. New York: 1963 305-322. Disponível em <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1461551.1461589>. Acessado em: 12.2008.

TURK, Z. Phenomenological foundations of conceptual product modelling in architecture, engineering and construction. **Artificial Intelligence in Engineering**, v. 15, n. 2, 2001, p.83-92. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09541810>. Acessado em: 12.2008.

WAN, L. e MESSNER, J. I. Virtual construction simulator: a 4D CAD model generation prototype. In: **Computing in Civil Engineering**, 2007, Pittsburgh. Pennsylvania: 2007 Disponível em <http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normal&id=ASCECP000261040937000102000001&idtype=cvips&gifs=yes>. Acessado em: 12.2008.

YANG, W. Z.; XIE, S. Q.; AI, Q. S. e ZHOU, Z. D. Recent development on product modelling: a review. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 1, 2008, p.6055-6085. Disponível em <http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/tprs/2008/00000046/00000021/art00008>. Acessado em: 12.2008.

Capítulo 6. Sobre classificação de componentes e organização da informação na construção

A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM – uma abordagem teórica

Julio Cesar Bastos Silva
Sérgio Roberto Leusin de Amorim

Resumo

A indústria da Construção Civil brasileira passou por um período de estagnação por 20 anos que causou uma dormência em seus processos produtivos. Por volta do ano de 2005, a retomada do aquecimento da economia brasileira em bases sólidas, além de políticas de incentivo para o setor de construção alavancaram o setor em ritmo acelerado. Tendo em vista que o setor AEC é uma das bases da economia, o Governo Federal brasileiro estabeleceu um plano de metas a serem alcançadas com o objetivo de modernizar a indústria estabelecendo formas sustentáveis de financiamento, capacitação de mão-de-obra, promoção da industrialização da construção e incentivo e difusão da tecnologia industrial. Uma das ações estabelecidas para ajudar a atingir esses objetivos foi a intensificação do uso de tecnologias da informação e dentro desta ação, fazia-se necessária a implantação de normas técnicas que suportassem a tecnologia BIM e a adoção de um sistema de classificação de componentes da construção. O objetivo deste artigo é apresentar o processo de modelagem de um sistema de classificação da informação da construção que visa contribuir para a implantação de um novo paradigma tecnológico, o Building Information Modeling, modernizando os processos de planejamento, projeto, construção, operação e manutenção através de um sistema de classificação que represente a complexidade dos processos do setor. O estudo baseia-se na análise de outros sistemas de classificação internacionais e de sistemas já utilizados no Brasil e o impacto da adaptação de um sistema de classificação estrangeiro como base para um sistema nacional. A conclusão deste artigo indica que a implantação de um sistema de classificação da informação da construção pode ter impacto positivo na indústria AEC brasileira, pois a padronização de referência aos componentes da construção tem interface direta nas melhores práticas em todo o ciclo de vida do empreendimento.

Originalmente publicado em: SILVA, J.C.B.; AMORIM, S.R.L. A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM – uma abordagem teórica. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. *Anais eletrônicos...* Salvador: FAUFBA, 2011

1. Introdução

Como parte das demandas apresentadas pela Política de Desenvolvimento Produtivo do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior voltadas para o setor AEC brasileiro, uma das ações pretendidas para o processo de modernização do setor AEC brasileiro recai na adoção da tecnologia BIM. Concomitante a esta ação estratégica foram necessárias adoções de medidas complementares que dessem suporte à tecnologia como a implementação de um sistema internacional de classificação adaptado às demandas brasileiras para o sucesso do cumprimento das metas estabelecidas.

O objetivo desse trabalho é apresentar as ações que foram necessárias para embasar o processo de modelagem de um sistema de classificação da informação da construção que venha a contribuir para a implementação do Building Information Modeling e como se modifica a estrutura organizacional e os processos de produção de um empreendimento na forma como são concebidos hoje em dia. O presente trabalho apresenta um fator limitador, tendo em vista que os trabalhos do órgão normativo brasileiro ainda estão em desenvolvimento e não é possível afirmar que a conclusão do presente trabalho venha a ser exatamente a mesma da proposta pela comissão constituída por este órgão normativo, com participação de outras entidades do setor construtivo nacional. Entretanto, como as diretrizes principais já foram apresentadas para consulta pública, os riscos de insucesso foram minimizados, mesmo que o tempo de desenvolvimento deste trabalho seja menor que o desenvolvimento dos trabalhos relativos à comissão do órgão normativo nacional.

Para desenvolver este trabalho foram necessários os estudos dos sistemas de classificação mais relevantes utilizados à nível mundial e os sistemas de classificação existentes no Brasil. O resultado dessa pesquisa é a descrição de como o órgão normativo nacional e as entidades que integram a indústria AEC brasileira propõem esse novo sistema de classificação, que tem como missão traduzir as complexidades inerentes do setor construtivo para estabelecer uma linguagem única, através de um modelo bem definido de operação e que venha a facilitar e padronizar a interoperabilidade entre os instrumentos de produção e gerenciamento de projetos.

2. Sistemas De Classificação

2.1. Definições

Segundo Lopes (2003), um sistema se propõe a ordenar e hierarquizar o objeto de estudo, dividindo por classes e/ou princípios de especialização, agrupando-o de forma coerente e de fácil entendimento e, evitando por parte do interlocutor desse objeto de estudo, interpretações dúbias.

No que refere-se à classificação, para Bailey (1994), a classificação é tanto o processo quanto o resultado da representação criteriosamente ordenada dos elementos ou casos de um universo. Esta análise sintetiza o processo descrito por esse trabalho, onde as análises das estruturas de outros sistemas e suas adaptações à realidade nacional, em si, se tornavam um processo de classificação de terminologias que foram utilizadas para a construção de um novo sistema.

2.2. Sistemas Internacionais

- OMNICLASS

A OMNICLASS pode ser definida de maneira simplificada, como um padrão de toda a informação para a construção (OMNICLASS, 2011). Sua abordagem vai desde a organização do conjunto de materiais e produtos até os descritivos de projeto. Sua estrutura mescla a classificação facetada e a classificação hierárquica, constituída de 15 tabelas representativas das diferentes facetas de informação dos objetos construtivos, que podem ser utilizadas de forma independente ou combinadas.

- Masterformat

MasterFormat é a lista principal das terminologias e codificações usados para organizar as especificações e outras informações de projeto para a maioria dos projetos de edifícios comerciais, desde a concepção até a construção na América do Norte para organizar dados sobre os requisitos de construção, produtos e atividades e ao padronizar essas informações, facilita a comunicação entre arquitetos, especificadores, empreiteiros e fornecedores, colaborando com o cumprimento dos requisitos de construção dos proprietários, cronogramas e orçamentos.

- Uniformat

UniFormat é um método de organização de informações de construção com base em elementos funcionais ou partes de uma instalação, caracterizados por suas funções, sem levar em conta os materiais e métodos utilizados para alcançá-las. Estes elementos são muitas vezes referidos como sistemas ou conjuntos. A abordagem do UniFormat para a organização de dados também é importante para o desenvolvimento contínuo da modelagem da informação da construção (BIM), pois com a sua organização do sistema, permite que objetos sejam inseridos antes que suas propriedades sejam definidas.

- EUROCODES

Os EuroCódigos Estruturais (conhecidos como EuroCódigos) são um conjunto de dez normas européias que contêm regras comuns para o projeto estrutural de edifícios e estruturas de engenharia civil. Os EuroCódigos são aplicáveis às estruturas de conjunto e aos elementos individuais de estruturas e servem para o uso de todos os principais materiais de construção como cimento, aço, madeira, alvenaria e alumínio.

- SICAE

O SICAE – Sistema Informação da Classificação Portuguesa de Atividades Econômicas - é um departamento do Ficheiro Central de Pessoas Coletivas (FCPC), que integra, numa única base de dados, a informação sobre o código da Classificação Portuguesa das Atividades Econômicas (CAE) das empresas e entidades de classe. O SICAE, localiza-se na Internet (www.sicae.pt), para obter informação atualizada sobre o código CAE de qualquer empresa, associação, fundação e demais pessoas jurídicas e entidades de classe, evitando as não-conformidades nos códigos CAE atribuídos a essas entidades por diferentes serviços do Estado. A classificação Portuguesa de Atividades Econômicas (CAE), interrelacionada em termos estruturais e conceituais com a Nomenclatura das Atividades Econômicas da União Européia (CAE-Rev.3) e com a Classificação das Atividades das Nações Unidas (CITA-Rev.4), estabelece o conjunto das atividades econômicas que podem ser prosseguidas por agentes econômicos, ajustado às necessidades nacionais. Nesta medida, a CAE permite prosseguir diferentes objetivos, quer ao nível da análise estatística, quer ao nível da regulamentação de atividades econômicas.

- JCCS

Segundo Terai (2008), o Sistema de Classificação para informação da Construção Japonesa (Construction information Classification System in Japan) foi baseado na ISO/ PAS 12.006-2 com o objetivo de desenvolvimento de um sistema padronizado de classificação baseado em estrutura orientada a objeto para ser usado como tradução intermediária / sistema de mapeamento para os sistemas existentes continuarem sendo utilizados, sem interferir nas rotinas culturais do setor de construção.

2.3. Sistemas Existentes Nacionais

- SISMICAT

O SISMICAT - Sistema Militar de Catalogação foi criado em 1982 em um processo que se iniciou em 1968 com a criação da Comissão Permanente de Catalogação de Material pelo EMFA. O objetivo do SISMICAT é o de identificar, classificar e codificar os itens de suprimentos das Forças Armadas brasileiras. Visando manter uma interface aos padrões do bloco militar a que o Brasil pertence, em 1997 o Estado Maior das Forças Armadas assina acordo com a Agência de Abastecimento e Manutenção da OTAN, adotando o Sistema OTAN de Catalogação.

O Governo Federal adotou o sistema como padrão de classificação, e apesar de possuir de uma estrutura coerente à sua função sistêmica, o SISMICAT não atendeu o setor da Construção como padrão.

- SINAPI

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI – é responsável pela realização de pesquisas mensais que informam os custos e índices da construção civil. Implantado em 1969, o sistema calcula custos para projetos residenciais, comerciais, equipamentos comunitários, saneamento básico e emprego e renda urbana e rural. A Caixa Econômica Federal (CEF) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) são os órgãos responsáveis pela publicação desses resultados e também pela manutenção, atualização e aperfeiçoamento dos cadastros técnicos, métodos de cálculo e controle de qualidade das informações. Mensalmente, a rede de coleta do IBGE avalia em todas as capitais brasileiras os preços de materiais e equipamentos de construção, além dos salários das categorias profissionais em estabelecimentos comerciais, industriais e sindicatos da construção civil.

A CEF é responsável pela manutenção da base técnica de engenharia, base cadastral de coleta e métodos de produção.

- SEAP

A Secretaria de Estado de Administração e Patrimônio estabeleceu as normas sobre Práticas de Projeto, Práticas de Construção e Práticas de Manutenção, hoje vigentes na Administração Pública Federal, e que foram atualizadas considerando os avanços tecnológicos ocorridos nos últimos anos a respeito de projeto, construção, manutenção e demolição de edifícios públicos, constituindo precioso material de consulta para os profissionais e empresas do setor. Os três módulos específicos em que se estruturam as mencionadas normas agrupam disposições sobre as atividades de manutenção, com vistas à preservação do desempenho, prolongamento da vida útil, redução do desperdício e dos investimentos na recuperação dos edifícios públicos.

Constituem, também, motivo de permanente preocupação, os aspectos inerentes a garantia e controle de qualidade, preservação do meio ambiente, segurança e saúde do trabalhador, conservação de energia e eliminação de barreiras arquitetônicas ao acesso de deficientes físicos, entre outros.

3. A Proposta de Classificação Nacional

3.1. Processo de Normalização do Sistema de Classificação Brasileiro

Desde o ano 2000, os sistemas de classificação são estudados dentro da academia brasileira através de projetos de pesquisa. O CDCON – Desenvolvimento de Terminologia e Codificação de Materiais e Serviços para a Construção, ANTAC (2006) propunha uma contribuição para o desenvolvimento de terminologias e de um sistema de classificação com base na norma ISO PAS 12006-2, além de pesquisas bibliográficas, dados públicos e privados e consultorias com especialistas. De acordo com Marchiori (2009), sua estrutura não conseguiu atingir o mercado da construção como um todo nem se tornou uma norma brasileira de codificação e classificação, em virtude de dois fatores preponderantes: a ausência da ABNT no processo de normalização à época contribuiu para o esvaziamento do processo por parte das entidades representativas do setor e apesar de terem demonstrado interesse pelos resultados, as instituições não se motivaram a dispensar recursos humanos e financeiros de modo que o projeto pudesse ser viabilizado (HABITARE, 2006, vol.6, p.215).

Com a adoção da tecnologia BIM pelas empresas do setor de construção, fez-se necessário um processo de criação de um sistema de classificação nacional que desse suporte a indústria, de maneira a consolidar a tecnologia para o setor, dentro de parâmetros eficazes, seguros e de fácil aplicação.

3.2. O Papel da ABNT e da Comissão de Estudos Especiais 134

No ano de 2009, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior estabeleceu uma agenda de ações denominada Política de Desenvolvimento Produtivo - PDP - setorial da Construção Civil, com o objetivo de aumentar a competitividade e melhoria da produtividade através de uso mais intenso de ferramentas de Tecnologia da Informação.

Uma das metas estabelecidas para alcançar os objetivos firmados no PDP, a difusão da tecnologia BIM – Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção) foi um dos caminhos encontrados como forma de impulsionar esse processo de modernização. Observando o cenário do setor àquela época, o MDIC destacou a importância da definição de um padrão nacional e seu respectivo sistema de classificação de componentes da construção, tendo em vista a necessidade de suprir esta lacuna de falta de padrões de referência nacionais para os arquivos BIM.. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – foi convidada para direcionar o desenvolvimento dos trabalhos, de forma a organizar e mediar o plano de ação para atender as demandas do MDIC. Foi então criada a Comissão de Estudo Especial 134, reunindo agentes fornecedores, consumidores e neutros do setor AEC (público e privado), que passou a ter como objetivos normativos a simplificação, voluntariedade, atualização, representatividade, paridade, transparência e consenso de forma a conferir credibilidade a todo o processo. Para que esse princípios sejam atingidos, os textos pré-aprovados são submetidos à consulta pública, que é divulgada através de publicação no Diário Oficial para que toda a sociedade possa opinar e levantar questões que possam enriquecer o processo de normalização como um todo.

3.3. Proposta Estrutural das Classificações

Para que o sistema de classificação da informação da construção atendesse de forma satisfatória os diversos agentes AEC, fez-se necessária a análise da estrutura que melhor servisse aos interesses da indústria brasileira, levando-se em conta suas peculiaridades regionais. Obviamente, um país de dimensões continentais como o Brasil e culturalmente diversificado, impunha obstáculos

claros no que se referia ao atendimento de todas essas peculiaridades e essas adaptações foram retiradas do escopo de análise. De acordo com o CDCON (2003) o desenvolvimento de normas para a estrutura de codificação, padronizando conteúdos e terminologias mas deixando aberta possibilidades de inclusão de facetas pertinentes a cada etapa do processo de construção foi a ação mais viável para a organização de um sistema nacional. Outra ação pertinente foi a integração, através dessa estrutura de classificação, da indústria de materiais e componentes aos profissionais do setor de projetos, pelos conjuntos de objetos paramétricos associados aos descritivos fornecidos, criando assim, as bibliotecas BIM. A partir do momento em que esses processos de formação de conteúdos fossem normalizados, automaticamente os processos de projeto e especificações ganhariam respaldo jurídico, pois a plataforma BIM oferece a possibilidade da rastreabilidade do processo de produção e da tomada de decisão baseada na aplicação das melhores práticas dentro do processo.

Em virtude da necessidade de estar em concomitância com os padrões adotados internacionalmente, uma das decisões naturais seria a da tradução da norma internacional ISO/PAS 12006-2 como base para o estudo de uma estrutura normativa nacional, além de outros sistemas de classificação internacionais. Baseando-se na estrutura da ISO/ PAS 12.006-2, chegou-se a conclusão que subdividir a estrutura em seis níveis básicos de classificação da informação da construção era a melhor forma de organizar as terminologias de acordo com seus níveis macro de especialização que foram divididos da seguinte maneira:

1. Características dos Objetos;
2. Processos da Construção;
3. Recursos da Construção;
4. Resultados da Construção;
5. Unidades da Construção e Espaços da Construção;
6. Informação da Construção;

0	Característica dos Objetos
---	----------------------------

Materiais	M
Propriedades	P

1	Processos
---	-----------

Fases	F
Serviços	S
Disciplinas	D

2	Recursos
---	----------

Funções	O
Equipamentos	Q
Componentes	C

3	Resultados	Elementos	E
		Resultados	R
4	Unidades da Construção e Espaços	Unidades Espaços	U A
5	Informação da Construção	Informação	I

Figura 1 - Terminologias dos princípios de especialização

Fonte: ABNT CEE-134, 2010

Essa subdivisão foi confrontada com a estrutura proposta pela OMNICLASS de forma a estabelecer um modelo de correlação de tabelas onde fossem estabelecidas a nomenclatura das fases de acordo com seus princípios de especialização, conforme é apresentado na Figura 1, onde, na coluna da esquerda, apresenta-se o código da tabela e o princípio de especialização e na coluna da direita, apresenta-se a que se refere cada fase e a sua referida inicial.

4. Discussão dos Impactos Potenciais

4.1. A Importância da Norma Técnica NBR-ISO 12.006-2:2010 Construção de Edificação – Organização de Informação da Construção – Parte 2: Estrutura para Classificação de Informação

De acordo com ABNT (2009), as classificações mais utilizadas são de serviços (especialmente para especificações) e de elementos (principalmente para análise de custos). Estas também são as que apresentam maior grau de variação, não apenas em sua itemização e estrutura, mas também no âmbito de outros propósitos para as quais elas são aplicadas.

Com a pluralização da informação sobre o BIM, o foco sobre produtos e propriedades dos objetos da construção, externou ainda mais a necessidade de uma norma técnica que fosse um dos suportes da tecnologia.

O Building Information Modeling é uma tecnologia que processa dados de diferentes características. Geometria, custos, informações técnicas, cronogramas, especificações são alguns dos dados processados e necessitam de uma organização simples e direta para que sejam utilizados de maneira

adequada junto aos aplicativos operacionais. Para a ABNT (2009), o objetivo da Parte 2 da NBR 12.006 é definir a estrutura e o conjunto de títulos recomendados de tabelas apoiados por definições, em que se destina o uso por organizações que desenvolvem e publicam sistemas de classificação e tabelas em âmbito nacional ou regional, identificando as classes para a organização da informação e indicando a interrelação entre elas. Apesar de não definir um sistema para classificação completo, definiu a base que a proposta da norma que estabelece o sistema de classificação da informação da construção brasileiro fosse consolidada, apesar de não oferecer uma classificação hierárquica e facetada como o OMNICLASS. Essa flexibilização da produção das tabelas constitutivas do sistema que está em proposição pelo órgão normativo nacional e embasado na NBR ISO 12006-2:2010, desde que fossem utilizados os princípios de especialização aplicados à classe dos objetos, é que conferiram ao processo de normalização a confiabilidade de que o sistema de classificação da informação brasileiro precisava para atender de maneira satisfatória a indústria AEC.

A NBR 12.006-2:2010 estabeleceu que o escopo das tabelas apresentassem o tema, a classe, o princípio de especialização e a tabela de referência como forma de organizar o sistema, vide Figura 2 a seguir.

Temas	Classe	Princípio de especialização	Tabela de referência
Resultado da Construção	Unidade de construção	Forma	A.1
		Atividade ou função de usuário	A.2, A.6
	Complexo de construções	Atividade ou função de usuário	A.3, A.6
		Grau de fechamento	A.4
	Espaço	Atividade ou função de usuário	A.5, A.6
		Classificada pelas tabelas relacionadas de elementos, elementos projetados e resultados de serviço de construção	A.7, A.8, A.9
	Elemento	Função característica predominante da unidade de construção	A.7
	Elemento projetado	Elemento por tipo de serviço	A.8
	Resultado de serviço de construção	Tipo de serviço	A.9

Processo	Processo de gerenciamento	Tipo de processo	A.10
	Processo de construção	Classificado por tabela relacionada de resultados de construção	A.9
	Etapa do ciclo de vida de unidade de construção	Caráter geral dos processos durante a etapa	A.11
	Etapa de projeto	Caráter geral dos processos durante a etapa	A.12
Recursos	Produto de construção	Função	A.13
	Apoio à construção	Função	A.14
	Agente da construção	Disciplina	A.15
	Informação da construção	Tipo de mídia	A.16
Propriedade	Propriedade/ característica	Tipo	A.17

Figura 2 – Princípios de especialização aplicados às classes de objetos

Fonte: ABNT CEE-134, 2010

4.2. Para que Serve o Sistema de Classificação e seu Impacto na Interoperabilidade

Segundo Fraga e Amorim (2007), a carência de uma padronização de terminologias no setor de AEC dificulta a comunicação e a integração entre sistemas operacionais, gerenciais e administrativos, prejudicando a uniformização e contextualização da linguagem textual e conceitos e, consequentemente, a interoperabilidade e adequada utilização das NTI's existente no mercado atual. Os sistemas de classificação têm na sua essência, a capacidade de criar classes de objetos e relacioná-las aos objetos em si. Esse relacionamento entre as classes dos objetos construtivos permite a criação de ontologias que ordenam todo um ambiente de terminologias específicas de modo que sejam acessadas de maneira facilitada por todos os agentes da cadeia de produção. Essa padronização de nomenclaturas se tornará a base para a organização e gerenciamento das informações, facilitando a gestão de projetos e a interoperabilidade entre sistemas dando suporte ao BIM na aplicação prática desses processos. Em face da utilização da extensão *.ifc para a intercambialidade entre aplicativos BIM, o sistema de classificação atua como interlocutor na leitura desta extensão em relação ao contexto brasileiro para designação dos componentes construtivos.

Sendo assim, podemos afirmar que a importância do sistema de classificação reside no fato que a interoperabilidade entre sistemas, dentro da indústria AEC,

decorrente dele, ocasiona: diminuição de perdas, diminuição do re-trabalho, melhora a produtividade e eleva os ganhos reais do empreendimento.

5. Conclusão

O tempo de desenvolvimento deste trabalho foi menor que o tempo de desenvolvimento dos trabalhos da ABNT CEE-134, que ainda estão em andamento. Entretanto, em virtude da ABNT CEE-134 já ter aprovado a NBR-ISO 12.006-2:2010, a estrutura do escopo da Norma Técnica do Sistema de Classificação e já ter colocado em consulta nacional a primeira parte desta nova Norma Técnica, o resultado esperado pelos autores é que esse trabalho venha a contribuir para que o sistema de classificação seja plenamente difundido e seja relevante para a indústria AEC brasileira e que a tecnologia BIM tenha um suporte significativo a partir do momento em que parâmetros de codificação e nomenclatura consistentes para sua utilização estejam normalizados.

Espera-se também que, futuramente, após a implantação das normas técnicas regulando a tecnologia BIM, seja possível integrar as terminologias e codificações das classes de objetos e os descriptivos de especificação do SINAPI com essas normas, envolvendo cerca de 7200 componentes da construção, de forma a facilitar e agilizar assim a análise de projetos habitacionais pela Caixa Econômica Federal e os demais agentes de financiamento imobiliário.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12006-2: Construção de edificação – Organização de informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação de informação. Rio de Janeiro, 2010.

AMORIM, S. R. L., PEIXOTO, L. A. Capítulo 8 CDCON: classificação e terminologia para a construção. In: AMORIM, S. R. L., BONIN Luis Carlos. **Coletânea Habitare: Inovação Tecnológica na Construção Habitacional.** Porto Alegre: ANTAC, 2006. 228 p. Volume 6, 189-219.

BAILEY, K. D. **Typologies and taxonomies:** an introduction to classification techniques. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994. 90p.

EUROCODES. Building the Future. Disponível em: <<http://www.eurocodes.jrc.ec.europa.eu/>>. Acesso em: 16 fev. 2011.

LOPES, R. A. **Taxonomia do processo de projeto de edificações.**

Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, 2004.

MARCHIORI, F. F. Desenvolvimento de um Método para Elaboração de Redes de Composições de Custo para Orçamentação de Obras de Edificações. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2009.

OMNICLASS. A Strategy for Classifying the Built Environment. Disponível em: <<http://www.omniclass.org/>>. Acesso em: 7 fev. 2011.

RABELO, P. F. R., AMORIM, S. R. L. ONTOARQ – Ontologia para Arquitetura, Engenharia e Construção. Visualização e Gerenciamento na WEB. In: TIC2007 - Encontro De Tecnologia Da Informação E Comunicação Na Construção Civil, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007.

SICAE. Sistema Informação da Classificação Portuguesa de Actividades Económicas. Disponível em: <<http://www.sicae.pt/Default.aspx>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

TERAI, T. Development of the construction classification system in Japan (JCCS). Department of Architecture and Civil Engineering. Faculty of Engineering. Chiba Institute of Technology. Chiba, 2008. Disponível em: <<http://www.qhxb.lib.tsinghua.edu.cn/myweb/english/2008/2008es1/199-204.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2011.

Capítulo 7. Interoperabilidade e desafios

Experimentos de interoperabilidade e metodologia para medição da eficiência

Michael Antony Carvalho

Sergio Scheer

Resumo

No Mercado atual existe um número crescente de fabricantes de software com a proposta de integração baseada em BIM com interoperabilidade a partir do formato IFC e mecanismos de colaboração para seus produtos. No entanto, a manipulação e edição de informação para os modelos BIM nem sempre são mantidas dentro de uma cadeia de processos integrados para os profissionais. Os modelos propostos de informação variam de projeto arquitetônico, projeto de estruturas de concreto e detalhamento, até orçamento e composição de custos, como parte de arquivos IFC. A fim de investigar a efetividade da interoperabilidade entre sistemas, foi desenvolvido um procedimento técnico para testar a interoperabilidade de dados entre diferentes sistemas de BIM-CAD. Um experimento controlado com modelos de dados criados em diferentes sistemas BIM CAD e em diferentes formatos demonstrou que nem sempre foi possível incorporar e manter a informação necessária gerada nas fases iniciais de criação do modelo ao longo de todo o processo do projeto. Muito retrabalho é gerado de modo a manter as características gerais dos elementos arquitetônicos em 3D. Depois de testar os modelos IFC gerados, foram identificadas não-conformidades na importação e exportação de arquivos IFC, que não permitem aos usuários aproveitar de modo efetivo todos os benefícios que os fabricantes de software BIM CAD oferecem para seus produtos.

Originalmente publicado em: CARVALHO, M. A.; SCHEER, S. Interoperability experiments and methodology for efficiency measurement. In: ICCCBE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 14. Proceedings of ICCCBE 2012... Russia, 2012.

1. Introdução

Sistemas que possam disseminar e aperfeiçoar a interoperabilidade de dados e sistemas em AEC tem sido o foco de muitos esforços. Grande atenção tem sido dada às dificuldades encontradas para garantir a continuidade dos processos de trabalho quanto da utilização de recursos de exportação de arquivos. E muito tem se prometido no sentido da gama de opções disponíveis em termos de sistemas baseados em tecnologia de Building Information Modeling (BIM).

Os conceitos BIM vão muito além da concepção de projetos utilizando sistemas CAD e visualização tridimensional em projeto. Como um modelo computacional simples, a maneira de realizar a concepção de projeto é diferente da preparação para a fase construtiva. Assim, a informação agregada aos elementos básicos do trabalho nas múltiplas facetas das diferentes disciplinas envolvidas no processo torna-se central para a compreensão de todos os profissionais envolvidos no processo. O aumento das dimensões na modelagem BIM permite a continuidade da informação nos mais diversos ambientes de projeto e sistemas por meio do uso de um formato de neutro (Eastman, 2011). O modelo de referência principal atualmente é baseado no formato conhecido por Industry Foundation Classes (format IFC). Este formato neutro está de fato se tornando usual nas verificações relativas à eficiência de interoperabilidade (Andrade e Ruschel, 2009).

O projeto arquitetônico é uma das etapas fundamentais que pertencem ao processo BIM, suprindo dados para muitas outras atividades na cadeia de informação. A informação produzida será todo o projeto da edificação, que emerge a partir das etapas relativas aos projetos complementares (estrutural, elétrica, hidráulica, rede, verificação de interferências e conflitos, dentre outros), e do planejamento e programação de produção e dos custos envolvidos nos serviços, que pode ser entendida com a ideia de 5D (Piniweb, 2012).

São inequívocos os benefícios da BIM e muitas empresas buscam alavancar seus processos e produtos tendo como elemento de comunicação aberta o modelo de dados IFC2X3. No entanto, pesquisas recentes mostraram que esta prática ainda tem dificuldades e problemas com dados inconsistentes ou imprecisos. Precisão não é completamente alcançado para a geometria adequada e, especialmente, há necessidade de retrabalho em algumas etapas do projeto do empreendimento de construção.

Este trabalho tem como objetivo relatar alguns testes de interoperabilidade para um modelo de estruturas de uma edificação projetado em relação especificamente a dois diferentes sistemas BIM de projeto de arquitetura. O intuito foi o de realizar uma análise de eficiência de interoperabilidade entre

diferentes sistemas tendo em foco estruturas de concreto armado.

As aplicações de software utilizadas estão listadas, bem como o modelo estrutural específico desenvolvido para o estudo de interoperabilidade. Os resultados são analisados e algumas conclusões são apresentadas.

2. Os sistemas utilizados

Levando-se em conta o estudo do fluxo de informação desejada foi utilizado um conjunto de aplicativos de software para diferentes finalidades e que lidam com o formato IFC e modelos BIM. Os diferentes sistemas foram organizados em quatro grupos: Grupo 1 (projeto arquitetônico) - Tabela 1, Grupo 2 (análise estrutural - Nível 1) - Tabela 2, Grupo 3 (projeto estrutural - Nível 2) - Tabela 3 e Grupo 4 (visualizador e verificador) - Tabela 4.

Projeto Arquitetônico	Versão	Fabricante	Características básicas
ArchiCAD	v14	Graphisoft Nemetschek	Proposal BIM / Architectural design; Import and Export IFC2X3 / Base file PLN
Revit Architecture	v2011	Autodesk, Inc.	Proposal BIM / Architectural design / Import and Export IFC2X3 / Base file RVT;

Tabela 1. Grupo 1 – Projeto arquitetônico

Estruturas – Nível 1 Análise	Versão	Fabricante	Características básicas
Revit Structure	v2011	Autodesk, Inc.	Proposal BIM / Structural design; Import and Export IFC2X3; Release of loads / Structure complement

Tabela 2. Grupo 2 – Projeto estrutural – Nível 1 – Modelo adicionado

Estruturas – Nível 2 Projeto	Versão	Fabricante	Características básicas
CypeCAD	v2010	Cypecad Ingenieros	BIM Concepts / Structural design; Import IFC2X3 / Export to Tekla Structures; Reinforced Concrete calculation / Design and detailing
CAD/TQS	v16.7.3	TQS Informática Ltda.	BIM Concepts / Structural design; Import Revit Structure - plugin; Export IFC2X3 / Reinforced Concrete calculation / Design and detailing;
Tekla Structures	v16	Tekla International	BIM Software / Structural design; Import and Export IFC2X3; Import Cypecad files; Structural engineering;

Tabela 3. Grupo 3 – Projeto estrutural – Nível 2 – Projeto

Visualizador e Verificador Teste de IFC	Versão	Fabricante	Características básicas
Nemetschek IfcViewer	v1.2	Nemetschek Group	BIM Concepts; Controller of IFC entities; Viewer of IFC entities;
Solibri Model Viewer	7.0.0.220	Solibri, Inc.	BIM Concepts; Controller of IFC entities; Viewer of IFC entities;

Tabela 4. Grupo 4 – Visualizador e verificador – Teste de IFC

3. O modelo estrutural

Foi preparado um modelo de estrutura em concreto armado relativa a uma construção de tal sorte que fosse possível identificar o comportamento de muitos

elementos estruturais diferentes. Foi utilizado exatamente o mesmo modelo em ambos os casos dos sistemas de projeto de arquitetura (14 ArchiCAD e Revit Architecture 2011). E cada elemento estrutural foi identificado com todas as suas características, considerando todos os parâmetros que poderiam servir como informações estruturais necessárias em algum momento no processo evolutivo do projeto da edificação.

A Figura 1 mostra o modelo estrutural da edificação desenvolvido em ArchiCAD14. Abaixo da Figura 2 ilustra o mesmo modelo desenvolvido em Revit 2011.

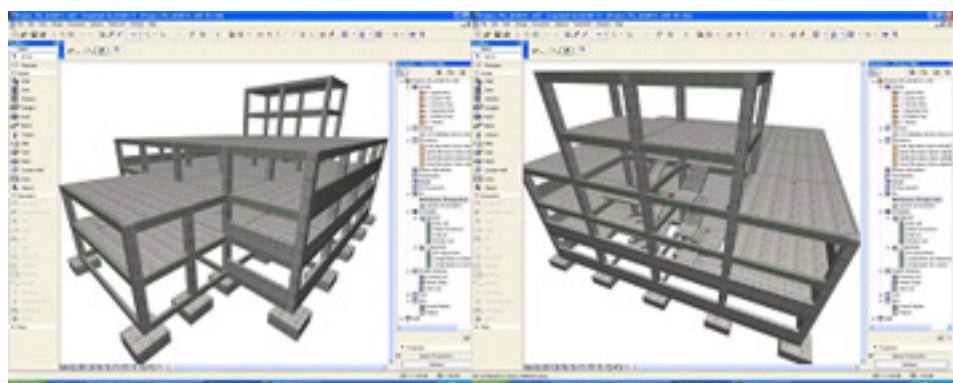


Figura 1. Revit Architecture 2011 – Modelo estrutural de concreto armado

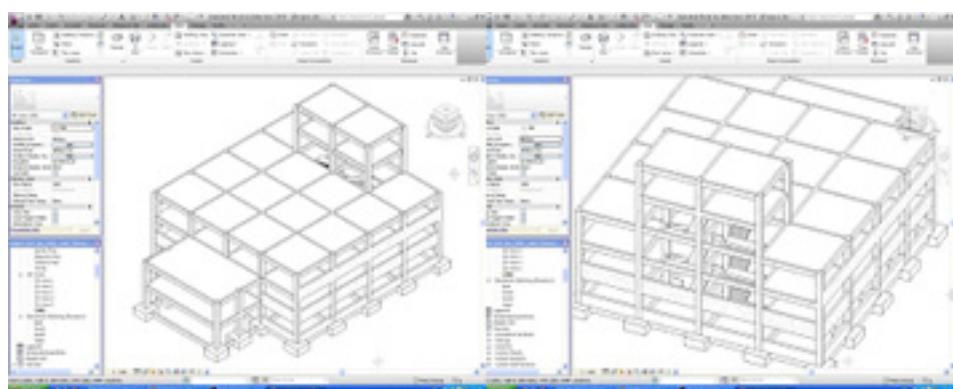


Figura 2. ArchiCAD 14 – Modelo estrutural de concreto armado

3.1. Informação da estrutura incluída nos dois modelos na fase de projeto arquitetônico

No processo de projeto arquitetônico também foi possível atribuir as informações relevantes para cada elemento como a função estrutural que teoricamente facilita o projeto estrutural e de fundações.

A Tabela 5 apresenta a informação relativa a cada elemento estrutural do modelo.

Elemento estruturais estudados
Estacas
Blocos
Pilares
Vigas de baldrame
Cortinas/ Colunas-parede
Lajes
Vigas
Escadas
Rampas

Tabela 5. Elementos estruturais tratados neste estudo

4. Testes de interoperabilidade para elementos estruturais

O formato neutron IFC foi utilizado como o meio de comunicação entre as diferentes plataformas. O ponto focal de colaboração do estudo foi a identificação de sucesso e a eficiência dentro dos fluxos de informação entre os sistemas utilizados. A Figura 3 mostra todos os fluxos com os arquivos IFC que foram analisados neste experimento.

Em cada fluxo serão descritas as vantagens e os problemas ao se realizar as operações com arquivos em format IFC, permitindo colecionar algumas sugestões de implementação de BIM.

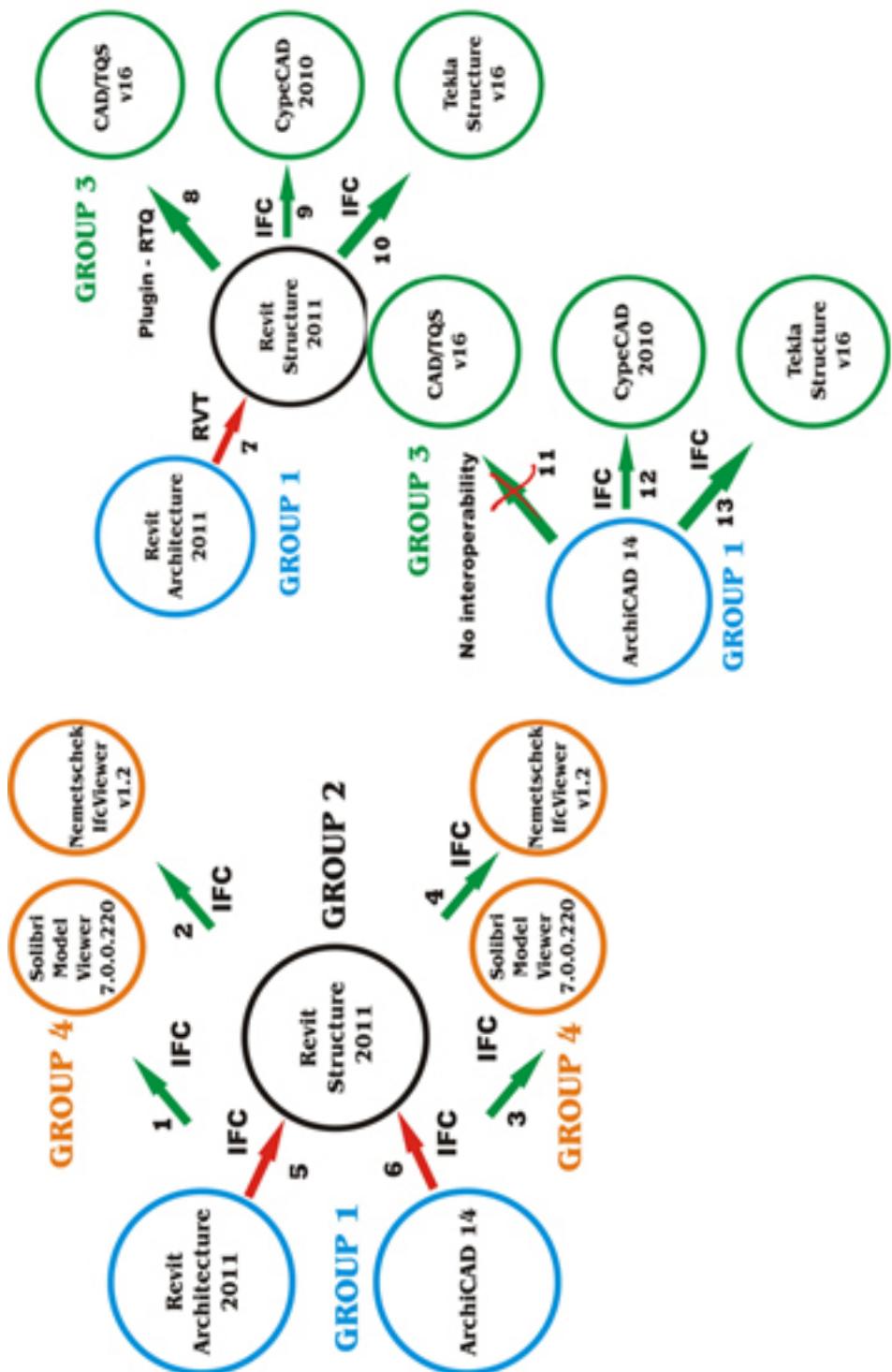


Figura 3. Fluxos de testes de interoperabilidade com arquivos IFC

5. Resultados e análise

Nesta seção, os fluxos de interoperabilidade entre os diferentes sistemas e aplicativos BIM são mostrados na Figura 3 e são descritos e comentados um a um.

Fluxo 1: O Solibri Model Viewer identificou todos os elementos geométricos criados no Revit Architecture 2011 e confirmou, assim, os componentes de dados em formato IFC2X3. Em cada elemento estrutural havia informação textual nos respectivos andares, como mostrado na Figura 4 A.

Fluxo 2: O segundo fluxo de exportação resultou em plenitude de obtenção das propriedades geométricas pelo o Revit Architecture 2011 (estrutural) do modelo. Todos os elementos são separados pelas respectivas entidades IFC em que é possível isolar unidade por unidade e verificar as características de cada componente individual. O resultado pode ser visto na Figura 4 B. De fato, ambos os controles de software IFC resultaram muito semelhantes, diferindo apenas na exibição das cores, atingindo seus objetivos e servindo como um parâmetro de qualidade para a informação representada pelo formato IFC.

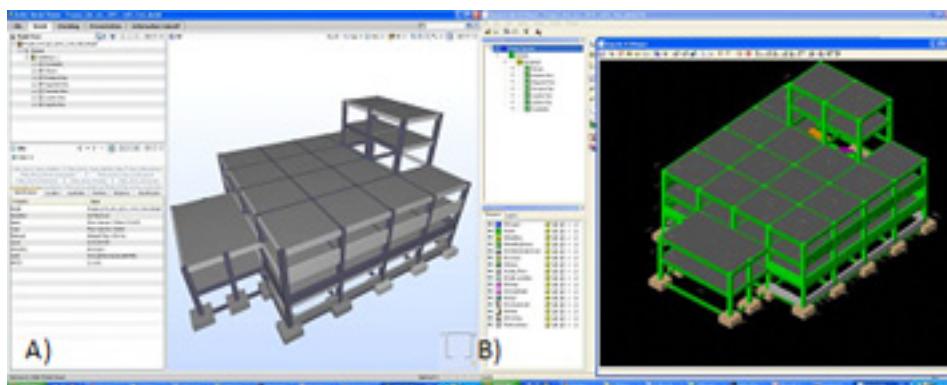


Figura 4. Fluxos de interoperabilidade 1 e 2 – A) Solibri Model Viewer; B) Nemetschek IfcViewer

Fluxo 3: O arquivo IFC criado pelo ArchiCAD 14 também não apresentou problemas quando exportado e acessada a informação textual relativa ao modelo estrutural. Apesar dos diferentes geradores de IFC, os resultados foram semelhantes para o Revit Architecture 2011, diferenciando-se apenas pela forma como a informação é apresentada. A representação pode ser visto na Figura 5 A.

Fluxo 4: No caso do aplicativo Nemetscheck IfcViewer não houve diferenciação de visualização da informação pelo acesso à informação estrutural através do ArchiCAD14 (Figura 5 B).

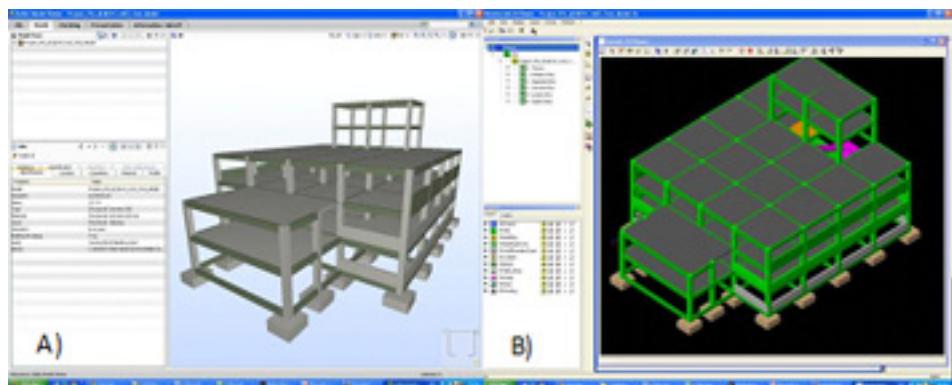


Figura 5. Fluxos de interoperabilidade 3 e 4 – A) Solibri Model Viewer; B) IfcViewer

Fluxo 5: Apesar de serem do mesmo fabricante de software, a exportação em formato IFC do Revit Architecture 2011 e Revit Structure 2011 mostrou uma considerável perda de identificações dos objetos derivados do modelo arquitetônico. As características geométricas foram transferidos com perfeição considerável, mas apresentando um problema de distorção nas vigas de cerca de 15% do modelo. Mesmo com tais conflitos de exportação foi possível prosseguir com a utilização do modelo estrutural no processo de projeto, independentemente da existência de retrabalho e da perda de informações textuais no processo, como percebido na Figura 6 A.

Fluxo 6: Para o modelo desenvolvido em ArchiCAD 14 e exportado em formato IFC para o Revit Structure 2011, aconteceu algo semelhante ao registrado no processo usando o Revit Architecture 2011. Contudo, a perda de informações textuais foi total. As entidades e suas características que necessitaram um trabalho considerável de criação no ambiente de projeto arquitetônico necessitaram retrabalho. Alguns problemas foram anotados com as texturas em IFC, com representação em modo próprio independentemente, como verificado na imagem da figura 6 B. No entanto, o processo pode ser continuado com o Revit Structure 2011 para cumprir a etapa de colocação de cargas e complementação da informação necessária ao modelo estrutural.

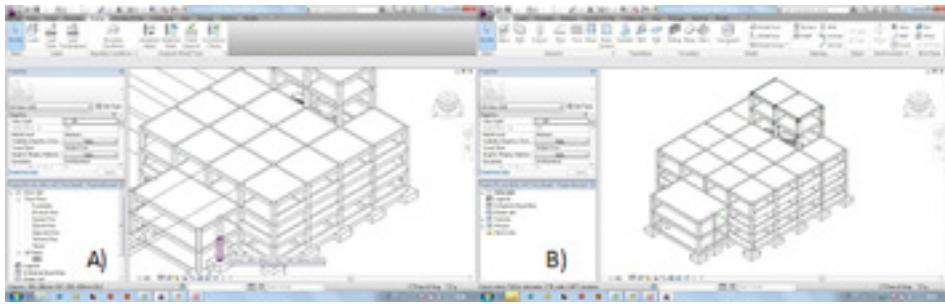


Figura 6. Fluxos de interoperabilidade 5 e 6 – A) Revit Structure 2011; B) Revit Structure 2011

Fluxo 7: Para aqueles que têm os sistemas Revit, existe a possibilidade de se utilizar o formato proprietário RVT. Neste caso, nenhuma informação é perdida e tornar-se parte da expansão de informações do modelo estrutural. É importante notar que este fluxo não se baseia em um modelo aberto de modelagem BIM. Este fluxo acaba tendo uma característica interessante em relação à introdução da informação estrutural adicional (como as cargas concentradas, cargas lineares, as cargas de superfície, e assim por diante), bem como para melhoria dos elementos de fundação (Figura 7 A).

Fluxo 8: O escopo atual do sistema CAD/TQS é gerar de forma clara as informações para os usuários. Para o fluxo entre o Revit Structure e o CAD/TQS (operação realizada com o auxílio de um ‘plugin’ que gera um arquivo “RTQ” e não um arquivo em formato IFC), as características identificadas nesse processo foram apenas os elementos geométricos e a altura dos pavimentos. Neste fluxo ocorreu cerca de 5% de desalinhamentos de vigas e alguns componentes não foram identificados como escadas e rampas, tal como mostrado na figura 7 B.

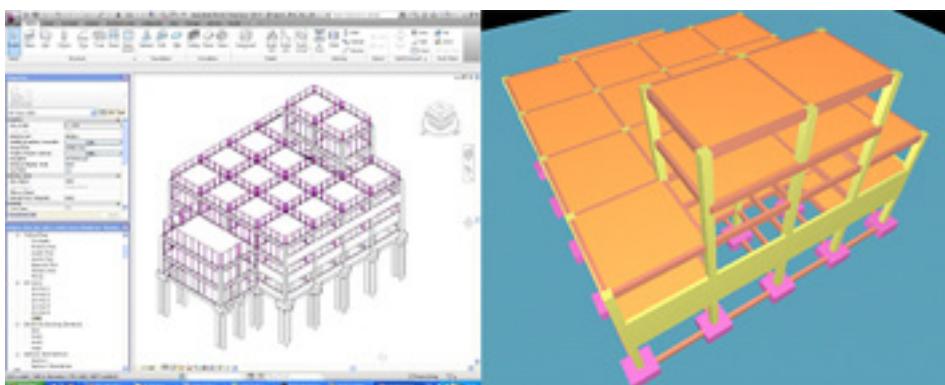


Figura 7. Fluxos de interoperabilidade 7 e 8 – A) Revit Structure 2011; B) CAD/TQS v16.7.3

Fluxo 9: As informações textuais foram perdidos em quase todos os elementos estruturais e alguns não foram adequadamente identificados, como é o caso das vigas e elementos de fundação (Figura 8 A). As cargas necessárias para ser distribuído de novo.

Fluxo 9: As informações textuais foram perdidos em quase todos os elementos estruturais e alguns não foram adequadamente identificados, como é o caso das vigas e elementos de fundação (Figura 8 A). Todas as cargas tiveram que ser novamente colocadas.

Fluxo 10: O sistema Tekla Structures tem uma opção de inclusão de um elemento de referência em modelos IFC. É ainda necessário utilizar uma “macro” para dividir o modelo em elementos estruturais independentes. Neste processo, a opção ‘macro’ define apenas vigas, pilares e paredes. Elementos mais complexos como escadas ou de rampas são unidos como mostrado na Figura 8 B. Os dados textuais e cargas foram perdidos, mas os elementos geométricos foram identificados com quantidades diferenciadas.

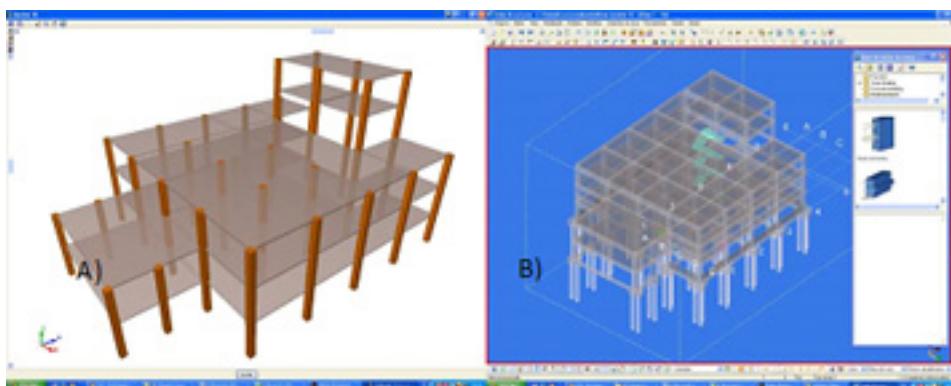


Figura 8. Fluxos de interoperabilidade 9 e 10 – A) CYPECAD 2010; B) Tekla Structures v16

Fluxo 11: Sem interoperabilidade direta.

Fluxo 12: O fluxo 12 com a ArchiCAD 14 não conseguiu uma transferência adequada de todos os componentes no processo ilustrado. Não havia diferença alguma com o fluxo 9, que utilizou o Revit Structure 2011 (Figura 9 A). Para este caso, como no fluxo 9, a recolocação de cargas deveria ser desnecessária e evitando o retrabalho.

Fluxo 13: Para este caso foi o mesmo mostrado no fluxo 10, com a diferença de que o ArchiCAD 14 IFC não têm cargas estruturais. Nenhum dos componentes complexos (como escadas e rampas) e informação textual foram apresentados

(Figura 9 B).

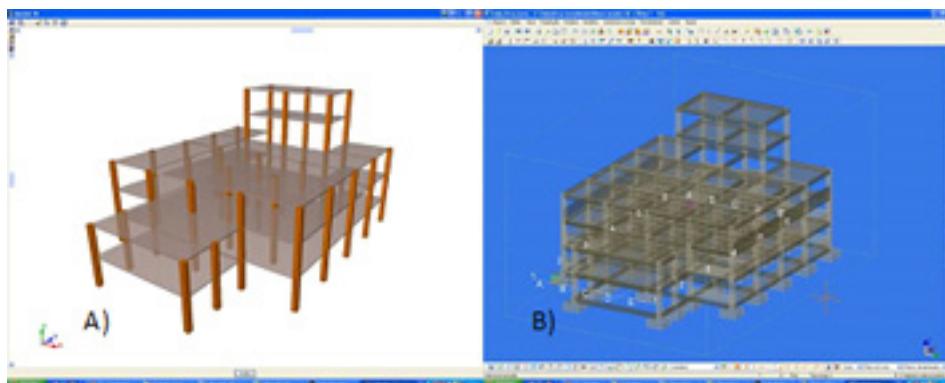


Figura 9. Fluxos de interoperabilidade 12 e 13 – A) CypeCAD 2010; B) Tekla Structures v16

Muitos fatores levam a escolha de um ou outro software: o uso prático, o custo de aquisição, o suporte técnico adequado, os benefícios técnicos no processo de trabalho, entre outros. No entanto, a escolha é pela opção de uma ferramenta fundamental para os processos projetuais que interage de forma satisfatória facilitando a vida dos profissionais no trabalho.

Verificados os fluxos de informação a partir desta experiência é possível identificar prós e contras em cada etapa de uso dos diferentes sistemas e que nenhum deles apresentou um resultado prático ideal de 100% na eficácia de transmissão de dados.

No entanto, algumas falhas podem deixar de existir, se a escolha for correta na alocação de dados aos elementos estruturais. Em todos os casos (exceto para Visualização e Verificação – tabela 4), a informação textual (identificação dos elementos, fornecedor, código de montagem, fase, nível inicial e final, anotações, datas, etc) não foi transferida para os elementos. Além disso, o Grupo 2 não mostrou todo o seu potencial, porque nenhuma das cargas foi introduzida no Fluxo 7 até a edição da base no arquivo ‘export-ifc-IAI.txt’.

Finalmente, destaque-se o objetivo mais importante deste estudo que foi o de fornecer um guia básico para escolher os instrumentos que podem levar a um trabalho mais colaborativo e mostrar o potencial das vantagens da modelagem BIM.

6. Conclusão

O experimento de interoperabilidade consistiu em um desenvolvimento de múltiplos fluxos de informação, principalmente com base em uso de arquivos IFC, para testar a interoperabilidade entre diversos sistemas.

Foi possível identificar alguns fatores críticos para o desenvolvimento de novas abordagens e procedimentos no que tange a questão dos componentes estruturais responsáveis pela criação das entidades em formato IFC a partir das informações inseridas no modelo arquitetônico.

Para muitos casos, a inclusão de informação já na etapa de modelagem arquitetônico e que se acreditava importante para uso na fase de modelagem estrutural no processo BIM (número de elementos estruturais, fornecedor, tipo de construção e mesmo as cargas, por exemplo), começa a parecer irrelevante num fluxo onde existe uma grande perda de informação.

Os modelos estruturais constituem uma pequena parcela de representação no propósito do processo de modelagem BIM. No entanto, usando conceitos básicos da interoperabilidade na confecção dos modelos, verificou-se que é possível uma melhoria nos resultados, quando comparados com testes anteriores. Ainda existe limitação nas conectividades através de formatos padronizados, necessitando mais revisões e melhorias nos sistemas. Mais desenvolvimentos nesse sentido tendem a alcançar uma melhor interoperabilidade a partir de novas versões dos sistemas para a prática do processo de modelagem BIM. Esses poderão realmente oferecer melhores resultados no sentido de facilitar o trabalho dos profissionais de projeto e construção de edificações.

Referências

ANDRADE, M.L.V.X.; RUSCHEL, R.C. Interoperabilidade entre ArchiCAD e Revit por meio do formato IFC. **IV TIC**, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

Disponível em: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB14790.pdf>. Último acesso: Janeiro 2012.

EASTMAN,C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2011, 490p.

PINIWEB. Construção Mercado, BIM avança no Brasil, **PINI**, por Prates.

Disponível em: <http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/112/artigo190520-1.asp>

Capítulo 8. BIM no ensino

Artigo 1

Tendências atuais para o ensino de BIM

Maria Bernardete Barison

Eduardo Toledo Santos

Resumo

Existem hoje muitas empresas no mundo todo que estão desenvolvendo projetos utilizando processos BIM. Estas empresas 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 às novas ferramentas. Contudo, essas experiências acadêmicas são relativamente novas e baseadas em pedagogias ainda não consolidadas. Com base em revisão da literatura e foco internacional, o presente estudo investigou as tendências atuais para o ensino de BIM. São apresentados os principais obstáculos enfrentados pelas universidades e os esforços da academia para formar profissionais na área.

Originalmente publicado em: BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Tendências atuais para o ensino de BIM. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: FAUFBA, 2011.

1. Introdução

Existem hoje muitas companhias no mundo todo que estão desenvolvendo projetos utilizando a tecnologia Building Information Model(ing) (BIM). Estas companhias estão procurando profissionais que possam efetivamente trabalhar em projetos BIM. Para atender a esta demanda as escolas têm implementado uma variedade de matérias para expor os alunos às novas ferramentas BIM (HOLLAND et al., 2010). Contudo, essas experiências acadêmicas são relativamente novas e baseadas em pedagogias ainda não consolidadas.

Com base em revisão da literatura, 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 e para ensino/aprendizagem de BIM.

2. 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).

Uma pesquisa que envolveu 119 escolas de construção nos Estados Unidos constatou que apenas 9% ensinam BIM na graduação e os principais obstáculos apontados pelos entrevistados são: 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 (SABONGI, 2009). Outra pesquisa que investigou 101 cursos de Arquitetura, Engenharia Civil e Gerenciamento da Construção nos Estados Unidos 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 (BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011).

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 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 adequada, 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 et al. 2005; SAH e CORY, 2008; TAYLOR et al. 2007; SCHEER, 2006).

3. Superando os Obstáculos

A partir de 2003 várias escolas 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 matérias que ensinam BIM (BARISON e SANTOS, 2010a; BECERIK-GERBER, GERBER e KU, 2011;

PAVELKO e CHASEY, 2010).

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 e 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 (ILS) 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 e MCCOY, 2010; PISHDAD, BOSORGI e BELLIVEAU, 2010).

A desvantagem do ateliê interdisciplinar interníveis é a falta de experiência de alunos iniciantes que ainda não dominam conceitos/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 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 e MCCOY, 2010; DOSSICK e PENA, 2010; WU, ISSA e GIEL, 2010; DEDERICH, KARLSHOJ e HERTZ, 2011).

4. Estratégias Utilizadas

A indústria considera BIM mais importante para atividades de estimativa 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 e CHASEY, 2010; BECERIK-GERBER, GERBER e KU, 2011).

As escolas adotam basicamente duas abordagens: ensinar BIM em uma ou duas matérias ou utilizar BIM em várias matérias do 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 e CHASEY, 2010; RAJA et al., 2010; STRELZOFF, SULBARAN e PERCY, 2010).

Independente da abordagem adotada, a tecnologia BIM está sendo introduzida em várias áreas do currículo: representação gráfica digital, workshop, ateliê de projeto, matéria 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 que eles são integrados com outros cursos. A matéria BIM pode ser eletiva ou integrar o currículo, ser oferecida isoladamente ou ser integrada com outras matérias, que geralmente é 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 e SANTOS, 2010a).

Nos cursos de arquitetura, BIM é ensinado principalmente nos anos finais da graduação e na pós-graduação. A maioria introduz BIM em ateliê de projeto. A segunda mais frequente opção é ensinar BIM em matérias de 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 workshop (BECERIK-GERBER, GERBER e KU, 2011; BARISON e SANTOS, 2010a).

Na engenharia, BIM é ensinado principalmente do 2º ao 4º ano. A maioria dos cursos de engenharia introduz BIM em uma matéria específica, porém outras opções significativas são ensinar BIM em ateliê de projeto, representação gráfica digital e gerenciamento da construção (BECERIK-GERBER, GERBER e KU, 2011; BARISON e SANTOS, 2010a).

No geral, BIM é mais ensinado no final da graduação, mas a maioria dos cursos que intencionam introduzir BIM, planejam fazê-lo no segundo ano (BECERIK-GERBER, GERBER e KU, 2011).

Para ensinar colaboração, as escolas têm adotado três abordagens: disciplinas isoladas, colaboração intra-cursos e interdisciplinar, colaboração à distância (BARISON e SANTOS, 2010a) 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 e até 2010 não havia relatos de experiências acadêmicas multinacionais de ensino de BIM (BARISON e SANTOS, 2010a).

5. Estratégias de Ensino/Aprendizagem de BIM

As estratégias de ensino/aprendizagem de BIM podem variar competência que se deseja alcançar. Existem basicamente intermediário e avançado (BARISON e SANTOS, 2010a).

5.1. Nível introdutório

Neste nível, BIM pode ser ensinado em Representação Gráfica Digital. O propósito é desenvolver as competências do Modelador BIM e também do Facilitador BIM. Para cursar esta matéria não é preciso conhecer CAD, nem ter habilidades em computação (BARISON e SANTOS, 2010b).

O objetivo é aprender ferramentas BIM, de preferência, aquelas mais utilizadas na disciplina; 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 e SANTOS, 2010b; TAIEBAT; KU e MCCOY, 2010; BROWN; PEÑA e FOLAN, 2009).

Em seguida, os alunos desenvolvem o modelo de um pequeno edifício (ou partes dele) com área inferior a 600 metros quadrados para, a partir dele, extrair quantidades, aprender a manipular o modelo, tipos de componentes básicos e seus comportamentos. Recomenda-se o projeto de uma significante residência unifamiliar do século 20. A modelagem pode ser acompanhada de métodos analógicos, esboços e axonometrias para que os alunos tenham o contato com proporções físicas (BARISON e SANTOS, 2010b, BROWN, PEÑA e 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/detalhar um novo componente. O aluno de engenharia pode identificar um componente de estruturas 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 e HAZAR, 2010; BROWN; PEÑA e FOLAN, 2009).

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

5.2. Nível intermediário

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

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

Um ateliê que foca em projeto paramétrico pode explorar técnicas mais abstratas como a criação de parâmetros e fórmulas para criar formas generativas de projeto. 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 e FOLAN, 2009; BARISON e SANTOS, 2010b; LIVINGSTON, 2008; KORMAN e 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 do 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 e HERTZ, 2011; WU; ISSA e 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 e FOLAN, 2009; KORMAN e SIMONIAN, 2010; CHIPLEY, 2010; TAIBAT; KU; MCCOY, 2010).

Os alunos modelam os projetos na ordem: terreno, arquitetura, 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 reunem 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. O professor, que representa o engenheiro, responde aos RFI (KORMAN e SIMONIAN, 2010).

O projeto 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, 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 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/manutenção e comparar o desempenho real com o desempenho projetado (WU; ISSA e GIEL, 2010; RASHED-ALI et al., 2010; BARISON e SANTOS, 2010b; BROWN; PEÑA e FOLAN, 2009).

A avaliação pode incluir apresentação dos arquivos (formato nativo, ferramenta de integração/detecção, CAD, IFC e PDF), demonstração do modelo, processos utilizados na modelagem e lições aprendidas (KORMAN e SIMONIAN, 2010).

5.3. 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 e SANTOS, 2010b).

O objetivo é 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 e SANTOS, 2010b; MCCUEN e 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 e SANTOS, 2010b; MCCUEN e FITHIAN, 2010; DEDERICHS; KARLSHOJ e HERTZ, 2011; STARZYK e MCDONALD, 2010)

O projeto a ser abordado deve ser um pouco mais complexo, real, ter entre 5 e 15 mil metros quadrados, de preferência que esteja em processo de construção, 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 e SANTOS, 2010b; SALAZAR; VADNEY, e 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, exigindo 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 criam um modelo relevante para sua respectiva disciplina. Nesta fase, o problema principal é a comunicação devido às diferenças nas ontologias de diferentes disciplinas (BARISON e SANTOS, 2010b). Os alunos utilizam um Padrão BIM como referência e durante o projeto atualizam os fluxos de trabalho CAD/BIM (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 e SANTOS, 2010b; HOLLAND et al. 2010). Outros tópicos podem ser: a extensão com que os alunos integraram os objetivos de pré-construção com a proposta final, como eles fizeram a divisão do trabalho ou Work Breakdown Structure (WBS), custeio, planejamento das aquisições, planejamento pelo método do caminho crítico ou Critical Path Method (CPM) e planejamento de minimização de riscos para a segurança (TAIEBAT; KU e MCCOY, 2010).

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

6. Considerações Finais

As universidades têm um papel importante que é fazer com que a próxima geração de profissionais entendam BIM como uma tecnologia 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 o aluno deve ter, ou seja, quais são as competências do Modelador/Facilitador BIM, Analista BIM e Gerente BIM. Depois é preciso saber como e quanto tempo deve ser gasto no currículo, para desenvolver essas competências. É possível encontrar um elenco de competências do Gerente BIM em estudo de Barison e Santos (2011), porém mais pesquisas sobre as competências de especialistas BIM se faz necessário.

A metodologia de ensino BIM deve se aplicar às metas de cada nível. Nos três níveis são 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, visitas à empresas e canteiros de obras, que são essenciais para o aluno entender a sequência do projeto (BARISON e SANTOS, 2010b; HYATT, 2011).

O aprendizado baseado na resolução de problemas e/ou projeto é apropriado 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).

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 mediante a reunião de uma hora em comum de todos os ateliês no mesmo espaço. O professor de projeto 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 matérias virtualmente e simultaneamente e assim ajudar aos professores iniciantes (HOLLAND et al. 2010; BROWN; PENA e FOLAN, 2009; RASHED-ALI et al., 2010). HEINTZ, 2010).

O desenvolvimento do modelo BIM deve ser auxiliado por tutores e completado com a aprendizagem auto-dirigida. 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, devem fazer uso das práticas colaborativas de aprendizagem à distância. Contudo, antes dos estudantes trabalharem em equipes com alunos de outro programa ou universidade, eles devem ser instruídos sobre os papéis de cada membro e da profissão e ter experiência em colaboração BIM (BARISON e SANTOS, 2010b).

Os recursos didáticos devem estar em acordo com o padrão 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 uma infinidade de recursos de áudio-visual incluindo 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 e SANTOS, 2010b; HEINTZ, 2010; WU; ISSA e 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 e 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 e 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 e 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 e CHASEY, 2010).

Referências

ARNOLD, A. Construction Industry Involvement in the Capstone Senior Design Class. In: American Society For Engineering Education Annual Conference, 2010, Louisville. **Proceedings**... Louisville: ASEE, 2010. Disponível em: <<http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=23788>>. Acesso em: 10 Fev. 2011.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. BIM teaching strategies: an overview of the current approaches. In: International Conference On Computing In Civil And Building Engineering, 2010, Nottingham. **Proceedings**...Nottingham: Nottingham University Press, 2010. p. 577. Disponível em: <<http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf289.pdf>>. Acesso em: 10 Fev. 2011.

_____. Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum. In: CIBW78 2010: 27Th International Conference, 2010, Cairo. **Proceedings**...Cairo: Blacksburg, VA Virginia Tech, 2010. p. 1-10. Disponível em: <<http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2010-83.pdf>>. Acesso em: 10 Fev. 2011.

_____. Competencies of BIM Specialists: Comparative Analysis of Literature Review and Job Ad Descriptions. In: AACE 2011 Workshop Of Computing In Civil Engineering, 2011, Miami. **Proceedings**...Miami: ASCE, 2011.

BECERIK-GERBER, B.; GERBER, D. J.; KU, K. The pace of Technological Innovation in Architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 16, p.412-431, 2011. Disponível em: <<http://>

www.itcon.org/data/works/att/2011_24.content.09244.pdf. Acesso em: 2 Mai. 2011.

BERWALD, S. From CAD to BIM: The Experience of Architectural Education with Building Information Modeling. In: Architectural Engineering National Conference 2008: Building Integration Solutions. 2008, Denver. **Proceedings...** Denver: ASCE, 2008. p.1-5.

BROWN, N. C.; PEÑA, R.; FOLAN, J. **Teaching BIM: Best Practices for Integrating BIM into Architectural Curriculum?** Disponível em: <http://images.dcheetahimages.com/au.autodesk.com/ama/images/media/AU09_TeachingBIM_ED12_2_1.pdf>. Acesso em: 2 Maio 2011.

CHIPLEY, M. Moving Beyond BIM – Essential Skills for Next Generation Engineers In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C. :Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em:<http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

CLEVINGER, C. M. et al. Integrating BIM into Construction Management Education. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C. :Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

COATES, P.; ARAYICI, Y.; KOSKELA, L. 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. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C.. **Proceedings...** Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em:<http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

DEDERICH, A. S.; KARLSHOJ, J.; HERTZ, K. Multidisciplinary Teaching: Engineering Course in Advanced Building Design. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice ASCE**, v. 37, n. 1, P. 12-19, 2011.

DOSSICK, C. S.; PEÑA, R. B. Bringing Together 'A', 'E' and 'C' in a Problem-based Collaborative Studio. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

HEDGES, K. E. et al. Socially responsible collaborative models for green

building design. In: Architectural Institute Of Architects Research For Practice Program Grant, 2008, Laramie. **Proceedings...** Laramie: University of Wyoming, 2008.

HEINTZ, E. Transforming Design Education. In: 3rd International Conference On Internet Technologies And Applications, 2010, Wuhan City. Proceedings... Wuhan City: iTAP, 2010.

HJELSETH, E. Mixed approach for SMARTlearning of buildingSMART. In: ZARLI, A.; SCHERER, R. eWork and eBusiness in Architecture, **Engineering and Construction**. London: ECCPM, 2008. p. 531-537.

HOLLAND, R; et al. Integrated Design Courses Using BIM as the Technology Platform. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.:Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

HORNE, M.; ROUPÉ, M.; JOHANSSON, M. Building information modeling for visualization in AEC education. In: 5Th International Conference Of Construction Applications Of Virtual Reality, 2005, Durham. **Proceedings...** Durham: INESC-ID, 2005. Disponível em: <http://virtual.inesc.pt/convr2005/papers/7_.pdf>. Acesso em 28 Jun. 2011.

HU, W. Implementing a simultaneous construction model to educate undergraduates in collaboration. In: Annual Conference Of The American Society For Engineering Education, 2007, Honolulu, **Proceedings...** Disponível em: <http://icee.usm.edu/icee/conferences/assee2007/papers/2152_IMPLEMENTING_A_SIMULTANEO_US_CONSTRUCTION.pdf>. Acesso em: 22 Jul. 2008.

HYATT, A. B. A Case Study in Integrating Lean, Green, BIM into an Undergraduate Construction Management Scheduling Course. In: 47Th Associated School Of Cconstruction Annual International Conference, 2011, Omaha. **Proceedings...** Omaha: ASC, 2011. Disponível em: <<http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2011/paper/CEUE304002011.pdf>>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

KOCH, D.; HAZAR, D. Integrating BIM into mechanical, electrical and plumbing (MEP) construction management curriculum. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C.. **Proceedings...** Washington D.C. :Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em:<http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Maio 2011.

KORMAN, T.M.; SIMONIAN, L.G. Enhancing Student Learning of Mechanical, Electrical, and Plumbing Coordination through the use of Building Information Modeling. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C.. **Proceedings**...Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

KYMMELL, W. **Building information modeling:** planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. New York: Mc Graw Hill, 2008.

LIVINGSTON, C. From CAD to BIM: Constructing Opportunities in Architectural Education. In: Architectural Engineering National Conference 2008: Building Integration Solutions. 2008, Denver. **Proceedings**...Denver: ASCE, 2008. p.1-9.

LOCKLEY, S. BIM and education. In: **Riba Enterprises Ltd.** Building Information Modeling Report March 2011. London: NBS, 2011, p. 20-21. Disponível em: <http://www.thenbs.com/pdfs/bimResearchReport_2011-03.pdf>. Acesso em: 7 Abr. 2011.

MCUEN, T.; FITHIAN, L. Team Processes and Dynamics Demonstrated in Interdisciplinary BIM Teams. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C.. **Proceedings**...Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

PAVELKO, C.; CHASEY, A. D. Building Information Modeling in Today's University Undergraduate Curriculum In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C.. **Proceedings**...Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

PISHDAD, P. B.; BOSORGI, A.; BELLIVEAU, Y. J. Towards promoting a collaborative mindset-reaping the benefits of big-BIM in an integrated Real Estate program In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C.. **Proceedings**...Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

POLLOCK, A. Collaborate - Adapt - Innovate In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C.. **Proceedings**...Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>.

www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf. Acesso em: 2 Mai. 2011.

PUDDICOMBE, M. S.; LUTZ, M.; STEPHENSON, P. Building Information Modeling - Necessary but not Sufficient: A Cross Functional Perspective In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C.. **Proceedings...** Washington D.C. :Guilhermo Salazar and Raymond Issa. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2011.

RAJA, J. Q; ISSA, R. A.;HINZE, J.; OLBINA, S. Integrating of Construction Safety in Design and Construction Education through the use of BIM. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C. :Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

RASHED-ALI, H. et al. Integration and Interdisciplinarity in the Design Studio, an Experimental Approach. In: National Solar Conference, 2010, Phoenix. **Proceedings...**Phoenix: American Solar Energy Society, 2010. Disponível em: <<http://www.ases.org/papers/117.pdf>>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

SABONGI, F. J. The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: an analysis of undergraduate courses. In: 45Th Annual Conference Of Associated Schools Of Construction, 2009, Gainesville. **Proceedings...**Gainesville: ASC, 2009. Disponível em: <<http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2009/paper/CEUE90002009.pdf>>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

SALAZAR, G.; VADNEY, T. J.; ECLESTON,D. Collaborative Term Project between Worcester Polytechnic Institute & Boston Architectural College. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

SAH, V.; CORY, C. Building Information Modeling: An Academic Perspective. In: IAJC-IJME International Conference, 2008. Nashville. **Proceedings...** Nashville: IJME, 2008. Disponível em:<http://www.ijme.us/cd_08/PDF/196%20IT%20301.pdf>. Acesso em: 29 Out. 2009.

SCHEER, D. R. From an Educational Perspective: BIM in the Architectural Curriculum. In: Government/Industry Forum, 2006, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C: Federal Facilities Council. Disponível em: <http://sites.nationalacademies.org/DEPS/FFC/DEPS_049447>. Acesso em 29 Out. 2009.

STARZYK, G. F.; McDONALD, M. The Collaborative Dance: Only Three Steps. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em:<http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

STRELZOFF, A.; SULBARAN, T.; PERCY, C. Teaching BIM Code Compliance through Interdisciplinary Student Collaboration. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

TAIEBAT, M.; KU, K.; MCCOY, A. BIM in Integrated Learning Environments for Construction: The Students' Perspectives. In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

TAYLOR, J. M.; LIU, J.; HEIN, M. F. Integration of building information modeling into an ACCE accredit construction management curriculum. In: 44Th Associated School Of Cconstruction Annual International Conference, 2008, Auburn. **Proceedings...** Auburn: ASC, 2008. Disponível em: <<http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2008/paper/CEUE246002008.pdf>>. Acesso em: 20 Jun. 2011.

WU, W.; ISSA, R. R. A.; GIEL, B. Integrated BIM and Sustainability Curriculum In: The Bim-Related Academic Workshop, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.: Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2011.

Um estudo teórico sobre a introdução de BIM no currículo

Maria Bernardete Barison
Eduardo Toledo Santos

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma pesquisa sobre um estudo teórico sobre a introdução de BIM no currículo de cursos de Arquitetura e de Engenharia Civil no Brasil. Inicialmente realizou-se uma revisão da literatura para descobrir as estratégias que escolas têm adotado para ensinar BIM. Este estudo também explora as funções, responsabilidades e competências requeridas de um competente Gerente BIM. Pelo estabelecimento de certos critérios, foi possível determinar o tipo de habilidades BIM que tanto um arquiteto quanto um engenheiro civil devem possuir para conseguir um bom desempenho em projetos que são realizados dentro desse novo conceito. Com base nestes grupos de habilidades, foi possível selecionar aquelas que devem ser introduzidas pelas instituições acadêmicas e subsequentemente ser melhoradas na profissão. Este estudo proporciona como um resultado uma base para o planeamento de uma disciplina BIM em três níveis de compreensão.

Originalmente publicado em: BARISON, M. B. ; SANTOS, E. T. A Theoretical Model for the introduction of BIM into the curriculum. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION IN AEC 2012, 7., São Paulo. Innovations in AEC 2012. **Proceedings....** São Paulo: Escola Politécnica/USP e CICE/Loughborough University, 2012. v. 1. p. 1-10 (Traduzido)

1. Introdução

Uma extensa revisão da literatura foi realizada para descobrir quais estratégias as escolas têm adotado para ensinar BIM. Este estudo concluiu que BIM está sendo introduzido em várias disciplinas do currículo e/ou como um recurso de ensino para capacitar os alunos a compreender o conteúdo da disciplina. Além disso, foi possível concluir que existem três níveis de proficiência em BIM: introdutório, intermediário e avançado, e que o planejamento de uma disciplina BIM deve seguir os objetivos de cada nível. Disciplinas introdutórias devem ser planejadas para desenvolver algumas das habilidades de um Modelador BIM e de um Facilitador BIM, enquanto que as disciplinas intermediárias e avançadas devem ser planejadas para desenvolver as habilidades de um Analista BIM e de um Gerente BIM, respectivamente (BARISON; SANTOS, 2011b).

Outro estudo que se baseou em uma revisão da literatura e descrições de anúncios de emprego foi conduzido para identificar os tipos, as funções e as responsabilidades de especialistas BIM (BARISON; SANTOS, 2010) e examinar as habilidades requeridas de um Gerente BIM (BARISON; SANTOS, 2011a). Além disso, uma pesquisa foi realizada em diversas empresas de AEC da cidade de São Paulo que estão implementando BIM. Este estudo revelou que houve uma tendência atual para a implementação de BIM que envolve uma demanda por especialistas BIM. Além disso, foi possível estabelecer um quadro para o fluxo de trabalho BIM atual que está sendo usado por essas empresas (BARISON; SANTOS, 2011c).

O objetivo deste estudo é definir os níveis desejados de competência BIM para graduação de arquitetos e engenheiros civis, assim como para a pós-graduação e educação continuada. Focalizando sobre a situação no Brasil, o objetivo é saber quais tópicos devem ser cobertos em cada nível para cada público, e em que profundidade.

Primeiramente foram determinadas as habilidades BIM que tanto um arquiteto quanto um engenheiro civil devem possuir para obter um bom desempenho em projetos que são desenvolvidas no âmbito deste novo conceito. Para definir essas competências foram estabelecidos quatro critérios: (a) uma lista das competências exigidas de um Gerente BIM eficiente, (b) um quadro para um fluxo de trabalho BIM utilizado atualmente no Brasil por algumas empresas de AEC, (c) uma revisão de textos que discutem as tendências em TI para a Construção Civil e (d) a análise dos currículos de Engenharia Civil e de Arquitetura de universidades brasileiras. O estudo primeiro faz uma análise das competências BIM exigidas dos profissionais, e em seguida, levanta a questão de quais competências devem ser ensinadas na universidade para trazer melhorias na

profissão.

2. Competências BIM Requiridas de Profissionais

Com base no diagrama formulado por Barison e Santos (2011c) para o atual fluxo de trabalho de BIM utilizado por algumas empresas de AEC no Brasil, a pessoa responsável por supervisionar o processo BIM é o Coordenador BIM, que trabalha em organizações do proprietário (cliente/incorporadora), que em alguns casos são empresas de construção, e pode ser um arquiteto ou um engenheiro civil, como mostrado na Figura 1.

2.1. Competências BIM requeridas de um Arquiteto

Na experiência de implementação BIM relatada por Bastos et al. (2011), o arquiteto cria o projeto conceitual, que, quando concluído, será enviado tanto para o Coordenador BIM quanto para o construtor e outros projetistas (etapa 1, Figura 1). O Coordenador BIM estuda o projeto conceitual para determinar quais informações devem estar contidas nas ‘famílias’, cria uma estrutura básica de todos os projetos e constrói as ‘famílias’, que servem como base para uso por outros Gerentes do Modelo. O Gerente do Modelo de arquitetura cria o modelo arquitetônico, divide-o em várias partes (fundação, pavimento tipo, fachada, etc.) e cria modelos de ‘edição’ e modelos ‘completos’ (Etapa 2, Figura 1).

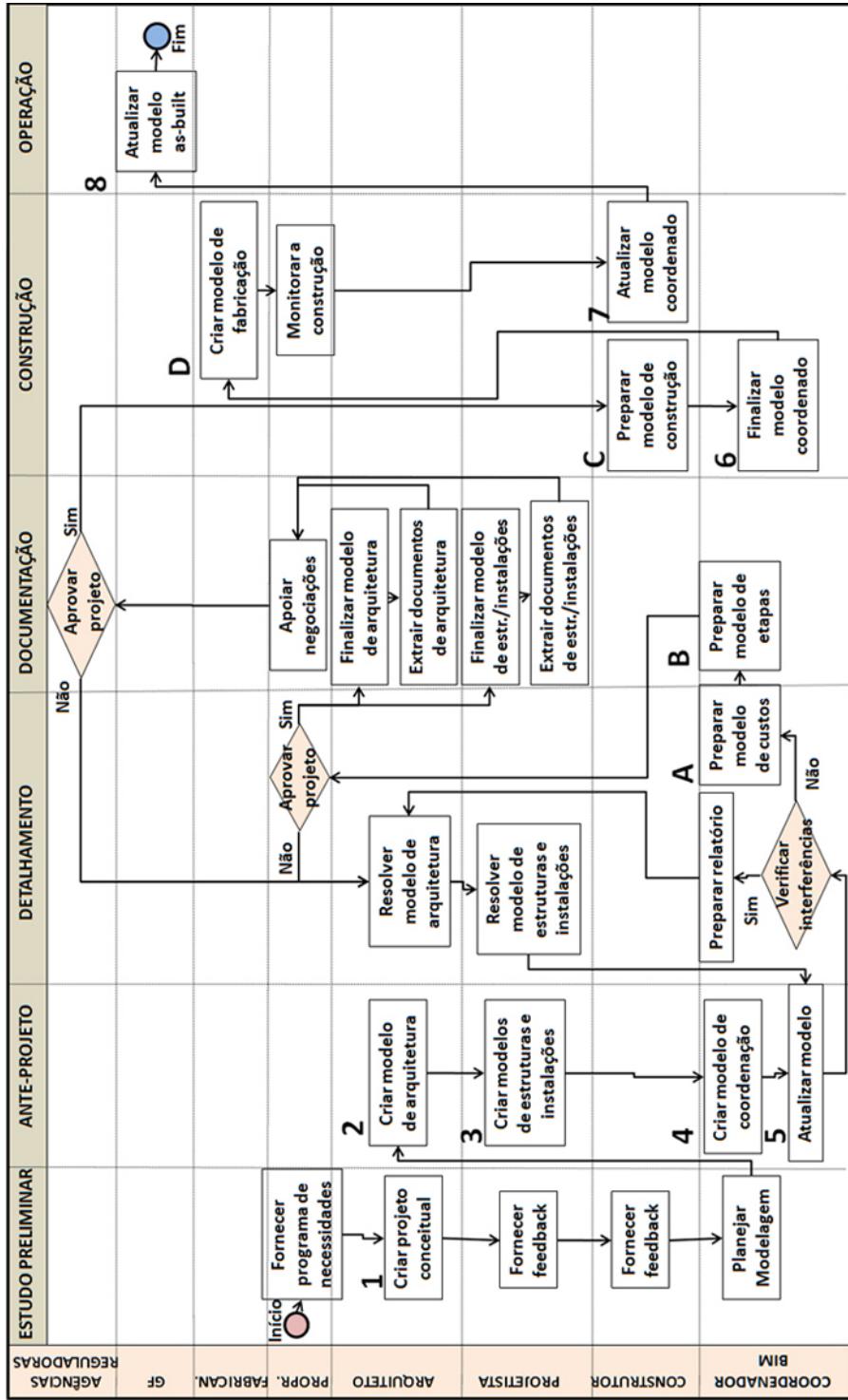


Figura 1 - Atual fluxo de trabalho BIM usado por algumas empresas de AEC no Brasil
Fonte: os autores, 2012.

No entanto, em um processo BIM ideal, antes de iniciar o projeto conceitual, o arquiteto tem que discutir com os projetistas e o construtor qual será a tecnologia adotada para a construção, o processo de construção, os detalhes técnicos e de construção, as etapas da construção. Antes de realizar essas atividades, o arquiteto deve ter um conhecimento básico de outras disciplinas (instalações, estrutura, energia e construção), desenhos de construção, especificações, experiência de campo e extração de quantidades de BIM. Ao interagir com os agentes, é essencial para o arquiteto ter uma compreensão de trabalho em equipe interpessoal e habilidades básicas de comunicação, bem como o conhecimento de ferramentas de colaboração e comunicação (BARISON; SANTOS, 2011a).

Análise de outros aspectos do modelo BIM, tais como o consumo de água e energia, o uso de ventilação natural e simulações da incidência de radiação solar, são novas responsabilidades para o arquiteto. No entanto, a realização deste tipo de análise exige um bom conhecimento do seguinte: tecnologias de construção e sua influência sobre o desempenho térmico do edifício, as distribuições de pressão (vento e ar) no envoltório do edifício e como interpretar gráficos, tabelas e equações (FREIRE; AMORIM, 2011). Além disso, quando análises e simulações do modelo são realizadas por projetistas, o arquitecto deve ter a capacidade para lidar com entradas e saídas de dados de geometria do modelo que é necessário para softwares de análise.

A criação do modelo BIM arquitetônico deve estar em conformidade com o padrão BIM da empresa e com o nível de detalhe (LoD), que é pré-determinado pelo Coordenador BIM. Estas atividades exigem do arquiteto ter um conhecimento de como modelar componentes de arquitetura, bibliotecas, padrões BIM, templates e LoD. O arquiteto também deve ter habilidades básicas de gestão para ser capaz em tecnologia de projeto ou fornecer suporte técnico para o trabalho de modelagem de arquitetura (BARISON; SANTOS, 2011a) e, dependendo do tamanho do escritório, também deve fornecer sessões de treinamento na empresa e preparar materiais de aprendizagem em ferramentas e aplicações BIM (BARISON; SANTOS, 2010). Qualidades pessoais consideráveis (priorização e compromisso) e de auto-gestão (organização e gestão do tempo) são necessárias para a realização dessas atividades. Além disso, é essencial para que um arquiteto ter capacidades de programação computacional, bem como as habilidades em ferramentas BIM e aplicativos utilizados no projeto arquitetônico (BARISON; SANTOS, 2011a).

Quando concluído, o modelo BIM arquitetônico é enviado para os projetistas de instalações, para que possam desenvolver seus modelos BIM (Etapa 3, Figura 1). Durante o processo de coordenação BIM, muitas vezes é necessário verificar a qualidade dos modelos e depois ajustá-lo de acordo. Isso significa que o arquiteto deve ter um conhecimento de conceitos BIM, detecção de

interferências, processos de coordenação e fluxo de trabalho BIM. Todas essas habilidades e conhecimentos serão necessários para o arquiteto assumir a tarefa de coordenação de processos BIM.

Além disso, a adoção de abordagens inovadoras para projeto digital de arquitetura usando BIM requer que o Arquiteto adquira um novo conjunto de habilidades e conhecimentos. Isso inclui o seguinte: um alto grau de habilidade em modelagem 3D paramétrica e generativa, uma compreensão de geometria complexa e sistemas complexos, sua construção e comportamento, habilidades em linguagem de programação, demonstrar um particular interesse no desenvolvimento de software, scripting/rotinas em ferramentas e aplicativos CAD/BIM (CECCATO, 2011, HESSELGREN; MEDJDOUB, 2011) e a capacidade para criar renderizações estereoscópicas 3D, realidade aumentada/virtual ou animações. Contudo, Whitehead et al. (2011) observam que é essencial ter a capacidade para aplicar estas habilidades computacionais no contexto de uma construção real. Outros requisitos podem incluir um conhecimento da real capacidade de produção com software, aplicações e equipamentos de prototipagem digital aplicada à produção de modelos, protótipos e a fabricação de elementos não padronizados e customizados (PUPO, 2011).

2.2. Competências BIM requeridas de um Engenheiro Civil

Engenheiros civis devem ter habilidades interpessoais de liderança e trabalho em equipe, qualidades pessoais de auto-gestão, objetivos claros e uma forma independente de aprendizagem, para ser capaz de supervisionar o trabalho de modelagem de sistemas de instalações e de estruturas.

Além da modelagem, os projetistas também conduzem análises e simulações baseadas em BIM, tais como de pressurização, estrutura, iluminação, acústica, temperatura e análise de energia. Estas atividades requerem que um engenheiro civil tenha habilidades no uso de ferramentas BIM e aplicativos. O engenheiro de instalações deve saber como usar os dados de entradas climáticas e informações sobre as propriedades térmicas de componentes da construção e materiais. As ferramentas de análise para a energia térmica geralmente não permitem fácil visualização/compreensão e mostram os resultados através de gráficos e tabelas. Assim, é essencial para um engenheiro de instalações saber como interpretar gráficos e ter habilidades de visualização espacial (FREIRE; AMORIM 2011). Outra exigência inclui ser capaz de reconhecer partes reais de equipamentos, saber como um edifício é construído, e até mesmo ser capaz de reconhecer o significado de siglas e abreviaturas, embora a habilidade mais

importante seja o uso de uma ferramenta BIM (TEBBE, 2011).

Quando trabalhando como um Coordenador BIM, o engenheiro civil deve ter um conhecimento do seguinte: a tecnologia necessária para sistemas colaborativos, os conceitos e processos envolvidos na coordenação BIM, fluxo de trabalho BIM e detecção de interferências (BARISON; SANTOS, 2011a). Um conhecimento dos requisitos de cada plataforma é necessário para efetuar a transferência de arquivos e assegurar que seja transferida apenas a informação que é necessária para a conclusão dos trabalhos. Por esta razão, é essencial ter conhecimento de interoperabilidade e objetivos claramente definidos que estejam focados na tarefa a ser concluída. Combinação e atualização de modelos parciais, dados e documentos de projeto em um novo modelo coordenado (etapa 4, Figura 1) requer pensamento sistêmico e crítico, além de capacidade para manipular e usar aplicativos BIM e ferramentas de detecção de interferências. Isto requer habilidades no emprego de ferramentas e conhecimento das características de cada subsistema (estrutura, instalações, prevenção contra incêndios, ar-condicionado, pressurização) para determinar a ordem na qual a detecção de interferências deve ser realizada.

Outras atividades de reuniões de coordenação, tais como a definição de padrões para o controle de qualidade dos modelos, delegação de responsabilidades e garantia de que as tarefas de coordenação sejam realizadas (etapa 5, Figura 1), irão requerer de um engenheiro civil habilidades interpessoais de liderança e gerenciamento, bem como, empatia (LIVINGSTON, 2011). De acordo com Martin (2011), as reuniões de coordenação devem ser sincronizadas com o cronograma da obra e os modelos devem ser verificados antes do início das reuniões. Essas atividades requerem que um engenheiro civil tenha habilidades organizacionais.

O desenvolvimento de modelos de custos, etapas da obra e construção (etapas A, B e C, Figura 1), requerem habilidades em gerenciamento básico, o uso de ferramentas para estimativas de custo, cronograma de construção, logística no canteiro de obras e planejamento de segurança no trabalho. Os dados do modelo BIM pode ser integrado (via programação) com ferramentas de Planejamento de Recursos Financeiros (Enterprise Resource Planning – ERP) e essa atividade requer um conhecimento do uso desta ferramenta e sua integração ao modelo BIM.

Engenheiros civis devem interagir com fornecedores, subcontratados e vendedores e gerenciar os processos de licitação, compras e fabricação, além de estabelecer a comunicação entre os órgãos de fiscalização e a equipe de projeto (etapa 6, Figura 1). Para cumprir estas tarefas, este profissional deve ter habilidades interpessoais de trabalho em rede, isto é, uma capacidade para identificar, criar e manter contatos com vários agentes. Além disso, ele/ela deve ter algum conhecimento de processos de construção e fabricação, contratos,

padrões BIM, desenhos de construção e especificações de materiais. Como a Implementação Integrada de Empreendimentos (Integrated Project Delivery – IPD) e Construção Enxuta são novos paradigmas da indústria de AECO, é também desejável que um engenheiro civil entenda esses novos conceitos.

Um engenheiro civil também irá precisar de habilidades em visualização e manipulação de ferramentas BIM para ser capaz de atualizar o modelo durante a fase de construção, tal que o modelo possa se tornar o modelo ‘As-Built’, assim como, ajudar Gerentes de Facilidades a extrair dados a partir do modelo (etapas 7 e 8, Figura 1).

Trabalhando como um Coordenador BIM ou Diretor de Obras em construtoras e empreiteiras, um engenheiro civil irá precisar de habilidades que lhe permitam fornecer suporte para software e hardware, além de preparação de treinamentos e materiais de aprendizagem para os empregados. Um engenheiro civil deveria ser motivado por BIM, ter iniciativa e estar sempre disposto a viajar para as filiais quando necessário. Da mesma forma, ele/ela deve ser um membro da equipe ser auto-orientado e, acima de tudo, que esteja disposto a introduzir mudanças na empresa (BARISON; SANTOS, 2011a).

Além disso, um engenheiro civil deve ser capaz de criar um modelo a partir de dados de nuvem de pontos de forma que ele/ela possa trabalhar com novas tecnologias para a construção civil. Um exemplo é o uso de câmeras digitais no canteiro de obras para verificar se a construção está de acordo com o cronograma e especificações de contrato e, em seguida, compará-lo com o BIM original (BHATLA; LEITE, 2011).

3. Quais competências BIM devem ser ensinadas?

Habilidades comportamentais, tais como cognição, emoção, relacionamentos interpessoais e motivação são as que mais influenciam o sucesso profissional. No entanto, sessões de treinamento nessas habilidades estão se tornando cada vez mais difíceis de implementar e, portanto, é muito importante que empregadores contratem profissionais que já possuam habilidades comportamentais. No entanto, habilidades técnicas são mais facilmente identificadas na hora de recrutar novos empregados (HOFF, 2010).

Assim, as universidades deveriam ensinar habilidades comportamentais e planejar disciplinas para ensinar algumas habilidades técnicas, que possam ser aperfeiçoadas após a graduação. Whitehead et al. (2011) por exemplo, afirmam que para trabalhar com o Specialist Modelling Group (SMG) na Foster and

Partners, tudo que é necessário é ser arquiteto e ter experiência em trabalho de equipe. Ao ingressar no grupo SMG, um arquiteto passa pelo menos dois anos absorvendo a cultura, aprendendo diferentes formas de trabalho em equipe e desenvolvendo habilidades. Assim, um currículo de arquitetura deveria focar na melhoria da capacidade dos alunos para colaborar com seus pares. Além do mais, a universidade é o local ideal para que eles pratiquem a habilidade interpessoal de liderança e habilidades básicas de comunicação (BECKER; JASELSKIS; MCDERMOTT, 2011).

3.1. Competências BIM adquiridas na universidade

Os cursos de arquitetura tendem a ensinar habilidades básicas de comunicação não-verbal (gráfica), o uso do computador e ferramentas usadas em projeto arquitetônico. Outras habilidades tais como cognição, pesquisa (pensamento analítico e crítico), interpessoal (trabalho de equipe) e interpretação de gráficos, tabelas e fórmulas também são ensinadas. Os estudantes de arquitetura adquirem conhecimentos em projeto arquitetônico, desenhos de construção e especificações de materiais. Eles também se tornam familiar com outras disciplinas (instalações, estrutura e energia) e aprendem sobre processos de construção enxuta e técnicas de construção. A construção de modelos físicos é geralmente ensinada em laboratórios específicos os quais devem ser equipados com cortadores a laser, fresadoras e impressoras 3D para prototipagem rápida. Contudo, o currículo dos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo não inclui disciplinas específicas de Gerenciamento de Empreendimentos. Este assunto é geralmente ensinado em cursos de pós-graduação ou Master in Business Administration (MBA).

Cursos de engenharia civil desenvolvem as habilidades básicas de comunicação (escrita, oral e gráfica), cognição, pesquisa (pensamento crítico e analítico), visualização 3D e relacionamentos interpessoais (trabalho de equipe). Os estudantes adquirem conhecimentos em CAD, linguagem de programação, representação gráfica (esboços e desenhos de construção), processos de construção e fabricação, negócios, linguagem de contrato e normas profissionais. Embora conteúdos como processos de negócios, gestão de recursos (financeiros e humanos) e marketing são abordados em disciplinas de Gestão de Empreendimentos na Construção Civil, essas áreas são exploradas em maior profundidade por cursos de pós-graduação ou MBA.

3.2. Habilidades BIM que deveriam ser ensinadas nas universidades

Um currículo de Arquitetura deveria focar nas competências comportamentais de um Gerente BIM tais como a habilidade básica de comunicação, habilidades interpessoais e pessoais, além de atitudes. Habilidades interpessoais podem ser desenvolvidas quando os alunos são engajados em projetos reais (JONES et al., 2011), como por exemplo em uma disciplina de Ateliê de Projeto Colaborativo/ Interdisciplinar. Eles também deveriam focar em algumas competências técnicas, tais como: um conhecimento de conceitos BIM, fluxo de trabalho BIM, detecção de interferências, o uso de uma ferramenta BIM de arquitetura, alguns aplicativos utilizados nas fases iniciais de projeto e as técnicas utilizadas nas novas abordagens para projeto digital. Essas competências podem ser necessárias quando novos funcionários estão sendo recrutados.

Ferramentas de modelagem generativa também devem ser exploradas para capacitar os alunos na experiência de novas superfícies e formas de arquitetura. De acordo com Hesselgren e Medjdoub (2011), habilidades em linguagem de programação, além de compreensão de geometria/sistemas complexos são pré-requisitos que não são ensinados em todas as escolas. Em escolas brasileiras de arquitetura, por exemplo, disciplinas que ensinam conceitos computacionais raramente são obrigatórias e há poucos alunos que são interessados em aprender uma linguagem de programação. Contudo, existem alguns tipos de software que podem ser usados para introduzir conceitos computacionais para estudantes com conhecimentos prévios de linguagem de programação (CELANI; VAZ, 2011). Essas habilidades deveriam ser desenvolvidas no início do curso (primeiro ou segundo ano). Xavier De Kestelier, por exemplo, ensina componentes generativos, prototipagem digital e scripts para estudantes do segundo ano (WHITEHEAD et al., 2011).

Habilidades para extrair quantidades e documentação a partir de ferramentas BIM de arquitetura podem ser adquiridas em Ateliês de Projeto. A fabricação automatizada de componentes do edifício a partir de BIM pode ser ensinada por meio de estudos de caso, se os laboratórios não tiverem o equipamento necessário. Da mesma forma, um currículo de Engenharia Civil deveria também focar em competências comportamentais e ensinar algumas das habilidades técnicas de um Gerente BIM. As habilidades interpessoais de empatia e liderança podem ser adquiridas em trabalho de equipe com alunos de outros cursos, tais como arquitetura. De acordo com Jerald (2010), pesquisas mostram que algumas atividades estudantis e competições podem ajudar a melhorar habilidades interpessoais de liderança. As habilidades pessoais de auto-gerenciamento, estabelecimento de metas e aprendizagem independente podem ser adquiridas

através do envolvimento dos alunos em projetos reais.

Visualização 3D, extração de quantidades e documentos a partir de ferramentas BIM e uso de ferramentas de estimativa de custos são algumas das habilidades que podem ser ensinadas na escola e aperfeiçoadas na profissão. Contudo, é essencial para alunos serem introduzidos a uma ferramenta BIM, alguns aplicativos de análise/simulação e a uma ferramenta de detecção de interferências, tal que eles possam aprender como planejar a modelagem. Outros conhecimentos importantes são os seguintes: construção de um cronograma de obra, simulação 4D, logística do canteiro e construção do planejamento de segurança utilizando ferramentas BIM, bem como novas técnicas de medições tais como pontos de nuvem e monitoramento com uma câmera digital.

O grau de motivação para aprender BIM, trabalho de equipe e disposição para ensinar outros podem ser avaliados enquanto os estudantes de arquitetura e de engenharia civil estão conduzindo seus projetos. Processos de coordenação espacial de disciplinas, fluxo de trabalho BIM, conceitos BIM e sua evolução, negócios inerentes a BIM, detecção de interferências, sistemas colaborativos e tópicos de interoperabilidade formam um núcleo de conhecimentos básicos que irão ajudar os alunos a adquirir essas habilidades.

3.3. Competências BIM que podem ser melhoradas na profissão

Suporte em hardware/software, treinamentos e preparação de materiais de aprendizagem são habilidades desenvolvidas na prática profissional, bem como a capacidade para lidar com fluxo de dados de geometria entre o modelo de arquitetura e várias ferramentas analíticas. É difícil para escolas focarem nessas habilidades porque 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 funcionais de gerenciamento são também melhor combinadas com a experiência profissional uma vez que as universidades introduzem os estudantes aos conceitos pode ser devido à falta de recursos, especialmente relacionados aos ambientes adequados e software/aplicativos. Certos tipos de infra-estrutura são necessários, por exemplo, para simular o ambiente real de uma ‘Big-Room’. Mesmo se a escola é capaz de simular um ambiente deste tipo, a dinâmica da interação será diferente da prática profissional devido ao grande número de alunos e pouco tempo disponível nos cursos para ensinar este assunto. Além disso, alguns aplicativos não são disponíveis para as escolas, tais como software ERP.

4. Conclusões

Neste artigo, discutiu-se quais habilidades BIM de arquitetura e engenharia civil deveriam ser ensinadas nas universidades a nível de graduação, considerando a natureza da implementação de BIM no contexto do Brasil.

Em geral, os currículos atendem a algumas habilidades, mas não abordam a questão de quais atitudes deveriam ser requeridas de um Gerente BIM. Ambos os cursos focam no pensamento criativo, lateral, crítico e sistêmico, trabalho de equipe, o uso de computadores, interpretação de tabelas, gráficos e fórmulas, um conhecimento de Geometria, processos de construção, documentações, desenhos, normas e materiais. Enquanto o estudante de arquitetura torna-se familiarizado com outras disciplinas, tais como o desempenho térmico de um edifício, os estudantes de engenharia civil são introduzidos ao Gerenciamento da Construção e aprendem sobre questões relacionadas com negócios de construção e contratos. Enquanto os currículos de engenharia civil concentram-se nas habilidades básicas de comunicação escrita e oral, os currículos de arquitetura ensinam habilidades básicas de comunicação gráfica e uso de ferramentas para projetos arquitetônicos.

Estudantes de engenharia civil e de arquitetura deveriam aprender habilidades comportamentais (interpessoais e pessoais) e serem introduzidos a algumas habilidades técnicas, tais como a visualização do modelo, modelagem paramétrica 3D (criação de componentes, bibliotecas e ‘templates’), extração de quantidades e documentações a partir do BIM, o uso de ferramentas BIM e aplicativos comumente utilizados em sua disciplina e ferramentas de comunicação/colaboração. Essas habilidades requerem um conhecimento de conceitos BIM, modelagem paramétrica 3D, padrões BIM, coordenação BIM, detecção de interferências e fluxo de trabalho BIM.

No entanto, um currículo de arquitetura deveria dar maior ênfase em novos processos e técnicas de projeto digital e conceitos computacionais e se concentrar na análise inicial do modelo de engenharia assim como, em assuntos que normalmente não são abordados no currículo, tais como planejamento das etapas da obra, custos e construtibilidade. Habilidades de comunicação oral e escrita também devem ser desenvolvidas, juntamente com o uso de aplicativos BIM para análise inicial, o uso de ferramentas de modelagem generativas, scripting, prototipagem digital, fabricação digital e linguagem de programação.

Ao mesmo tempo, um currículo de engenharia civil deveria se concentrar mais na criação de modelos e realização de análises de engenharia/simulação e planejamento da modelagem. Deveria também ensinar habilidades em

comunicação gráfica, rede e uso de ferramentas para a detecção de interferências, estimativas de custos, simulação 4D, logística e planejamento da segurança do canteiro de obras. Outras novas técnicas também poderiam ser ensinadas como o acompanhamento da obra utilizando câmeras digitais e nuvens de pontos.

Contudo, treinamentos no local de trabalho são necessários para permitir que um arquiteto e um engenheiro civil compreendam a complexidade do papel de um Gerente BIM, juntamente com cursos de especialização, certificação de centros de competências BIM e períodos de estágio para novos Gerentes BIM.

Referências

- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. An overview of BIM specialists. In: International Conference On Computing In Civil And Building Engineering, 2010, Nottingham. **Proceedings**...Nottingham: Nottingham University Press, 2010b. p. 141. Disponível em:<<http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf71.pdf>>. Acesso em: 21 Jun. 2011.
- _____. Competencies of BIM Specialists: Comparative Analysis of Literature Review and Job Ad Descriptions. In: ASCE 2011 Workshop Of Computing In Civil Engineering, 2011, Miami. **Proceedings**...Miami: ASCE, 2011a. Disponível em: <http://link.aip.org/link/?ASC/416/73>. Acesso em: 11 Ago, 2011a.
- _____. Ensino de BIM: Tendências atuais no cenário internacional' **Gestão e Tecnologia de Projetos**. v. 6, n. 2, Dez., 2011b. Disponível em:<<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/jornal/index.php/gestaodeprojetos/article/viewFile/218/235>>Acesso em: 15 Fev. 2012.
- _____. Atual cenário da implementação de BIM no mercado da Construção Civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas. In: V TIC Encontro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 2011c, Salvador. **Anais**...Salvador: UFBA, 2011b.
- BASTOS, B.A., et al. Implantação de tecnologia BIM na incorporação imobiliária. In: V TIC Encontro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 2011, Salvador. **Anais**...Salvador: UFBA, 2011b.
- BECKER, T. C.; JASELSKIS, E.J.; McDERMOTT, C.P. Implications of Construction Industry Trends on the Educational Requirements for Future Construction Professionals. 2011. In: 47th ASC Annual International Conference. **Proceedings**...Disponível em:<<http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2011/paper/CEGT329002011.pdf>>. Acesso em dez. 2011.

BHATLA, A.; LEITE, F., Generating 3D Point Clouds using photos taken from digital cameras. In: V TIC Encontro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

CECCATO, C., Rapid practice expansion through strategic design computation. In: KOCATÜRK, T.; MEDJDOUB, B., ed. 2011. **Distributed Intelligence in Design:** Wiley-Blackwell Publishing Ltd.

CELANI, M. G. C; VAZ, C. E. V. Scripts em CAD e ambientes de programação visual para modelagem paramétrica: uma comparação do ponto de vista pedagógico. In: V TIC Encontro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

FREIRE, M. R.; AMORIM, A. L. A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. In: V TIC Encontro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

HESSELGREN, L.; MEDJDOUB, B. Interview with Lars Hesselgren, Director PLP Research. In: KOCATÜRK, T.; MEDJDOUB, B., ed. 2011. **Distributed Intelligence in Design:** Wiley-Blackwell Publishing Ltd.

HOFF, D. **The Role of Competencies in Career Development.** EASI-Consult. 2010. Disponível em: <<http://www.easiconsult.com/articles/dhoff-compsincareers.html>> Acesso em: 28, Out., 2010.

JERALD, C. D. **Defining a 21st century Education.** Center for Public Education. July 2009. Disponível em: <http://www.centerforpubliceducation.org/atf/cf/%7B00a4f2e8-f5da-4421-aa25-3919c06b542b%7D/21ST%20CENTURY>. Acesso em 24 jan 2010.

JONES, P., et al. **Introduction to Northumbria University Curriculum.** 2011. Disponível em: <http://studentsdownload.autodesk.com/ef/27288/cdcoll/downloads/sd/2011/BIMCurriculum/assets/northumbria/northumbria_university_architectural_design_introduction.pdf> Acesso em 5 dez. 2011.

LIVINGSTON, H. How to hire a good BIM Manager. **Advantage for Construction.** v. 1. n. 1. P 5-8, 2011.

MARTIN, C. **10 Things Every BIM Coordinator Should Know about Clash Meetings.** BIMPro. 2011. Disponível em: <<http://bimpro.net/blog/2011/08/10-things-every-bim-coordinator-should-know/>>. Acesso em ago. 2011.

PUPO, R. T., Ensinar a Fabricar. In: TIC 2011, V Encontro De Tecnologia De Informações E Comunicação Na Construção. **Anais...** Salvador: PPG-AU, LCAD e Rede BIM-Brasil.

TEBBE, P. A. Educational Needs of the Future HVAC Design Engineer. In: ASEE 2011, 118th American Society For Engineering Education Annual Conference And Exposition. **Proceedings**...Vancouver, 26-29, June, 2011. Vancouver: ASEE.

WHITEHEAD, H. et al. Interview with the Specialist Modelling Group (SMG): The dynamic coordination of distributed intelligence at Foster and Partners. In: Kocatürk, T. and Medjdoub, B., ed. 2011. **Distributed Intelligence in Design**: Blackwell Publishing Ltda.

O paradigma BIM: competências necessárias e estratégias para sua inserção em cursos de engenharia civil

Érica de Sousa Checcucci
Arivaldo Leão de Amorim

Resumo

O paradigma BIM (Building Information Modeling) ou Modelagem da Informação da Construção pode encaminhar diversas demandas do setor da construção civil. Mesmo envolvendo grande complexidade e abrangendo diferentes áreas de conhecimento, a sua adoção tem crescido no Brasil. Apesar disto, a falta de profissionais capacitados e o desconhecimento sobre o tema ainda são fatores que impactam negativamente a sua implantação em empresas e escritórios do setor. Este panorama evidencia a necessidade da atualização de cursos relacionados com a área da construção. O presente trabalho faz um mapeamento de diversas competências (conhecimentos, habilidades e atitudes) relacionadas com o BIM, objetivando auxiliar na definição do foco que cada curso dará à formação do estudante em BIM. Também apresenta e discute algumas estratégias para sua introdução nas graduações de engenharia civil. Certamente não haverá um único modelo ou uma única forma para tratar de BIM na academia. Os objetivos de cada curso e os projetos pedagógicos que se deseja implementar irão orientar a formação do aluno na área, que poderá acontecer com diferentes níveis de profundidade. O objetivo deste trabalho é apresentar algumas possibilidades que podem ser incorporadas por instituições brasileiras, auxiliando na inserção do BIM nos processos de ensino-aprendizagem.

Originalmente publicado em: CHECCUCCI, Érica de Sousa; AMORIM, A. L. **O paradigma BIM: competências necessárias e estratégias para sua inserção em cursos de engenharia civil.** Texto preparado a partir de pesquisas em andamento no doutorado da primeira autora. UFBA, 2013.

1. Introdução

BIM (Building Information Modeling) ou Modelagem da Informação da Construção representa um novo paradigma no setor da construção civil, e envolve conceitos abrangentes e complexos que perpassam diferentes áreas do conhecimento. Um conjunto essencial de termos deve estar presente quando se deseja definir e discutir esta modelagem: colaboração; interoperabilidade; coordenação; modelagem geométrica tridimensional; parametrização; orientação a objetos; ciclo de vida da edificação; semântica; visualização e simulação.

BIM pode ser também categorizado como um produto, quando se refere ao modelo (Building Information Model), que é uma representação digital “inteligente” de dados sobre determinada edificação; como um processo colaborativo (Building Information Modeling), que envolve todo o ciclo de vida da edificação, e como uma estrutura de trabalho e comunicação (Building Information Management) para gerenciar as informações ao longo do ciclo de vida, aumentando a qualidade e eficiência dos processos (NBIMS, 2007).

Esta modelagem deve dar suporte aos profissionais do setor da construção civil durante todo o ciclo de vida da edificação, auxiliando o estudo de viabilidade do empreendimento, a concepção e execução dos seus projetos, o planejamento da construção e a obra, seu uso (operação e manutenção), sua demolição ou reforma, resultando na grande complexidade deste novo paradigma, que envolve processos, modelos e ferramentas para melhor projetar, construir, operar e manter a edificação.

As ferramentas, técnicas e principalmente metodologias para sua completa adoção ainda não estão plenamente consolidadas no Brasil (ANDRADE; RUSCHEL, 2009; CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011). Assim, é preciso que haja uma mais ampla difusão e adoção desta modelagem, para que BIM se torne uma inovação efetiva que traga benefícios e aprimoramentos para os vários segmentos envolvidos na indústria da construção civil, sendo essencial a atualização dos cursos relacionados a este setor.

Sacks e Barak (2010) constatam que a falta de profissionais com habilidades em BIM retarda sua adoção na indústria. Citando Kiviniemi (2006), eles afirmam, que

[...] mesmo em países com um forte histórico de inovação em BIM, como a Finlândia, a educação de arquitetos e engenheiros ainda é baseada no desenho tradicional e não na modelagem, e isto tem sido reconhecido como uma barreira para a adoção da tecnologia da informação pelas empresas de AEC (SACKS; BARAK, 2010, p. 30, tradução nossa).

Diversas experiências nacionais e internacionais têm sido realizadas com o objetivo de inserir BIM nos processos de ensino-aprendizagem. No contexto nacional, verifica-se uma evolução das discussões sobre o tema na academia. (VINCENT, 2006; ANDRADE, 2007; FLORIO, 2007; RUSCHEL; GUIMARÃES FILHO, 2008; RUSCHEL et al., 2011; MENEZES et al., 2012). Inicialmente focando questões sobre as vantagens da modelagem, e as alterações acarretadas na projeção pelo uso do BIM, a discussão passou a englobar o trabalho multidisciplinar e colaborativo, a realização de análises com o modelo e a complexidade do paradigma. Observa-se que ainda são poucas as experiências relatadas e que foram realizadas de forma pontual no currículo, em uma ou duas disciplinas da matriz curricular.

No exterior a adoção do BIM no ensino é mais antiga e as experiências acumuladas são maiores. Becerik-Gerber, Gerber e Ku (2011) fizeram uma pesquisa em universidades americanas, em 2009, e constataram que a maioria dos programas de arquitetura e engenharia iniciou a oferta de alguma disciplina sobre BIM entre os anos de 2006 e 2009. A estratégia para inserir o tema nos processos de ensino-aprendizagem varia de universidade para universidade, não havendo consenso sobre quando ou como isto pode ser feito.

Verifica-se também que ainda não existem metodologias consolidadas e diversas questões continuam em aberto. Wong, Wong, e Nadeem (2011, p. 467) afirmam que educadores ao redor do mundo se debruçam sobre diferentes abordagens e metodologias para ensinar BIM. Estes autores observam ainda, que BIM oferece aplicações para um grande número de profissionais relacionados com a construção, mas que no ensino, ele normalmente é tratado como uma ferramenta de projeto, e mais especificamente, de projeto arquitetônico (WONG; WONG; NADEEM, 2011). Já Rebolj, Menzel e Dinevski (2008, p. 105) afirmam que o alcance da Tecnologia da Informação no currículo de engenharia civil é normalmente incompleto e restrito a habilidades relacionadas com o uso da tecnologia.

O paradigma BIM, pela sua abrangência e complexidade, demanda profissionais com competências variadas. É importante que elas sejam conhecidas, para que possam ser avaliados momentos e formas de desenvolvê-las durante a formação do estudante. Além disto, deve haver clareza quanto ao foco e a abrangência que o curso deseja dar para a formação em BIM. Como afirmam Denzer e Hedges (2008, p. 6), em toda grade curricular o tempo é um recurso finito e uma discussão para inserir nela qualquer tema, levantará questões sobre o que deverá ser deixado de lado.

Acredita-se que, como já acontece no exterior e como vem acontecendo no Brasil, a adoção do BIM no ensino irá variar de acordo com as condições existentes em cada instituição e do projeto pedagógico que se deseja implementar. Alguns

cursos poderão dar mais ênfase à formação em BIM, enquanto outros poderão trabalhar na graduação apenas uma base conceitual para que o estudante possa se desenvolver posteriormente, em uma pós-graduação ou até na vida profissional.

No entanto, este artigo objetiva discutir e mapear competências relacionadas ao paradigma BIM, de forma a contribuir para a atualização da grade curricular de cursos de graduação em engenharia civil, a partir dos conhecimentos, habilidades e atitudes identificadas.

Foi feita uma revisão da literatura nacional e internacional, onde foram identificadas as estratégias mais utilizadas na inserção do paradigma BIM nos currículos. Considerando que o tema é complexo, abrangente e que possui diversas questões a serem encaminhadas, a identificação das competências necessárias para se trabalhar com BIM, assim como de estratégias já utilizadas, pode auxiliar na atualização dos cursos relacionados com o setor da construção civil.

2. Competências Relacionadas ao Paradigma BIM

Uma competência se refere a um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes que deve ser desenvolvido para se resolver determinado problema ou tarefa. Fleury e Fleury (2001, p. 185) afirmam que ela é percebida como “[...] estoque de recursos que o indivíduo detém”. Diz respeito à inteligência prática e a capacidade de desenvolver um trabalho ou resolver um problema. Neste sentido, um conhecimento construído sobre determinado tema só adquire status de competência quando aplicado em uma situação concreta. Ainda Fleury e Fleury (2001, p. 187), relacionam alguns verbos com a competência, dentre eles: “[...] saber agir, mobilizar recursos, integrar saberes múltiplos e complexos, saber aprender, saber engajar-se, assumir responsabilidades, ter visão estratégica”.

Além da construção de conhecimentos e do desenvolvimento de habilidades, para se adquirir competência em determinada área, comportamentos e atitudes são também características importantes a serem aperfeiçoadas. A prática profissional do engenheiro requer, além do conhecimento disciplinar, a capacidade de trabalhar em equipe com pessoas de diferentes experiências profissionais e culturais, de se comunicar oralmente e por escrito, para entender os conceitos básicos de mercados e processos de negócio, de ser criativo e inovador, para conduzir à ética profissional e responsabilidade social

(ANDERSSON; ANDERSSON, 2010a; 2010b).

Autores como Punhagui et al. (2011, p. 2), baseados em trabalho de Morrison (2005), afirmam que algumas das prioridades atuais do currículo de engenharia é promover a experiência no trabalho em equipe, desenvolver a capacidade de comunicação e o pensamento crítico. Enquanto Becerik-Gerber, Gerber e Ku (2011, p. 412) estabelecem que profissionais do setor da construção devem ser capazes de lidar com o ritmo acelerado de mudanças tecnológicas, um mundo altamente interconectado e com complexos problemas que exigem soluções multidisciplinares.

Florio (2012), apoiado em diversos autores (BAER, 1997; BEGHETO, 2007; FAIRWEATHER; CRAMOND, 2010; PERKINS, 1995; PIIRTO, 1995), afirma que,

A mera transmissão de conhecimentos e desenvolvimento de habilidades não é suficiente para atender às atuais demandas. É necessário transformar o currículo e introduzir o pensamento criativo e crítico de modo mais intenso e articulado. Embora isto exija um novo perfil de professores, com comportamentos mais flexíveis e inteligentes, este desafio pode ser enfrentado com dedicação e empenho, tanto do corpo discente, como do corpo docente das instituições de ensino (FLORIO, 2012, p. 8).

O paradigma BIM pode ser trabalhado em cursos que tratam de tecnologia da informação na construção; de interoperabilidade na construção; que simulam o trabalho colaborativo entre diferentes equipes de projeto; Lean Construction e BIM; gerenciamento de projetos; facility management; dentre outros. Estes variados cursos promovem formações em diferentes áreas relacionadas à construção civil, como arquitetura, engenharia, gestão de projetos e obras, etc. O presente trabalho busca contribuir, mais especificamente, para a formação do engenheiro civil.

Diante disto, é importante considerar que os alunos terão uma formação generalista em diversas áreas relacionadas com a construção civil (saneamento, estrutura, instalações, etc.), além do desenvolvimento das competências relacionadas com o BIM. Por este motivo, deve ser pensado e discutido cuidadosamente como o tema será inserido no currículo e que foco será dado ao curso no contexto de cada instituição.

A seguir são listados alguns conhecimentos, habilidades e atitudes considerados necessários para se trabalhar com o paradigma BIM. Em termos de conhecimentos, sem prejuízo de outros, podem ser trabalhados aqueles relacionados com:

- A história do CAD na construção, seu estado da arte e o potencial atual e futuro do BIM;
- A adoção do paradigma BIM, conceitos, usos possíveis, recursos

necessários para sua implantação e desenvolvimento, limitações, dificuldades e vantagens potenciais;

- Criação, manipulação, gerenciamento, coordenação e análise de modelos BIM;
- Conhecimento dos diferentes tipos de modelos BIM, seus níveis de detalhe (LODs) e usos;
- Gráfica computacional e modelagem geométrica através da utilização de programas CAD e GIS e sua integração com BIM;
- Modelagem, dimensionamentos diversos e simulações;
- Colaboração através do uso de tecnologias web e gerenciamento de fluxos de trabalho;
- O desenvolvimento integrado dos projetos e o IPD (Integrated Project Delivery);
- O uso de aplicativos, técnicas e metodologias para auxiliar na realização do estudo de viabilidade do empreendimento;
- O uso de aplicativos, técnicas e metodologias para desenvolver modelos BIM a partir de edificações existentes, como por exemplo, a transformação de modelos geométricos de “nuvens de pontos” em modelos da informação da construção;
- O uso de aplicativos nas fases iniciais do projeto, dentre eles programas que ajudam na modelagem de formas complexas e na transformação de um modelo geométrico de superfície ou de sólido, em um modelo BIM;
- A visualização da edificação e programas que ajudam no controle de revisões, na realização de clash detection e na integração dos projetos;
- Apresentação da edificação: criação de perspectivas texturizadas, animações, realidade virtual e aumentada, e prototipagem digital;
- Uso de aplicações 4D a nD no gerenciamento da construção;
- Utilizar BIM para acompanhar a evolução física da obra.
- Interoperabilidade de dados; questões sobre o projeto, operação e manutenção de software e desenvolvimento de padrões para importação e exportação de arquivos;
- Linguagem de programação, aplicação de rotinas e scripts em programas CAD/BIM.
- A construção civil, o ciclo de vida da edificação e o paradigma BIM;
- A sustentabilidade da construção, nas suas diversas fases e o paradigma BIM;
- O uso do BIM na etapa de uso e facility management.

Em termos de habilidades para se trabalhar com BIM, dentre outras, podem ser desenvolvidas aquelas relacionadas com:

- A coleta, o processamento, a análise e a interpretação de dados e

informações;

- O desenvolvimento da visualização espacial;
- A capacidade de trabalhar com informações multidimensionais e multimodais⁵ ;
- A capacidade de trabalhar na complexidade, com suas inúmeras variáveis, alto grau de incertezas e subjetividade, grande número de interações entre pessoas, ferramentas e modelos;
- O desenvolvimento de estratégias para resolver problemas;
- A gestão de pessoas, a organização e coordenação de processos diversos;
- O desenvolvimento de projetos;
- A capacidade de poder contribuir de forma especializada em algum aspecto da modelagem sem perder a visão abrangente do processo e o contexto no qual se insere;
- O desenvolvimento de soluções criativas e inovadoras;
- O desenvolvimento de um pensamento crítico e bem articulado;
- A utilização de diferentes meios de expressão e de representação;
- A habilidade de desenvolver uma comunicação efetiva, seja gráfica, escrita ou verbal.
- A colaboração, o trabalho em equipe e a liderança;

A colaboração entre os membros da equipe que lidam com a edificação é fundamental para a modelagem BIM e sem ela dificilmente poderá ser desenvolvido um modelo que possa ser útil nas diversas fases do seu ciclo de vida. A colaboração é entendida como uma prática de duas ou mais pessoas trabalhando juntas e uma estrutura para a produção, compartilhamento e contestação do conhecimento. MARTIN et al. (2007, p. 222) chamam atenção que o termo colaboração normalmente é erroneamente utilizado como sinônimo de coordenação (um processo de organização de conjuntos de informações em um todo coeso), cooperação (uma atitude sobre relacionamentos), ou comunicação (um mecanismo para a troca de conhecimento ou informação).

Segundo Barison e Santos (2011; 2011b), para trabalhar a colaboração, as escolas têm adotado as seguintes abordagens: em disciplinas isoladas (a maioria delas), através da colaboração intracursos e interdisciplinar, ou através da colaboração à distância e, mais recentemente, a colaboração interníveis (alunos de diferentes anos do curso) e/ou transdisciplinar. Além de desenvolver

⁵ Informações multidimensionais são aquelas que, mesmo apresentadas em um plano (papel, vídeo,...), conseguem representar variadas dimensões de um objeto ou fenômeno. Caracterizam-se por possuir uma grande densidade de dados por unidade de área (TUFTE, 2001). Já as informações multimodais se referem à combinação de conhecimentos e informações visuais obtidas por diferentes meios de expressão e de representação, como desenhos, imagens, maquetes ou outros tipos de modelos (FLORIO, 2012).

habilidades para trabalhar de forma eficiente em equipe, alguns autores defendem que devem ser feitas experiências com alunos de diferentes culturas e geograficamente dispersos. É o caso de Soibelman et al. (2011), Dederichs, Karlshoj e Hertz (2011) e Becerik-Gerber, Ku e Jazizadeh (2012). Estas escolhas, no entanto, deverão variar de acordo com o foco desejado para o curso.

Conhecimentos e habilidades, atitudes coerentes com as práticas e a cultura estabelecida são fundamentais para que um profissional possa responder com eficiência aos problemas a serem enfrentados. No contexto da modelagem da informação da construção, atitudes que podem ser trabalhadas com os estudantes referem-se:

- Ao desenvolvimento de uma visão ética e humanista, observando as demandas da sociedade;
- A busca continuada de novas soluções, e a atitude curiosa e investigativa frente às inovações;
- A ser empreendedor;
- A ter iniciativa;
- Ao desenvolvimento de uma autonomia operativa e criativa na resolução de problemas;
- Ao desenvolvimento de posturas críticas e a busca de soluções ecosustentáveis;
- A ser colaborativo;
- A ser flexível;
- A estar motivado para o aprendizado autônomo ao longo de sua vida, dentre outros.

O desenvolvimento destas competências harmoniza-se com as diretrizes curriculares instituídas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (CNE/CES) para os cursos de graduação de engenharia, que em seu artigo 3º determina que:

O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (MEC, 2002, p. 1).

Barison e Santos (2012) apontam que já são normalmente trabalhadas no currículo do engenheiro civil a comunicação (oral, escrita e gráfica), a pesquisa (o pensamento crítico e analítico), a visualização tridimensional e a relação interpessoal (trabalho em equipe).

Eles defendem que, para formar em BIM, um currículo de engenharia civil deve

se concentrar mais na criação e análise de modelos; na realização de simulação e do planejamento para a modelagem; no desenvolvimento de habilidades em comunicação gráfica, no uso de ferramentas para detecção de conflitos (clash detection), na elaboração de estimativas de custos, na logística e segurança da obra de construção, além de novas técnicas para monitorar a construção, que usam câmeras digitais e nuvem de pontos (BARISON; SANTOS, 2012).

As competências necessárias para se trabalhar com a modelagem da informação da construção podem ser desenvolvidas de diversas maneiras durante a formação do estudante. Da mesma forma, é possível identificar diferentes formas para inserir o tema no currículo dos cursos.

A seção seguinte discute sobre algumas destas formas, apresentadas em trabalhos científicos. Elas podem orientar o planejamento do currículo do curso: em que momentos e em que disciplinas os temas relacionados ao BIM poderão ser trabalhados.

3. Estratégias para inserir BIM nos Cursos de Engenharia Civil

Diversas estratégias podem ser adotadas nos cursos de graduação de engenharia civil objetivando inserir o paradigma BIM no seu currículo. É possível, entretanto, identificar duas formas básicas já experimentadas: através da criação de disciplinas específicas sobre o tema ou da utilização do BIM em disciplinas já existentes (REBOLJ; MENZEL; DINEVSKI, 2008; SACKS; BARACK, 2010; BARISON E SANTOS, 2010; 2010b; 2011; 2011b; WONG; WONG; NADEEM, 2011; BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011).

Segundo Barison e Santos (2011, p. 3),

As escolas adotam basicamente duas abordagens: ensinar BIM em uma ou duas matérias ou utilizar BIM em várias matérias do 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 [...].

Alguns autores, como por exemplo, Denzer e Hedges (2008) e Kymmell (2008) defendem que esta adoção seja feita em uma sequencia educacional,

ordenada por pré-requisitos. Kymmell (2008) apresenta uma proposta de currículo BIM, que tem um semestre introdutório para tratar de visualização, comunicação, representação 2D, 3D, 4D, nD e software BIM, e mais quatro semestres para trabalhar conceitos e desenvolver modelos em um crescente nível de complexidade.

Sacks e Barak (2010, p. 31) relatam que Salazar et al. (2006) e Casey (2008) também descrevem experiências nas quais BIM é trabalhado de forma sequencial, com os objetivos de aprendizagem definidos para três níveis: 1) a capacidade de manipular objetos com regras predefinidas; 2) a capacidade de redefinir comportamentos e regras baseadas em critérios da engenharia, e 3) a capacidade de sintetizar sistemas de objetos de engenharia civil.

Barison e Santos (2010b; 2011; 2011b; 2012), após realização de uma vasta revisão na literatura internacional, identificam cursos de BIM que formam profissionais com três níveis de competência. O Quadro 1 apresenta uma visão geral destas três categorias.

Nível	Introdutório	Intermediário	Avançado
Especialista BIM	Modelador BIM	Analista BIM	Gerente BIM
Pré-requisitos	Não é preciso saber ferramentas CAD nem habilidades computacionais avançadas	Conceitos BIM, Materiais de construção, ferramentas BIM e fundamentos do desenho	Métodos construtivos, ferramentas e aplicativos BIM, tecnologias BIM e prática profissional
Categoria de curso onde se desenvolve o ensino-aprendizagem de BIM	Representação gráfica digital	Ateliê de projeto integrado, tecnologia da construção	Cursos interdisciplinares/colaborativos de projeto; Gerenciamento da construção
Modelo desenvolvido	Edificação simples ou parte dela	Projeto típico, integrando arquitetura, estrutura e instalações	Toda uma edificação existente.

Quadro 1 – Categorias de cursos de BIM
Fonte: adaptado de Barison e Santos (2011b)

Como ponto positivo da proposição sequenciada de introdução do BIM no ensino, pode-se apontar a oferta de uma formação com uma continuidade lógica e com etapas bem definidas, possibilitando que o aluno se aprofunde no tema. Como dificuldade, está a provável necessidade de inserção de novas disciplinas

no currículo, possivelmente ampliando a carga horária de aulas de discentes e docentes.

Outra estratégia para inserção do BIM no currículo é distribuir os conhecimentos relativos ao tema dentro de programas de diferentes disciplinas, de forma integrada, em diversos momentos durante a formação do estudante.

Este método de adoção integrada da modelagem no currículo se alinha com o pensamento de alguns autores (REBOLJ; MENZEL; DINEVSKI, 2008; SACKS; BARAK, 2010; WONG; WONG; NADEEM, 2011).

Neste sentido, poderiam ser desenvolvidos trabalhos utilizando um modelo BIM em uma ou mais disciplinas que foquem diferentes etapas do ciclo de vida da edificação; ou unir um grupo de professores para trabalhar em um só componente curricular diferentes aspectos da modelagem; ou criar grupos multidisciplinares de alunos para focar o BIM sob a ótica de diferentes profissionais, dentre outras propostas possíveis.

Como vantagens destas estratégias integradas, pode ser citado que provavelmente demandarão uma menor alteração na estrutura da matriz, possivelmente facilitando a introdução do tema na formação do aluno, já que o tempo utilizado seria distribuído entre diferentes componentes curriculares e; os alunos teriam possibilidade de trabalhar as diversas especialidades com diferentes professores, tendo acesso a diferentes formas de utilização da modelagem da informação da construção nas várias fases do ciclo de vida da edificação. Acredita-se que esta estratégia possibilitará uma formação mais abrangente para o estudante, que irá trabalhar BIM em diferentes momentos, em um processo continuado que se inicia desde seu acesso ao curso e só se conclui, no âmbito universitário, com a sua formatura.

Como maiores dificuldades destas abordagens podem ser citadas: (1) a necessidade de ter um maior número de docentes com formação em BIM, que assimilem seu amplo conceito; (2) a necessidade de que seja realizado um forte trabalho colaborativo entre eles, de forma a evitar uma aprendizagem fragmentada e pouco significativa; (3) a possibilidade de ser preciso criar novos componentes curriculares para trabalhar alguns conteúdos que não possam ser abordados na matriz proposta, com a profundidade e abrangência desejada.

4. Considerações Finais

A modelagem da informação da construção pode encaminhar diversas demandas do setor da construção civil e percebe-se que é crescente a sua adoção no mercado de trabalho brasileiro. No entanto, a falta de profissionais capacitados, com competência para responder às diferentes questões que envolvem esta modelagem tem dificultado a sua implantação em empresas e escritórios. Isto torna necessária e urgente a atualização de cursos relacionados ao setor. Por outro lado, o paradigma BIM envolve grande complexidade e são diversas as competências relacionadas com este tema. Em termos de conhecimentos, podem ser trabalhados desde questões relativas à história das tecnologias da informação e sua relação com a construção civil, até o aprendizado das mais novas ferramentas computacionais, métodos e técnicas de trabalho relacionadas com o BIM.

Em relação às habilidades, é possível desenvolver aquelas que capacitem o estudante para lidar com informações complexas e em grande quantidade, até questões que envolvem liderança e colaboração. As atitudes também abrangem um vasto conjunto de possibilidades que pode ser trabalhado, sendo possível desenvolver aspectos relacionados com empreendedorismo e inovação, e com o uso autônomo e criativo do paradigma BIM.

Não será possível desenvolver todas as competências nem formar profissionais para todas as áreas relacionadas com a modelagem da informação da edificação em apenas um curso, seja ele de engenharia, arquitetura, curso técnico ou até um curso específico sobre BIM. Diante disto, deve ser dada atenção à escolha das competências que se deseja desenvolver, sabendo-se que a opção por inserir um tema no currículo deixará outros de fora.

É essencial discutir sobre a forma como o assunto será abordado no curso. Experiências internacionais tem mostrado que são utilizadas basicamente duas estratégias: inserir BIM de forma integrada a diferentes disciplinas ou criar componentes curriculares específicos para discutir o tema. No Brasil, até o momento, esta última tem sido a forma mais utilizada. Acredita-se que isto tem acontecido por ser mais fácil criar disciplinas para tratar do tema, uma vez que a inserção integrada demanda uma forte colaboração entre docentes, além da sua formação. Eles devem entender sobre a amplitude a abrangência do paradigma, para poder trabalhar com a modelagem nos seus cursos. Com a difusão do tema e a atualização de professores, a utilização do BIM de forma mais ampla no currículo pode se tornar uma realidade.

No âmbito de cada instituição que oferece cursos relacionados ao setor da

construção civil, deverão ser analisadas quais as formas mais adequadas para a inserção da modelagem BIM no seu currículo, a partir de suas possibilidades e condições efetivas. Deve ser considerado o tempo necessário para realizar a mudança curricular, os recursos humanos e físicos demandados, a necessidade de se criar material didático, metodologias e técnicas para ensinar e aprender BIM, dentre outras questões.

Certamente as mudanças serão feitas por etapas, ao longo de vários anos. O acúmulo de experiência, a formação de um número cada vez maior de profissionais e a análise das práticas de sucesso facilitarão o ensino-aprendizagem de BIM. Neste sentido, espera-se que este trabalho tenha dado sua contribuição no sentido de divulgar, discutir e apontar alguns caminhos possíveis de serem seguidos.

Referências

- ANDERSSON, N.; ANDERSSON, P. H. Building Information Modeling in engineering teaching - retaining the context of engineering knowledge and skills. In: CIB W78, 27., 2010. **Proceedings...** Cairo: Virginia Tech, 2010. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB22193.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2013.
- ANDRADE, M. L. V. X. Computação gráfica tridimensional e ensino de arquitetura: uma experiência pedagógica. In: GRAPHICA 2007: Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007. 1 CD.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 9., 2009, São Carlos. **Anais...** São Paulo: USP, 2009.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. BIM teaching strategies: an overview of the current approaches. In: International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2010, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: Nottingham University Press, 2010. Disponível em: <<http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf289.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2013.
- _____. Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum. In: CIB W78 2010: 27th International Conference, 2010b, Cairo. **Proceedings...** Cairo: Blacksburg, VA, Virginia Tech, 2010. p. 1-10. Disponível em: <<http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2010-83.pdf>>. Acesso em: 8 maio

2013.

_____. Tendências atuais para o ensino de BIM. In: TIC 2011: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 5., 2011, Salvador, Brasil. **Anais**... Salvador: UFBA, 2011. 1CD.

_____. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário internacional.

Gestão & Tecnologia de Projetos. São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos/index.php/gestaodeprojetos/article/view/218/244>>. Acesso em: 13 maio 2013.

_____. A Theoretical Model for the Introduction of BIM into the Curriculum. In: 7th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction, 2012, São Paulo. **Proceedings**... São Paulo, Loughborough: USP/Loughborough University, 2012. p. 1-14. Disponível em: <<http://innovationinaec2012.pcc.usp.br/proceedings/90%20a%20theoretical%20model%20for%20the%20introduction%20of%20bim%20into%20the%20curriculum.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2013.

BECERIK-GERBER, B.; GERBER, D. J.; KU, K. (2011) The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula, **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 16, p. 411-432. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2011/24>>. Acesso em: 14 fev. 2013.

BECERIK-GERBER, B.; KU, K.; JAZIZADEH, F. BIM-Enabled Virtual and Collaborative Construction Engineering and Management. **Journal of professional issues in engineering education and practice. ASCE**, v. 138, n. 4, p. 234-345, 2012. Disponível em: <<http://www.ascelibrary.org>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA A. P.; AMORIM A. L. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. In: TIC 2011: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 5., 2011, Salvador, Brasil. **Anais**... Salvador: UFBA, 2011. 1CD.

DEDERICH, A. S.; KARLSHOJ, J.; HERTZ, K. Multidisciplinary Teaching: Engineering Course in Advanced Building Design. **Journal of professional issues in engineering education and practice. ASCE**, v. 137, n. 1, p. 12-19, 2011. Disponível em: <<http://www.ascelibrary.org>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

DENZER A. S.; HEDGES K. E. From CAD to BIM: educational strategies for the coming paradigm shift. In: The 2008 Architectural Engineering National Conference, 2008, Denver. **Proceedings**... Denver: The Architectural Engineering Institute (AEI) of the ASCE, Set. 2008. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/41002\(328\)6](http://dx.doi.org/10.1061/41002(328)6)>. Acesso em: 14 fev. 2013.

FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. **Construindo o conceito de competência.** RAC, Rio de Janeiro, v. 5, Edição Especial, p. 183-196. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v5nspe/v5nspea10.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: TIC 2007: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007.

_____. Notas sobre pensamento e cognição em projetos paramétricos. In: ENANPARQ: Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2., 2012, Natal. **Anais...** Natal: ANPARQ, 2012.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling:** Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. Nova York: McGraw Hill, 2008. 270 p.

MARTIN, W. M.; FRUCHTER, R.; CAVALLIN, H.; HEYLIGHEN, A. Different by design. AI EDAM. **Cambridge Journals**, v. 21, n. 3, p. 219-225, ago. 2007. Disponível em: <http://journals.cambridge.org/abstract_S0890060407000248>. Acesso em: 12 abr. 2013.

MEC. **Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de engenharia.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

MENEZES, A. M.; VIANA, M. L. S.; PEREIRA Jr., M. L.; PALHARES, S. R. Impacto da tecnologia BIM no ensino de projetos de edificações. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 40., 2012, Belém. **Anais...** Belém: ABENGE, 2012.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National Building Information Modeling Standard. Version1** – Part 1: Overview, principles and methodologies. Washington, 2007. 183 p. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CHMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.wbdg.org%2Fpdfs%2FNBIMSv1_p1.pdf&ei=rp6yT5j7M4uXtweC8rWCCQ&usg=AFQjCNGRo1QIUBtXjMj3xeorTINh-ZORnA>. Acesso em: 15 maio 2012.

PUNHAGUI, K.; CAMPOS, É. F.; FONTENELLE, J. H.; D'AVILA, A. C. S. Novas ferramentas para o ensino em engenharia: discussão sobre o método de ensino Active Learning. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 39., 2011, Blumenau. **Anais...** Blumenau: ABENGE, 2011. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sessoestec/art1768.pdf>>.

Acesso em: 10 fev. 2013.

REBOLJ, D.; MENZEL, K.; DINEVSKI, D. A Virtual Classroom for information Technology in Construction. **Computer Applications in Engineering Education**. v. 16, n. 2, p. 105-114. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cae.20129/pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2013

RUSCHEL, R. C.; GUIMARÃES FILHO, A. B. Iniciando em CAD 4D. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 8., 2008, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2008.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. de; SALES, A. de A.; MORAIS, M. de. O ensino de BIM: exemplos de implantação em cursos de engenharia e arquitetura. In: TIC 2011: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 5., 2011, Salvador, Brasil. Anais... Salvador: UFBA, 2011.

SACKS, R; BARAK, R. Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education. **Journal of professional issues in engineering education and practice. ASCE**, v. 136, n. 1, p. 30-38, jan. 2010. Disponível em: <<http://www.ascelibrary.org>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

SOIBELMAN, L.; SACKS, R.; AKINCI, B.; DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T.; EYBPOOSH, M. Preparing Civil Engineers for International Collaboration in Construction Management. **Journal of professional issues in engineering education and practice. ASCE**, v. 137, n. 3, p. 141-150, 2011. Disponível em: <<http://www.ascelibrary.org>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

TUFTE, E. R. **Envisioning Information**. 8. ed. Connecticut: Graphics Press, 2001. 126p.

VINCENT, C. C. Ensino de Projeto: Digital ou Manual? In: SiGraDi 2006: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 10., 2006, Santiago do Chile. Anais... Santiago do Chile: Universidad de Chile, 2006. 1 CD.

WONG, K.; WONG, K.; NADEEM, A. Building Information Modeling for tertiary construction education in Hong Kong. **Journal of Information Technology in Construction (ITCon)**. v. 16, p. 467-476, 2011. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2011/27>>. Acesso em: 14 fev. 2013.

Capítulo 9. Difusão da tecnologia BIM por pesquisadores brasileiros

A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil

Érica de Sousa Checcucci
Ana Paula Carvalho Pereira
Arivaldo Leão de Amorim

Resumo

Este trabalho apresenta o resultado de um levantamento que teve como objetivo traçar um panorama da difusão das tecnologias BIM no Brasil, buscando identificar os núcleos de pesquisa sobre o tema; quem são os pesquisadores; onde estão localizados; quais os enfoques das pesquisas; como os eventos nacionais nas áreas de arquitetura e engenharia tratam o tema, e a evolução da difusão destas tecnologias ao longo dos últimos anos. A construção deste panorama sobre a difusão da BIM é componente inicial de duas pesquisas em andamento, uma de mestrado e outra de doutorado, e deverá embasar a análise do estado da arte desta tecnologia no país. Com a abrangência temporal de 2005 a 2010, e utilizando como fonte de pesquisa anais de eventos técnicos-científicos; o banco de teses do portal da CAPES e o portal Domínio Público; revistas eletrônicas nacionais e bases de dados internacionais, identificou-se e classificou-se para análise o conjunto de trabalhos contidos neste universo, que tem, no título, no resumo ou nas palavras-chave, pelo menos um dos vinte e seis termos/expressões previamente definidos como necessários ou suficientes para o enquadramento do trabalho. A partir destas análises, constatou-se que a difusão da BIM no Brasil ainda é pequena, e que se faz necessário e justificado o esforço para a divulgação e a implantação da BIM no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção civil (AEC).

Originalmente publicado em: CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: FAUFBA, 2011.

1. Introdução

O setor de AEC no Brasil constitui um mercado competitivo que busca o aprimoramento da qualidade, melhores índices de desempenho, maior eficiência, produtividade, redução de custos e de prazos de execução. Nos últimos anos vem consolidando um panorama de contínua alteração nos processos de trabalho, de surgimento de novas tecnologias, frente às exigências mundiais de qualidade e sustentabilidade das edificações. É neste contexto que a BIM – Building Information Modeling ganha destaque. São vários os desafios para desenvolver uma “arquitetura sustentável”, com melhoria na qualidade da edificação, e entre eles estão: necessidade de simulações no desenvolvimento dos projetos, aprimoramento da especificação de produtos, necessidade de tomar decisões seguras de forma antecipada e controlada, integração da equipe, foco na gestão de obras, redução de desperdício, maior durabilidade das construções e baixos custos com manutenção. No contexto BIM, estes requisitos deverão ser trabalhados para o desenvolvimento de uma nova “concepção de arquitetura”, trazendo vários benefícios para os produtores e usuários de edificações.

Assim, fica clara a importância de uma pesquisa sobre a difusão da BIM no Brasil, objetivando identificar e analisar os eventos, as instituições e autores envolvidos com a temática; a distribuição geográfica dos grupos de pesquisa; a evolução da difusão da BIM ao longo dos anos; e finalmente, avaliar o conteúdo das publicações. Neste trabalho foram utilizados como fontes de dados: os anais de eventos técnicos-científicos; o banco de teses do portal de CAPES e o portal domínio público; revistas eletrônicas nacionais e bases de dados internacionais, que estão discriminadas na seção 2. Inicialmente foi definida uma abrangência temporal contemplando os últimos cinco anos, porém, identificados alguns eventos bienais, este lapso temporal foi estendido para seis anos, para dar conta de pelo menos três edições deles (2005/2007/2009). Então, o período pesquisado compreende 2005 a 2010.

A construção deste panorama sobre a difusão da BIM no Brasil integra a fundamentação de duas pesquisas, uma de mestrado e outra de doutorado, e deverá embasar a análise do estado da arte desta tecnologia no país, contribuindo para melhor apropriação da mesma no setor de AEC.

2. Metodologia

Inicialmente, foram selecionadas como fonte de pesquisa para compor o panorama nacional da difusão da BIM, bases de dados nacionais, eventos considerados de grande relevância na área de arquitetura e engenharia, e que tivessem grande participação de pesquisadores brasileiros ou radicados no Brasil. As fontes de pesquisa foram:

- Anais de eventos nacionais considerados importantes na área de AEC:
 - Seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil – TIC (2005, 2007, 2009);
 - PROJETAR (2005, 2007, 2009);
 - GRAPHICA (2005, 2007, 2009), e
 - Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios - WBGPPCE (2005, 2007, 2008, 2009).
- Anais do Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital - SiGraDi (2005, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2010). Este evento foi escolhido por ter grande relevância na área de AEC, ter alta participação de pesquisadores brasileiros e já ter ocorrido pelo menos uma vez no Brasil.
- Revistas eletrônicas:
 - PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção, vinculada ao Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Volumes 1, 2, 3, 4 e 5;
 - AC - Ambiente Construído, base de dados da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC.
 - Gestão & Tecnologia de Projetos. Periódico Científico dos programas de pós-graduação: em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos da USP; em Arquitetura, da FAU-UFRJ, em Construção Civil da UFPr, em Construção Civil da UFMG, em Construção Civil da UFSCar. Volumes: 1, 2 (números 1 e 2); 3 (números 1 e 2); 4 (números 1 e 2); 5 (números 1, 2 e 3).
- Bases de dados nacionais:
 - Banco de Teses da CAPES: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>, e
 - Portal Domínio Público: <<http://www.dominiopublico.gov.br/>>.

Posteriormente, foram escolhidas duas bases internacionais, com o propósito de estabelecer um contraponto entre a difusão nacional e internacional das tecnologias BIM.

- Web of Science;
- Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design (CumInCAD). Desta base, foram excluídos da análise os artigos publicados no SiGraDi, por já terem sido inseridos no panorama da difusão da BIM no Brasil.

Após a definição das fontes de pesquisa, foi definido um conjunto de 26 palavras ou expressões, consideradas necessárias ou suficientes, para o enquadramento do trabalho no tema de interesse. Assim, foram identificados e separados para análise todos os trabalhos encontrados no universo anteriormente delimitado, e que tivessem, no título, no resumo ou nas palavras-chave, pelo menos um dos termos constantes do Quadro 1.

Expressões e conceitos usados no enquadramento dos trabalhos	
“BIM”	“Modelagem de informações da edificação”
“Building Information Model”	“Modelagem de informações do edifício”
“Building Information Modeling”	“Modelagem de informações da construção”
“Building Information Modelling”	
“Modelo de informações da edificação”	“Modelo único da edificação”
“Modelo de informações do edifício”	“Modelo único do edifício”
“Modelo de informações da construção”	“Modelo único da construção”
“Modelo integrado da edificação”	“IFC”
“Modelo integrado do edifício”	“Industry Foundation Classes”
“Modelo integrado da construção”	
“Single Building Model”	“Integrated Building Model”
“Single Building Modeling”	“Integrated Building Modeling”
“Modelo 4D”	“Virtual Building”
“CADnD”	“Edifício Virtual”

Quadro 1 – Termos/expressões procuradas

Para compor o panorama da difusão da BIM no Brasil, o levantamento foi realizado em cada uma das fontes citadas, segundo os critérios acima mencionados, sendo identificado um conjunto de 52 artigos, 10 dissertações e

uma tese referentes ao tema. Deste primeiro grupo de trabalhos foram separados aqueles que tinham autores brasileiros ou radicados no Brasil, formando um total de 38 artigos, 10 dissertações e uma tese para serem analisados. Na Tabela 1 encontram-se os indicadores quantitativos do levantamento: (a) número total de trabalhos em cada fonte; (b) número de trabalhos sobre o tema, e (c) número de trabalhos de pesquisadores brasileiros ou radicados no Brasil.

Tabela 1 – Trabalhos em cada fonte de pesquisa x Trabalhos sobre o tema x Trabalhos de pesquisadores brasileiros ou radicados no Brasil - por fonte de pesquisa

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

Como observado acima, não foram encontrados trabalhos sobre o tema nas revistas eletrônicas PARC e AC e nem no encontro PROJETAR. Os trabalhos encontrados nas bases de dados da CAPES foram analisados sob critérios diferenciados, conforme mostrado na seção 4 deste trabalho, uma vez que tratam de teses e dissertações.

Após a seleção dos artigos que seriam analisados no panorama nacional, partiu-se para buscar trabalhos na Web of Science e na CumInCAD, segundo os mesmos critérios de pesquisa. Estes trabalhos também tiveram um tratamento diferenciado, e estão analisados na seção 5. A Tabela 2 mostra a quantidade de

artigos sobre o tema encontrados nestas bases de dados.

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

Tabela 2 – Bases internacionais: trabalhos sobre o tema

Durante a pesquisa foram encontrados alguns trabalhos que tratavam de BIM sem, no entanto, ter nenhum dos 26 termos definidos no título, no resumo ou nas palavras-chave. Estes artigos não foram selecionados para análise, uma vez que não estavam conforme com os critérios de busca. É preciso ressaltar, portanto, que o panorama aqui apresentado não abrange todas as publicações sobre BIM no Brasil, mas certamente compõe uma ampla visão do cenário atual das pesquisas sobre o tema.

3. Artigos e Trabalhos Publicados em Eventos

Para realizar estas análises foram utilizados os 38 artigos classificados conforme os critérios previamente estabelecidos.

3.1. Crescimento da difusão da BIM ao longo dos anos

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

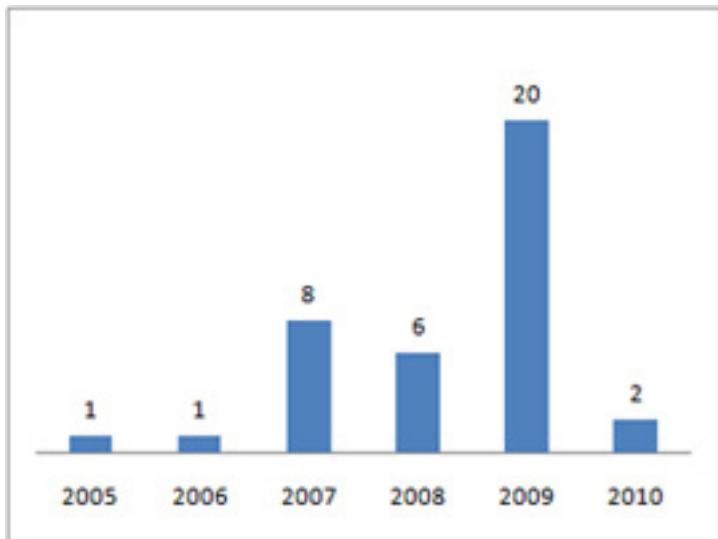


Gráfico 1 - Número de artigos publicados por ano

3.2. Veículo com o maior número de publicações sobre o tema

Os veículos com maior número de publicações foram a revista Gestão & Tecnologia de Projetos e o SiGraDi 2009, ambos com seis trabalhos publicados sobre o tema no período.

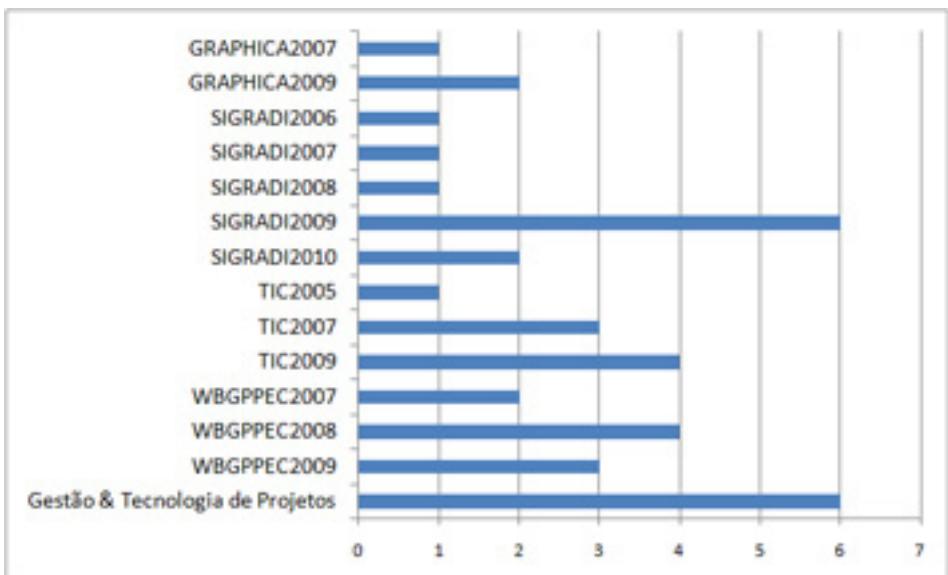


Gráfico 2 - Número de artigos por veículo x ano

3.3. Relação de autores e número de publicações

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



Gráfico 3 - Número de artigos publicados por autores (continua)

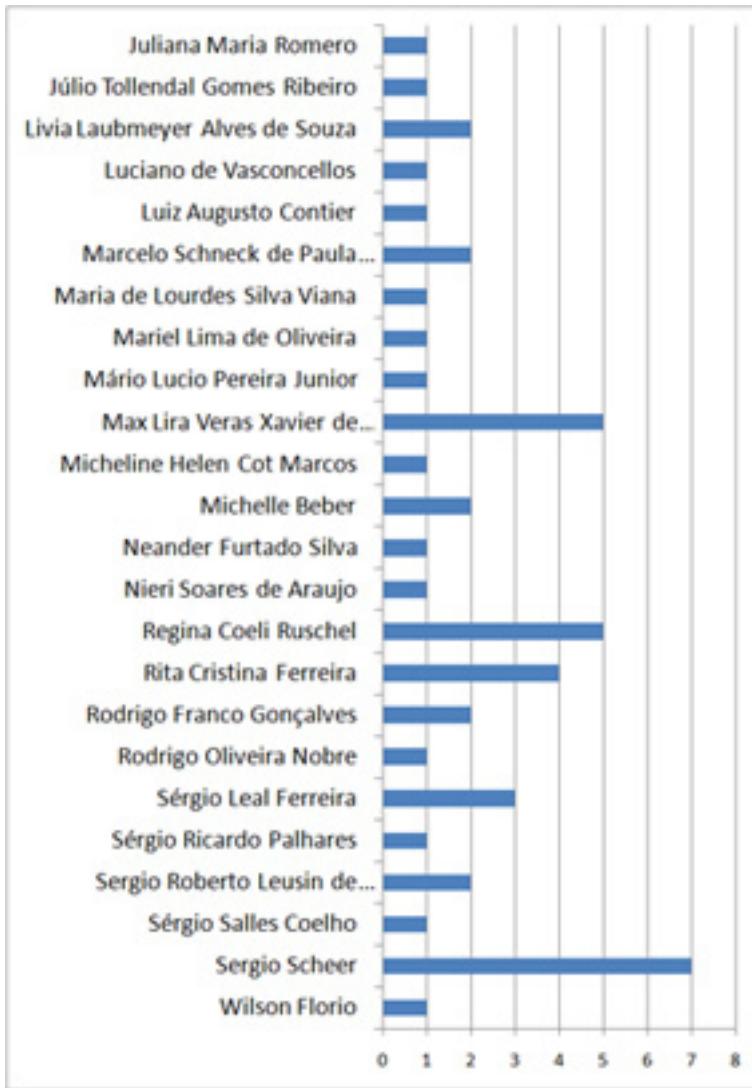


Gráfico 3 – Número de artigos publicados por autores (continuação)

3.4. Relação de Instituições e número de publicações

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

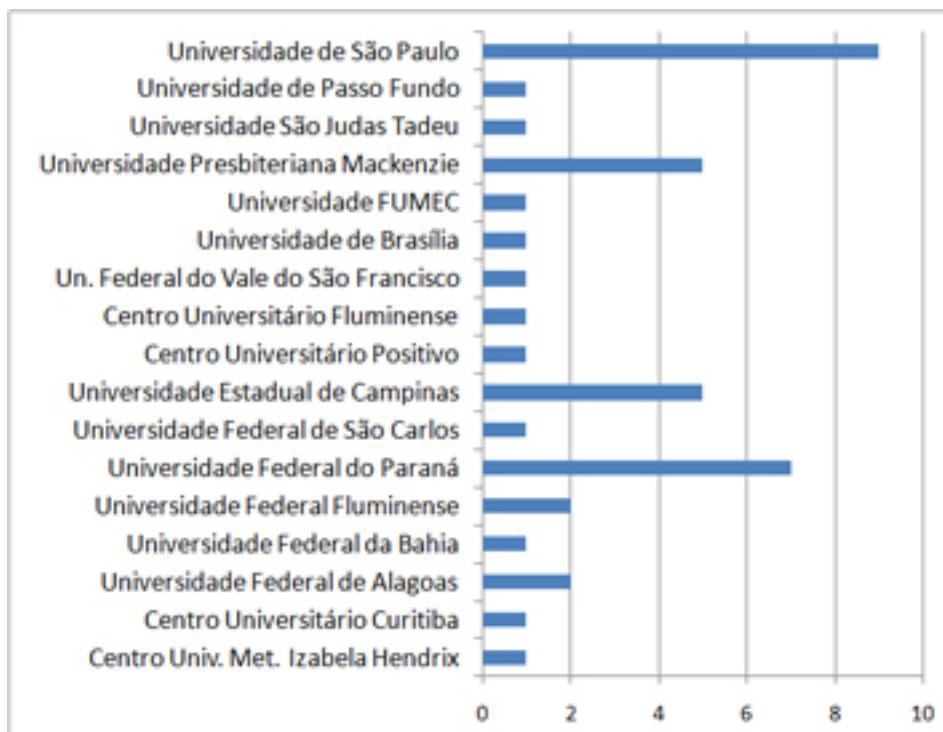


Gráfico 4 – Número de publicações por instituição

3.5. Distribuição geográfica dos grupos de pesquisa

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

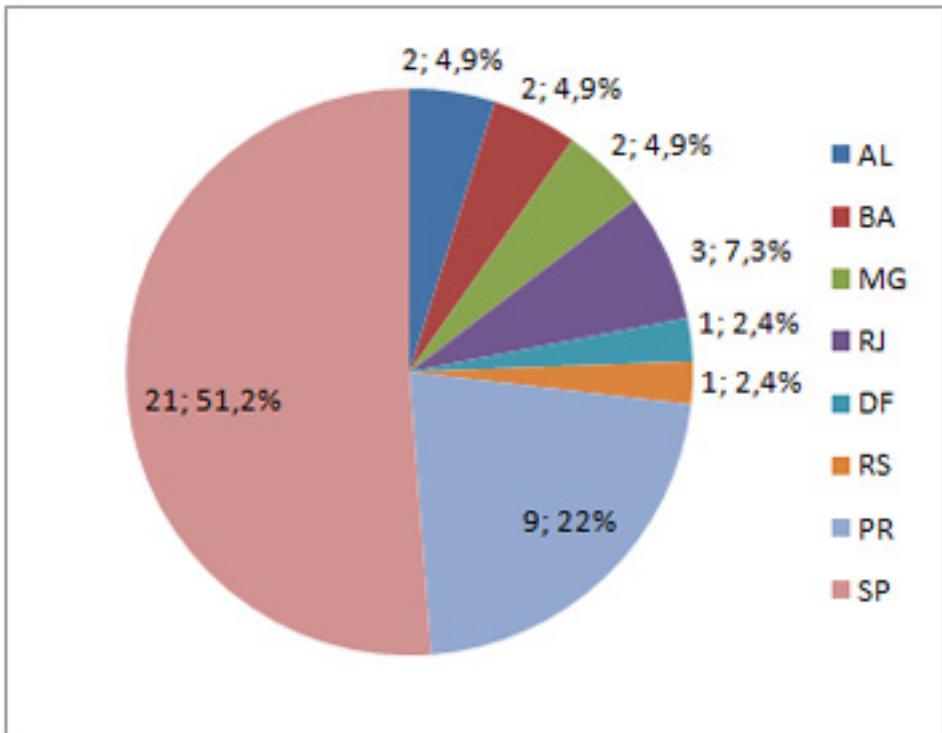


Gráfico 5 – Número absoluto e percentual de publicações por estado

3.6. Análise de conteúdo

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

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

- CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. (2008) discutem questões relacionadas aos Modelos de Informação da Edificação (BIM) como opção para melhorar a eficiência projetual de edificações, com consequente desenvolvimento de projetos com melhores índices de desempenho.

Apontam e analisam as tecnologias disponíveis, comparando as vantagens e as dificuldades na sua implantação.

- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009a) fazem uma análise sobre as pesquisas que envolvem a BIM no Brasil, identificando e analisando artigos que tratam do tema em publicações de eventos nacionais. Concluem que no Brasil a implantação do BIM ainda está na primeira geração e sugerem que sejam pesquisadas metodologias de projeto que utilizam as tecnologias digitais.

b) O uso da BIM no processo de projeto arquitetônico

- SCHEER et al (2007) apresentam impactos de sistemas CAD geométricos e sistemas CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura da cidade de Curitiba - PR, através da realização de dois estudos de caso.

- MARCOS, M. H. C. (2009) com base em um estudo de caso, analisa a emissão de CO₂ por uma edificação durante o seu ciclo de vida pré-operacional (fabricação, transporte de materiais e erguimento da construção). Utiliza uma ferramenta CAD-BIM (ArchiCAD) para realizar esta análise.

- RIBEIRO, J. T. G.; SILVA, N. F.; LIMA, E. M. (2009) compararam o projeto de reforma e de expansão do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Brasília, desenvolvido em ferramenta CAD e em ferramenta BIM, e verificaram de forma objetiva e sistemática alguns dos benefícios que as ferramentas BIM trazem na projetação de aeroportos.

- ROMERO, J. M.; SCHEER, S. (2009) investigam a utilização de ferramenta BIM para acelerar os procedimentos de aprovação de projetos de edificações, através de estudo de caso na Prefeitura Municipal de Curitiba.

- VASCONCELLOS, L., MARITAN, F. S. (2009) analisam método de projeto arquitetônico desenvolvido com o auxílio do Autodesk REVIT Architecture e como esta ferramenta pode influenciar o processo de projeto.

- SOUZA, L. L. A.; LYRIO, A. M.; AMORIM, S. R. L. (2009), realizaram uma pesquisa em 13 escritórios de arquitetura do Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba que utilizavam a tecnologia BIM. Foram analisados os impactos do uso da BIM nestes escritórios, as vantagens e os problemas da adoção da tecnologia.

- SOUZA, L. L. A.; LYRIO, A. M.; AMORIM, S. R. L. (2009b) analisam os impactos decorrentes da implantação da tecnologia BIM em escritórios de projeto de arquitetura. Foram feitos estudos de campo em escritórios do Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba.

- NARDELLI, E. S. (2010) discute a necessidade do uso da tecnologia

BIM, na cadeia produtiva da indústria da construção civil no Brasil, visando alcançar os objetivos do programa de construção habitacional “Minha Casa, Minha Vida”. Fala sobre a transição do CAD ao BIM, da necessidade de normatização, da interoperabilidade, de prototipagem rápida, ambientes imersivos e outras inovações que alteram a cadeia produtiva da construção civil.

c) A colaboração entre projetistas e a interoperabilidade entre sistemas

- CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. (2007) discutem o potencial das ferramentas BIM na melhoria do processo de desenvolvimento do produto da construção civil. Falam sobre colaboração, interoperabilidade e simulação. Descrevem a solução REVIT da AutoDesk, direcionada para o desenvolvimento do projeto arquitetônico e estrutural e a integração entre estes programas.
- FERREIRA, S. L. (2007) apresenta a BIM como uma evolução da Engenharia Simultânea (sic) e elabora uma discussão sobre essa evolução. Fala sobre colaboração e interoperabilidade e sugere algumas linhas de pesquisa sobre o tema.
- COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. (2008) realizam pesquisa bibliográfica e levantamento de informações e recursos para colaboração no trabalho com modelos BIM. Apresentam a evolução de ferramentas BIM e a necessidade da revisão dos processos de colaboração entre os projetistas.
- CONTIER, L. A.; KOURY, A. P. (2008) trazem uma perspectiva histórica para discutir a integração entre os profissionais envolvidos no projeto do edifício, e entre estes e a indústria da construção civil.
- ANDRADE, M. L.V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009b) discutem a interoperabilidade entre duas ferramentas BIM (Archicad e Revit) utilizando o formato IFC.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. (2009c) identificam não conformidades na troca de informações dos modelos do edifício produzidos em aplicativos BIM, voltados para arquitetura e discutem como estes aplicativos tratam as informações de mesmas famílias de objetos. Apresentam exemplo bem sucedido de sistema de compartilhamento de modelos BIM e mostram que os tradutores de IFC ainda não são robustos o suficiente para transportar os dados do modelo com a qualidade do original.
- SANTOS, E. T. (2009) fala sobre a interoperabilidade em BIM, que é o intercâmbio de informações entre sistemas, mostrando que IFC é a melhor opção para assegurá-la. Descreve outros padrões menos conhecidos, como IDM, MVD e IFD e mostra como estes atuam no intercâmbio de dados.

- SCHEER, S.; AYRES FILHO, C. (2009) trazem uma abordagem sobre colaboração e interoperabilidade BIM através de quatro diferentes escalas de modelagens: a supermodelagem (processos envolvidos no ciclo de vida da edificação); a metamodelagem, que produz padrões de intercâmbio de dados; a modelagem (onde o modelo de um edifício é produzido) e a micromodelagem, que determina a criação de objetos componentes do modelo.
- AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. (2009) mostram formas de desenvolvimento de aplicações para acesso aos dados de modelos de edifícios em formato IFC. Apresentam sugestões para a criação de uma ferramenta para metacompilação semiautomatizada de bibliotecas de classes Java.
- SCHEER, S. et al. (2009) analisam como o ARCHICAD suporta o trabalho colaborativo em equipe.

d) Questões sobre customização e melhorias em aplicativos BIM

- FERREIRA, S., KAWANO, A., OLIVEIRA, A. (2005) descrevem uma proposta de ampliação do modelo IFC, para o objeto “luminária”, e uma aplicação em Java, criada para interpretar e apresentar dados do formato IES LM-631⁶ e calcular o Coeficiente de Utilização, um parâmetro importante em um dos métodos mais utilizados de cálculo luminotécnico, o Método das Cavidades Zonais.
- GONÇALVES, R. F. et al (2007) trazem uma proposta de implementação em UML⁷ das informações de um projeto de arquitetura e explicitam as relações semânticas existentes entre os elementos do projeto. A partir de estudo de caso, executam modelagem dos objetos, apresentando como resultado a representação explícita das interfaces entre objetos AEC.
- FERREIRA, R. C. et al. (2007) trazem uma visão de implementação em UML da informação de um projeto de AEC e tornam explícitas suas relações semânticas. Os resultados da pesquisa foram obtidos através da realização de um estudo de caso de projeto de produção em CAD 3D dos subsistemas alvenaria e revestimento para um edifício residencial. O principal resultado obtido foi a representação explícita das interfaces entre objetos AEC.
- AYRES FILHO, C.; AZUMA, F.; SCHEER, S. (2008) discutem sobre os requisitos necessários a uma ferramenta CAD/BIM direcionada para automatização de documentos de projeto de alvenaria de blocos de concreto.

⁶ Formato padrão que descreve o objeto “luminária”, proposto pela Illuminating Engineering Society of North América.

⁷ Unified Modeling Language ou Linguagem de Modelagem Unificada.

- AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. (2009) apresentam sugestões para a criação de uma ferramenta para metacompilação semi-automatizada de bibliotecas de classes Java, correspondentes às entidades IFC do esquema ifcXML, que forneçam aos desenvolvedores métodos de acesso mais diretos e que permitam um desenvolvimento mais rápido de aplicações.
- FERREIRA, S. L. (2009) propõe um sistema aberto para catalogação de preços unitários de diversos fornecedores, e relata parte da implementação de um sistema rápido e atualizável de custo de construção. Apresenta como inovação o uso do IFC, que permite a interoperabilidade entre os programas CAD.
- MONTEIRO, A.; FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. (2009) discutem a questão da representação do objeto “parede” num aplicativo BIM, de forma a atender aos níveis de detalhes inerentes a um projeto para produção de vedações verticais em alvenaria, sem sobrecarregar demasiadamente o modelo, o que inviabilizaria sua manipulação. Descrevem duas proposições distintas para representar a “parede” e utilizam o REVIT para analisar as duas opções propostas.
- MONTEIRO, A.; FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. (2009b) apresentam algumas abordagens para a representação da modulação de alvenaria utilizando o objeto “parede”, no REVIT. Fazem uma análise comparativa das diferentes abordagens, destacando suas vantagens e desvantagens.
- MONTEIRO, A.; SANTOS, E. T. (2009) apresentam alguns resultados preliminares da investigação sobre o uso de modelagem generativa para a representação de modulação de alvenaria e para a proposta de uma gramática da forma visando representar seus elementos básicos, em ferramentas BIM.

e) Descrições e análises sobre experiências de ensino utilizando BIM

- VINCENTE, C. C. (2006) apresenta uma experiência de ensino de projeto arquitetônico com uso de ferramentas CAD (Desenho Assistido por Computador), CAAD (Projeto e Desenho Assistidos por Computador) (sic) e BIM (Modelagem de Informações da Edificação), na qual a aprendizagem passa a ter como foco o processo de trabalho projetual.
- ANDRADE, M. L. V. X. (2007) relata uma experiência de ensino de Computação Gráfica Digital (sic), com objetivo de comparar as vantagens e desvantagens do uso de modeladores geométricos versus editores de desenho para o ensino de projeto, ressaltando que as ferramentas tridimensionais são um instrumento importante para o ensino da representação arquitetônica, para a visualização do espaço e a compreensão dos sistemas construtivos do edifício, sendo consequentemente, um instrumento de auxílio à concepção

do projeto.

- ANDRADE, M. L. V. X. et al (2007) descrevem uma experiência de ensino onde comparam as vantagens e desvantagens de utilização de três ferramentas gráficas: SketchUp, AutoCAD e ArchiCAD, em fases diferentes da projeção arquitetônica.

- FLORIO, W. (2007) examina as contribuições da BIM nas ações cognitivas realizadas pelo projetista durante o processo de criação e de desenvolvimento de projeto de arquitetura. Ele examina três projetos, que serviram para testar o potencial de modelagem paramétrica de componentes e sua eficácia na visualização desses elementos no espaço. Relata uma experiência didática na qual utilizou o Autodesk REVIT 8.1 e conclui que a inclusão da BIM no ensino de arquitetura contribui para a compreensão da articulação entre elementos construtivos do edifício, tornando mais clara e precisa a comunicação das informações e intenções projetuais.

- NARDELLI, E. (2008) aponta alguns desafios sobre a utilização da BIM e seu reflexo nas escolas de arquitetura, concluindo pela necessidade em atualizar currículos e estruturas de ensino.

- RUSCHEL, R. C.; GUIMARÃES, F. A. B. (2008) apresentam uma experiência de ensino que visa abordar barreiras de cunho cultural para a adoção do CAD 4D.

- ARAÚJO, N. S. (2009) apresenta a importância da experimentação no ensino de projeto de arquitetura. Mostra que a tecnologia facilitou as simulações e investigações projetuais, proporcionando uma melhor compreensão e tomada de decisão nos projetos.

- OLIVEIRA, M. de L. (2009) questiona a maneira de ensinar a geometria projetiva nos cursos de arquitetura e urbanismo diante das mudanças no conhecimento e na representação da forma, estabelecida pela gráfica digital com as tecnologias CAD e BIM.

- MENEZES, A. M. et al (2010) mostram as mudanças metodológicas no processo de projeto decorrentes da implantação da tecnologia BIM. Fazem um comparativo sobre o processo linear de ensino e de prática de projeto e o que utiliza a tecnologia BIM, mostrando que esta tecnologia implica numa nova abordagem para a prática profissional, com consequências para o ensino.

O Gráfico 6 mostra, em números absolutos e percentuais, a quantidade de trabalhos existentes em cada categoria.

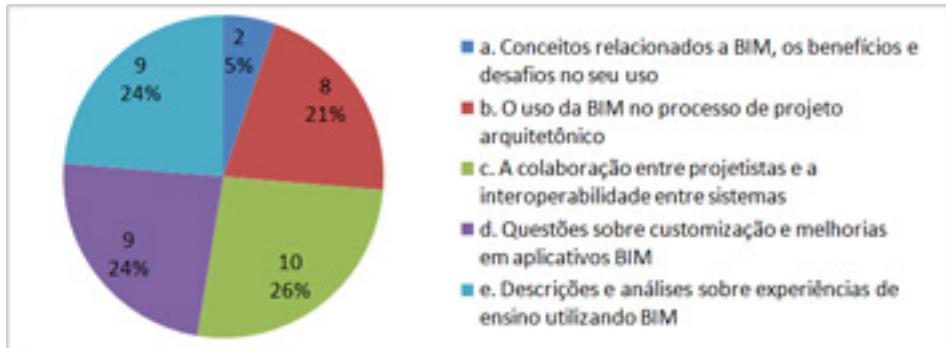


Gráfico 6 – Número absoluto e percentual de publicações por categoria

4. Banco de Teses do Portal da Capes e o Portal Domínio Público

Foram realizadas buscas por teses e dissertações no Portal de Teses da CAPES. A ferramenta de busca deste repositório de dados permite a pesquisa por autor, título e palavras-chave. Após a procura pelas 26 expressões previamente definidas, foram encontradas 9 dissertações e uma tese relacionados ao tema.

Em seguida, acessou-se o Portal Domínio Público e refez-se a busca, utilizando os mesmos critérios anteriores. Foram encontradas 5 dissertações sobre o tema nesta base de dados, sendo que 4 delas estavam também no Portal de Teses da CAPES, acrescendo apenas um novo trabalho e totalizando 10 dissertações e uma tese para serem analisadas.

Sentiu-se a falta de pelo menos uma tese sobre o tema, que havia sido defendida na UFPB, no período em análise (CORDEIRO, 2007). A pesquisa foi feita, visando encontrar este trabalho, que não foi localizado nestas bases de dados. Como teve-se acesso a esta tese, a mesma foi incluída nas análises que foram realizadas.

4.1. Relação de Instituições e número de publicações

O Gráfico 7 mostra a distribuição dos trabalhos encontrados, em relação às instituições em que foram realizados. As instituições com maior número de trabalhos são Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal do

Paraná, Universidade de Brasília e Universidade de São Paulo, cada uma com dois trabalhos sobre o tema.

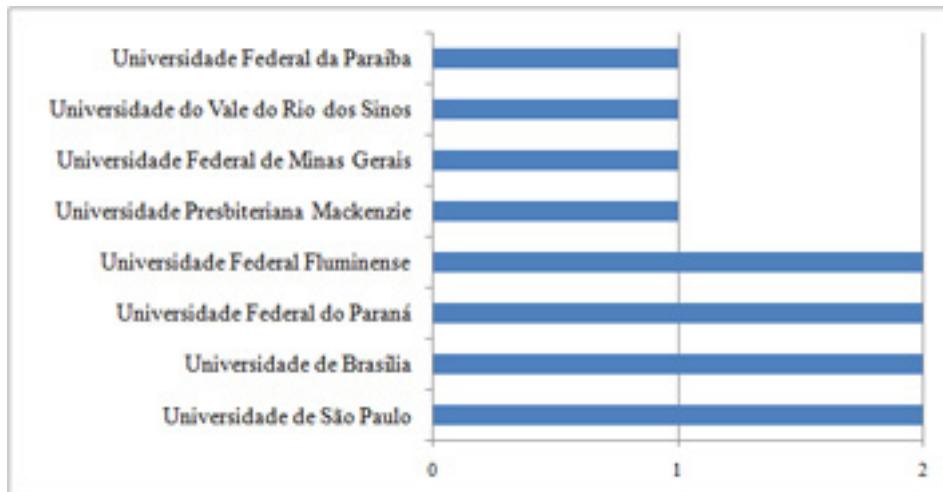


Gráfico 7 – Número de teses e dissertações por instituição

4.2. Análise de conteúdo

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

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

- CORDEIRO (2007) analisa as transformações que ocorreram com a utilização de ferramentas CAD no desenvolvimento de projeto. Utiliza uma abordagem macroergonômica (do todo para o detalhe) e estuda variáveis sociotécnicas, tentando identificar obstáculos da organização na implantação das tecnologias. Apresenta características desejáveis das ferramentas CAD e prescrições de recursos que elas devem oferecer para promover a integração do projeto.

- AYRES FILHO, C. G. (2009) apresenta uma revisão sobre as origens e os conceitos fundamentais da modelagem de produto na construção, e experimentos realizados para demonstrar as “formas de acessar os dados de modelos de edifícios e as suas potenciais vantagens para o desenvolvimento de aplicações computacionais para a indústria da construção”.

- MORAES, M. C. (2009) propõe a identificação dos impactos da

tecnologia BIM ao longo da cadeia da construção civil, a prospecção de seus potenciais e desafios para o setor. Consta que a criação do modelo tridimensional que represente completamente a edificação marca um novo ciclo produtivo para a construção civil.

• BATISTA, L. T. (2010) apresenta um panorama das ferramentas digitais aplicadas ao projeto e aponta de que maneira os profissionais brasileiros estão inseridos neste movimento. Investiga o BIM a fim de discutir implicações de sua adoção.

b) O uso da BIM no processo de projeto arquitetônico

• MOREIRA, T. P. F. (2008) analisa as diferenças da utilização de ferramentas CADD não paramétrico (AutoCAD) e paramétrico (REVIT) em projetos arquitetônicos, através de estudo de caso realizado em dois escritórios.

• MARCOS, M. H. C. (2009) utiliza ferramenta CAD-BIM para determinar a emissão de CO₂ na fase pré-operacional da construção, em dois tipos de habitação de interesse social.

• MARIA, M. M. (2009) apresenta a tecnologia BIM e discute implicações no processo de projeto de arquitetura e engenharia civil. Consta que houve não só redução no tempo de projeto e construção, mas também em custos e impactos ambientais.

• RIBEIRO, J. T. G. (2009) desenvolve, implementa e avalia um modelo aplicado ao projeto de terminais de passageiros aeroportuários utilizando tecnologia BIM.

• SOUZA, L. L. A. (2009) apresenta uma análise da implantação da tecnologia BIM em escritórios de projeto de arquitetura, identificando impactos sobre o processo de projeto. Buscou preencher uma lacuna diante da escassez de dados nacionais sobre o assunto. Foram avaliadas vantagens obtidas e dificuldades encontradas na adoção desta tecnologia em empresas do país.

c) A colaboração entre projetistas e a interoperabilidade entre sistemas

Não foram encontrados trabalhos que tratasse especificamente deste eixo.

d) Questões sobre customização e melhorias em aplicativos BIM

• FERREIRA, S. L. (2005) apresenta uma proposta de ampliação do

modelo IFC para o elemento luminária, baseada na descrição do IES LM-63.

- FERREIRA, R. C. (2007) apresenta uma proposta de uso do CAD 3D para desenvolvimento de projetos para produção de vedações verticais.

- NEVES, J. R. G. (2009) propõe diretrizes para melhoria na produção de estruturas de concreto visando redução de perdas. Afirma que a utilização das TIC associadas a BIM pode ajudar a solucionar problemas encontrados no processo de produção destas estruturas.

e) Descrições e análises sobre experiências de ensino utilizando BIM

Não foram encontrados trabalhos que tratassem especificamente deste eixo.

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

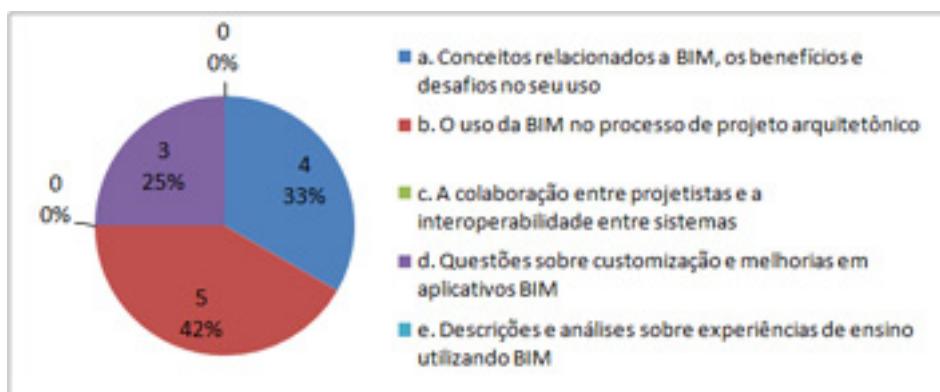


Gráfico 8 – Número absoluto e percentual de teses e dissertações por tema de pesquisa

5. Bases de Dados Internacionais

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

5.1. Crescimento da difusão da BIM ao longo dos anos

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

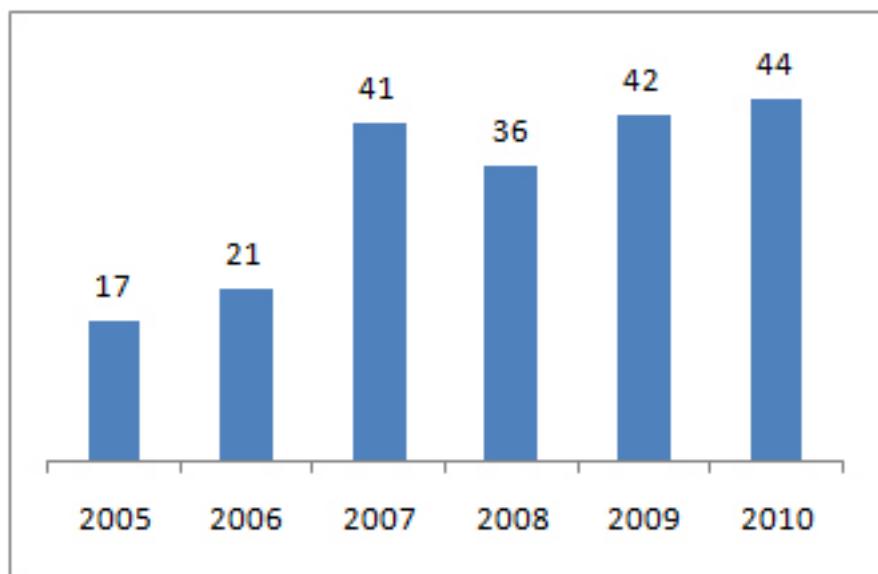


Gráfico 9 – Número de artigos publicados por ano

5.2. Relação de autores e número de publicações

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

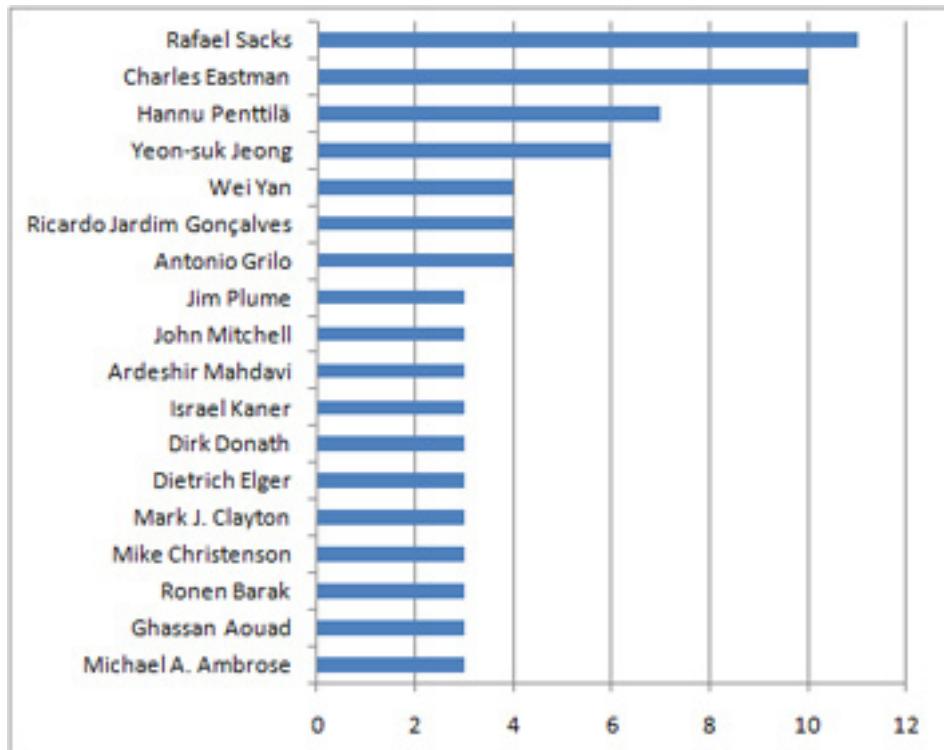


Gráfico 10 – Número de publicações internacionais por autor

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

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

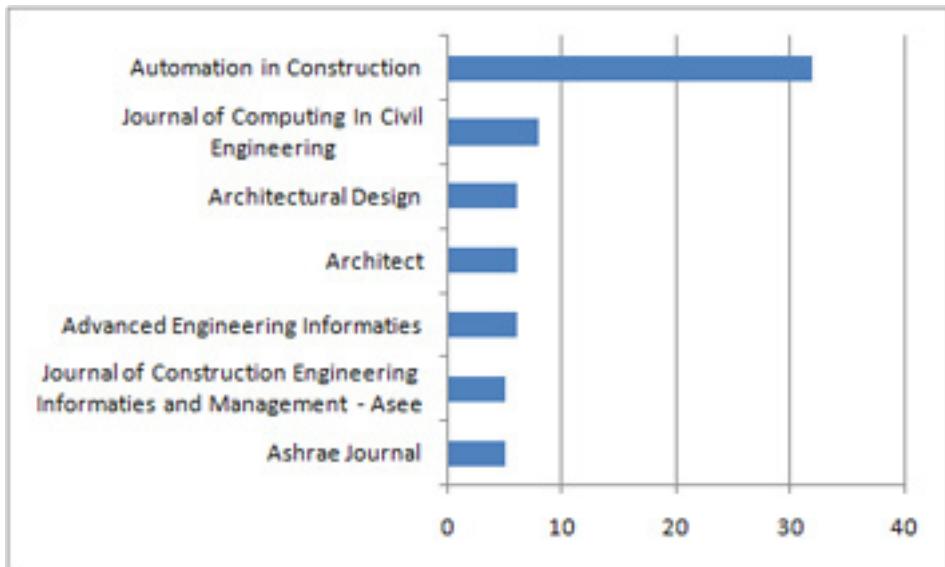


Gráfico 11 – Número de publicações internacionais por periódicos

6. Considerações Finais

Diante das exigências a que o setor de AEC está submetido para a produção de edificações mais eficazes e eficientes, fica evidente a necessidade de se expandir as pesquisas em BIM, para que a implantação desta tecnologia aconteça de forma ampla, e com toda a abrangência e a potencialidade que o conceito enseja. Embora a difusão da BIM tenha aumentado recentemente, o seu emprego ainda se dá de forma incipiente no Brasil.

Os dados mostram, sem surpresas, que a maior concentração de pesquisadores encontra-se nas regiões Sul e Sudeste do país, havendo, portanto, a necessidade de fomento à pesquisa nas demais regiões. Isto é essencial tanto para que ocorra o estabelecimento de regras, padrões, definições quanto aos protocolos que a interoperabilidade exige, quanto no que se refere à definição de bibliotecas de componentes da construção. Para que isto aconteça de forma mais efetiva, faz-se necessária a criação ou ampliação de redes de pesquisas para troca de informações, a ampliação e o aprofundamento de discussões sobre o tema.

Verifica-se também um grande percentual de trabalhos sobre experiências de ensino, o que demonstra que a BIM está, pouco a pouco, fazendo parte das preocupações no ensino de arquitetura e engenharia. Além disto, uso da

BIM em projetos de arquitetura, a colaboração e interoperabilidade são temas recorrentes das pesquisas. De um modo geral, os trabalhos demonstram que a tecnologia ainda está numa fase inicial de implantação no país. Com isso, infere-se a necessidade de aprofundamento de pesquisas nestes e em outros eixos temáticos, como: BIM num contexto mais amplo do ciclo de vida das edificações, questões relativas a normatização e ferramentas e padrões BIM adequados à realidade brasileira.

Vale ressaltar ainda, que a pouca difusão de material de acesso livre sobre o tema dificulta o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa. Nem todas as teses e dissertações estão disponíveis no banco de teses da CAPES ou o Portal Domínio Público; nem todos os anais de evento estão disponíveis na internet (mesmo que para aquisição), existindo ainda poucos trabalhos sobre BIM em eventos mais relacionados à arquitetura (PROJETAR / GRAPHICA), assim como nas revistas eletrônicas PARC e AC.

Finalmente, espera-se que haja uma aceleração da difusão do BIM, resultando em mais pesquisas sobre o tema, essenciais para que ocorra uma implantação eficaz e produtiva, com padrões definidos e estabelecidos, viabilizando o aproveitamento do potencial desta tecnologia em todo setor de Arquitetura, Engenharia e Construção Civil.

Referências

ANDRADE, M. L. V. X. Computação gráfica tridimensional e ensino de arquitetura: uma experiência pedagógica. In: GRAPHICA2007: Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007. 1 CD.

ANDRADE, M. L. V. X. et al. Análise Comparativa do Uso de Diversas Mídias Digitais no Desenvolvimento do Projeto Arquitetônico. In: SIGRADI 2007 - Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 11., 2007, Cidade do México. **Anais...** Cidade do México: Universidad La Salle, 2007. 1 CD.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: Workshop Brasileiro Gestão Do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 9., 2009, São Carlos. **Anais...** São Paulo: USP, 2009.

_____. Interoperabilidade entre ArchiCAD e REVIT por meio do formato IFC. In: TIC2009: Encontro de Tecnologia da Informação Ee Comunicação na

Construção Civil, 4., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANTAC, 2009.

_____. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v. 4, n. 2, p. 76-111, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/gestaodeprojetos/>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

ARAÚJO, N. S. A materialização do modelo digital no processo de ensino. In: SiGraDi 2009: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 13., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. 1 CD.

AYRES FILHO, C. G. Resumo da dissertação. In: _____. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 152 f. (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2009. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. Sugestões para o desenvolvimento de uma ferramenta de metacompilação de classes Java para acesso a modelos ifcXML em alto nível. In: TIC2009: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação N=na Construção Civil, 4., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANTAC, 2009.

_____. Metacompilação de classes para acesso a modelos IFC e sugestões para criação de classes para acesso em alto nível. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v. 4, n. 2, p. 112-138, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/gestaodeprojetos/>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

AYRES FILHO, C.; AZUMA, F.; SCHEER, S. Utilização do CADBIM para projeto de alvenaria de blocos de concreto. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 8., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

BATISTA, L. T. Resumo da dissertação. In: _____. **O processo de projeto na era digital. Um novo deslocamento da prática profissional**. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaPeriodicoForm.jsp>>. Acesso em: 9 mar. 2011.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Tecnologias computacionais de auxílio ao projeto de edificações: potencialidades versus dificuldades de implantação. In: SiGraDi 2008: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 12., 2008, Havana, Cuba. **Anais...** Havana: CUJAE, 2008. 1 CD.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. Modelagem de Informações para

Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 8., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

CONTIER, L. A.; KOURY, A. P. Projeto: novas e velhas realidades. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 8., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

CORDEIRO, A. L. M. Resumo de tese. In: _____. **O projeto de edifícios em ambiente informatizados:** uma abordagem macroergonômica. 172 f. (Doutorado em Engenharia de Produção). UFPB, Paraíba, 2007.

CRESPO, C. C., RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: TIC2007: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 3., 2007, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2007.

FERREIRA, R. C. Resumo da dissertação. In: _____. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações.** 161 f. (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

FERREIRA, R. C. et al. Modelagem sistêmica de projetos de AEC em UML. **Gestão & Tecnologia de Projetos.** São Carlos, v. 2, n. 2, p. 52-67, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/gestaodeprojetos/>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

FERREIRA, S. L.; KAWANO, A.; OLIVEIRA, A. L. L. Aplicação para estudo do objeto luminária através do padrão IES LM-63. In: TIC2005: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 2., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2005. 1 CD.

FERREIRA, S. L. Resumo da tese. In: _____. **Proposta de ampliação do modelo IFC com a contribuição do IES LM-63:** a luminária no ciclo de vida da edificação. 185 f. (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

_____. Extração de Quantitativos do IFC para Melhor Estimativa de Custos da Construção. In: GRAPHICA2009: Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes E No Desenho, 8., 2009, **Anais...** Bauru, UNESP, 2009. 1 CD.

_____. Da engenharia simultânea ao modelo de informações de Construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Paraná: UFPR, 2007.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: TIC2007: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007.

GONÇALVES, R. F. et al. Um modelo em UML para a representação sistemática de projetos AEC. In: TIC2007: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007.

MARCOS, M. H. C. Análise da emissão de CO₂ em edificações através do uso de uma ferramenta CAD-BIM. In: SiGraDi 2009: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 13., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. 1 CD.

_____. Resumo da dissertação. In: _____. **Análise da emissão de CO₂ na fase pré-operacional da construção de habitações de interesse social através da utilização de uma ferramenta CAD-BIM.** 129 f. (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2009. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

MARIA, M. M. Resumo da dissertação. In: _____. **Tecnologia BIM na arquitetura.** 100 f. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

MENEZES, A. M. et al. A adequação (ou não) dos aplicativos BIM às teorias contemporâneas de ensino de projeto de edificações. In: SiGraDi 2010: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 14., 2010, Bogotá, Colômbia. **Anais...** Bogotá: Universidad de Los Andes, 2010. 1 CD.

MONTEIRO, A.; SANTOS, E. T. O Uso de Modelagem Generativa para Representação de Modulações de Alvenarias em Ferramentas BIM. In: SiGraDi 2009: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 13., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. 1 CD.

MONTEIRO, A.; FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. Algumas abordagens para representação detalhada de elementos de paredes de alvenaria em ferramentas BIM. In: TIC2009: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 4., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANTAC, 2009.

_____. Paradigmas de representação de modulação de alvenarias em ferramentas BIM. **Gestão & Tecnologia de Projetos.** São Carlos, v. 4, n.

2, p. 54-75, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/gestaodeprojetos/>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

MORAES, M. C. Resumo da dissertação. In: _____. **Impactos e usos derivados do BIM em projetos de arquitetura e engenharia.** 120 f. (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

MOREIRA, T. P. F. Resumo da dissertação. In: _____. **A influência da parametrização dos softwares CADD arquiteturais no processo de projetação arquitetônica.** 232 f. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasilia, 2008. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

NARDELLI, E. S. Preparación de Ponencias para SiGraDi 2008 y la Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura CCIA 2008 (sic). In: SiGraDi 2008: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 12., 2008, Havana, Cuba. **Anais...** Havana: CUJAE, 2008. 1 CD.

NARDELLI, E. S. Tecnologia digital avançada na produção de Habitações de Interesse Social – HIS no Brasil. In: SiGraDi 2010: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 14., 2010, Bogotá, Colômbia. **Anais...** Bogotá: Universidad de Los Andes, 2010. 1 CD.

NEVES, J. R. G. Resumo da dissertação. In: _____. **Diretrizes para melhorias na produção de estrutura de concreto visando a redução de perdas:** um estudo de caso. 128 f. (Mestrado em Engenharia Civil). UNISINOS, Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

OLIVEIRA, M. de L. Ensino da Geometria Projetiva nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, em tempos de CAD/BIM. In: SiGraDi 2009: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 13., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. 1 CD.

PUPO, R.; CELANI, G. Trends in Graduate Research on IT & Architecture: a Qualitative Comparison of Tendencies in Brazil and abroad. Predicting the Future. In: eCAADe Conference, 25. , 2007, Frankfurt. **Anais...** Disponível em: <http://CumInCAD.scix.net/cgi-bin/works>Show?ecaade2007_228>. Acesso em: 18 fev. 2011

RIBEIRO, J. T. G.; SILVA, N. F.; LIMA, E. M. "Building Information Modeling" como instrumento de projetos aeroportuários. In: SiGraDi 2009: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 13., 2009, São Paulo. Anais... São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. 1 CD.

RIBEIRO, J. T. G. Resumo da dissertação. In: **Modelagem de informações de edificações aplicada no processo de projetos aeroportuários**. 140 f. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasilia, 2009. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

ROMERO, J. M.; SCHEER, S. Potencial da Implementação da BIM no Processo de Aprovação de Projetos de Edificação na Prefeitura Municipal de Curitiba. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção De Edifícios, 9., 2009, São Carlos. **Anais...** São Paulo: USP, 2009.

RUSCHEL, R. C.; GUIMARÃES FILHO, A. B. Iniciando em CAD 4D. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção De Edifícios, 8., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

SANTOS, E. T. Building Information Modeling and Interoperability. In: SiGraDi 2009: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 13., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. 1 CD.

SCHEER, S. et al. Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção De Edificios, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Paraná: UFPR, 2007.

SCHEER, S. et al. Collaborative CAD modeling process analysis to support teamwork for building design. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v. 4, n. 1, p. 124-135, maio 2009. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/gestaodeprojetos/>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

SCHEER, S.; AYRES FILHO, C. G. Abordando a BIM em níveis de modelagem. In: Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção De Edifícios, 9., São Carlos. **Anais...** São Paulo: USP, 2009.

SOUZA, L. L. A. Resumo da dissertação. In: **Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de arquitetura**. 108 f. (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/Teses.do>>. Acesso em: 26 fev. 2011.

SOUZA, L. L. A.; LYRIO, A. M.; AMORIM, S. R. L. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. In: TIC2009: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 4., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANTAC, 2009.

_____. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São

Carlos, v. 4, n. 2, p. 26-53, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/gestaodeprojetos/>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

VASCONCELLOS, L. de, MARITAN, F. S. O processo de projeto arquitetônico mediado por computador: um estudo de caso com o Autodesk REVIT Architecture – Tecnologia BIM. In: GRAPHICA2009: Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes E No Desenho, 8., 2009, Anais... Bauru, UNESP, 2009. 1 CD.

VINCENTE, C. C. Ensino de Projeto: Digital ou Manual? In: SiGraDi 2006: Congresso da Sociedade Iberomericana de Gráfica Digital, 10., 2006, Santiago do Chile. Anais... Santiago do Chile: Universidad de Chile, 2006. 1 CD.

Capítulo 10. BIM - competências e perfis profissionais

Competências de Especialistas BIM: uma Análise Comparativa da Revisão da Literatura e Anúncios de Emprego

Maria Bernardete Barison
Eduardo Toledo Santos

Resumo

Uma efetiva implementação e uso de processos e tecnologias BIM requerem a inclusão de novos profissionais em organizações AEC. Cada posição deve ter particulares competências. Na tentativa de atender a demanda do mercado para esses profissionais, as universidades estão se esforçando para integrar BIM em seus currículos, especialmente nas áreas de Arquitetura, Engenharia Civil e especialização em Gerenciamento da Construção. No entanto, para garantir um bom planejamento de como integrar BIM nos currículos desses cursos, é necessário descobrir quais competências são requeridas de profissionais BIM. A mesma informação é útil para empresas que adotam modelos de gestão por competências ou aquelas que precisam selecionar e recrutar especialistas BIM. Este artigo descreve os resultados de um projeto de pesquisa que se baseou no método 'Análise de Conteúdo' de anúncios de emprego BIM e literatura técnica. Listas de competências de ambas as fontes foram compiladas e comparadas. Os resultados da análise mostram que, embora existam focos diferentes, tanto o mercado de trabalho quanto especialistas estão, de uma forma geral, de acordo sobre quais competências um Gerente BIM deve possuir para ter um bom desempenho.

Originalmente publicado em: BARISON, M. B. ; SANTOS, Competencies of BIM Specialists: Comparative Analysis of Literature Review and Job Ad Descriptions. ASCE 2011 WORKSHOP OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, **Anais...** Miami, EUA, Junho, 2011. (traduzido)

1. Introdução

Com o aumento dramático na demanda por tecnologia BIM em todo o mundo, a escassez de pessoas com competências BIM tornou-se uma restrição significativa que atrasa e retarda o uso de BIM (SACKS; BARAK, 2010). Treinamento tem sido identificado como uma questão-chave na adoção de BIM (GU; LONDON, 2010), como membros da equipe cada vez mais precisam o conhecimento e as competências adequadas, que lhes permitam participar em processos de capacitação BIM.

Instituições de ensino superior não serão capazes de atender a esta demanda no curto prazo. Isto significa que as empresas terão que desenvolver rapidamente as habilidades BIM internamente entre os seus funcionários (SMITH; TARDIF, 2009). Uma estratégia alternativa que tem sido adotada para amenizar este problema é a terceirização de serviços, contratando empresas especializadas para treinamento de pessoal ou para ajudar na construção de modelos. Uma solução de médio e longo prazo é ensinar competências BIM nas escolas. Educação (não no sentido de treinamento) será o maior investimento requerido para isto (SMITH; TARDIF, 2009). Porém, ainda não estão definidas quais são as funções BIM e suas respectivas competências.

2. Competências

Nos países da América do Norte, competências são consideradas como sendo um conjunto de características (conhecimentos, habilidades e atitudes) que fundamentam (afetam) um desempenho bem-sucedido (ou comportamento) do indivíduo no trabalho (SLIVINSKI; MILES, 1996). Na Europa, competências são entendidas de forma diferente: os empregados demonstram a posse de uma competência quando atingem ou excedem os resultados esperados em seu trabalho (PARRY, 1996).

As empresas devem selecionar competências em termos práticos e concretos e que estejam alinhadas com os objetivos da organização. Zingheim e Schuster (2009) recomendam manter programas de competência relativamente simples e fáceis de entender. Hoff (2010) descreve as etapas necessárias para a criação de um modelo de competências: coleta de informações sobre um trabalho (tarefas e competências); criação de um esboço do modelo de competências, obtenção de feedback quantitativo e qualitativo para medir competências e refinamento do modelo final.

O presente estudo aborda a seguinte questão de pesquisa: ‘quais são as competências individuais necessárias para desempenhar funções relacionadas ao BIM?’ Esta questão está limitada ao primeiro dos passos citados acima que são necessários para a criação de um modelo de competências para especialistas BIM.

Devido às diferentes origens do termo ‘competência’ e à vasta gama de tipos de competências, este termo tem sido definido de várias formas. Para os propósitos deste estudo, as definições que são consideradas são aquelas relevantes para o domínio de recursos humanos

Embora muitos estudos sobre o tópico ‘competência’ foram publicados nos últimos anos, o conceito de competência é muitas vezes confundido com outros termos tais como aptidão, qualificação, capacidade/habilidade, conhecimento e atitude (ver Tabela 1). O presente estudo demarca competências individuais de acordo com os termos e definições apresentados na Tabela 1.

Termos	Definições
Aptidão	Capacidade natural para adquirir tipos de conhecimentos ou habilidades relativamente gerais ou especialistas (COLMAN, 2001).
Qualificações	Grau educacional e anos de experiência profissional.
Habilidade/ Capacidade	Capacidade é uma habilidade desenvolvida, competência, ou força para fazer algo; capacidade existente para desempenhar alguma função, sem educação ou treinamento (COLMAN, 2001). Habilidade é uma composição de capacidade, técnica e conhecimento que permitem alguém completar uma tarefa em um elevado padrão.
Conhecimento	‘Base de conhecimento necessário para entender o que precisa ser feito. O indivíduo precisa ter conhecimento para aprender a fazer alguma tarefa.
Atitude	Uma predisposição (estável, duradoura e aprendida) para responder a certas coisas de uma certa maneira (STATT, 1998).

Tabela 1 – Termos e definições para competências individuais

3. Metodologia

Com o objetivo de buscar referências de quaisquer competências que os especialistas BIM possam precisar, realizou-se um levantamento da literatura técnica. Também foram pesquisados vários anúncios de emprego do principal mercado de trabalho para carreiras relacionadas a BIM (por exemplo, aquelas dos Estados Unidos) a partir da Internet, particularmente dos sites ‘BIM Wiki’ e ‘LinkedIn’.

As descrições de cargos analisados são provenientes de mais de 20 grandes empresas nos EUA, algumas delas com filiais internacionais. Assim, este estudo limitou-se ao contexto social em que estes trabalhos estão sendo solicitados.

Utilizando dados a partir de descrições de cargos BIM e literatura técnica realizou-se um processo de ‘Análise de Conteúdo’ (KRIPPENDORF, 2004). Este processo envolve a categorização qualitativa de dados textuais em grupos de entidades similares ou categorias conceituais, a fim de identificar padrões e relações entre temas, que podem ser identificados a priori ou emergir da análise. Neste método, os textos são desintegrados em ‘Unidades de Registro’. Este estudo identificou as unidades por autor e por cargo.

Tanto a revisão da literatura quanto as descrições de emprego cobriram competências individuais de acordo com as cinco categorias identificadas na Tabela 1. Esta lista de competências foi gerada a partir das responsabilidades e funções de diversas profissões BIM de ambas as fontes. Em seguida foi realizada ‘Análise Comparativa’ entre as competências exigidas pelo mercado de trabalho para as carreiras relacionadas a BIM e aquelas citadas na literatura.

4. Resultados

Entre 2009 e 2010 foram coletados e analisados vários anúncios de emprego sobre cargos relacionados a BIM publicados on-line ($N=31$). Embora existam variados títulos para os cargos dos anúncios, neste trabalho procurou-se padronizar suas classificações. A Tabela 2 apresenta um resumo estatístico da amostra (dividida em categorias de emprego e empresa).

Especialista BIM	Número de anúncios (%)	Empresa	Número de anúncios (%)
Gerente BIM	22 (71%)	Construção	12 (38.7%)
Modelador BIM	3 (9.7%)	Projetos de Arquitetura	7 (22.6%)
Treinador BIM	2 (6.5%)	Projetos de Instalações	4 (13%)
Diretor de Tecnologias BIM	1 (3.2%)	Consultoria	3 (9.6%)
Consultor BIM	1 (3.2%)	Desenvolvedor e Vendedor	3 (9.6%)
Gerente de BIM Marketing	1 (3.2%)	(Ferramentas e Serviços)	
Engenheiro de suporte para aplicações de software BIM	1 (3.2%)	Coordenação de Projetos	2 (6.5%)

Tabela 2 – Estatística da amostra de anúncios de cargos BIM

A análise foi restrita ao tipo mais frequente de especialista BIM (o Gerente BIM), uma vez que a amostra era muito pequena para obter resultados significativos para os outros especialistas. Como o Gerente BIM é o profissional responsável pela maioria das tarefas relacionadas a BIM nas empresas, incluindo a implementação e treinamento de BIM (BARISON; SANTOS, 2010), é natural que a maioria dos anúncios de emprego busquem esse tipo de profissional, especialmente nesta fase inicial em que a maioria das empresas está ainda iniciando nesta tecnologia.

Os resultados da ‘Análise do Conteúdo’ que foi conduzida para os anúncios de emprego e literatura encontram-se resumidos na Tabela 3. Nesta tabela, os números entre parênteses () na coluna da esquerda referem-se ao número de anúncios que citam o item, e aqueles entre colchetes [] na coluna da direita, referem-se a publicações na seção de referência, que são marcadas da mesma maneira. Nos anúncios de emprego que foram coletados não foram mencionadas ‘aptidões.

	Anúncios* (N=22)	Autores** (N=24)
Aptidão		Capacidade para trabalhar com computadores, habilidades de observação e planejamento que permita uma boa visualização do edifício antes de ser construído [17]
Educação	Desde Ensino Superior e diploma técnico (4) até a graduação, mas usualmente graduação (12) é exigida em Arquitetura, Engenharia, Gerenciamento da Construção, ou um campo relacionado	Graduação (ou equivalente) Gerenciamento da Construção, Engenharia ou Arquitetura [11]
Experiência	Normalmente 5 a 7 anos (6,1)	Normalmente 3 a 4 anos [11]
Habilidades e capacidades	Capacidade com múltiplas aplicações BIM (19) Comunicação oral e escrita (12) Organização e priorização (10) Experiência em dar treinamentos para empregados (5) Implementação de BIM na companhia (5) Habilidades de apresentação (4) Trabalho em ambiente colaborativo (4) Entender desenhos de construção (3) Uso de linguagem de programação (3) Liderança (3) Habilidades interpessoais (2) Mentoring (2) Entender BIM (2) Trabalhar independentemente (2) Fazer estimativas de custos com ferramentas BIM (2) Usar ferramentas de planejamento de cronograma (2) Gerenciamento (1) Gerenciamento do tempo (1) Comunicação gráfica (1) Prosperar frente aos desafios (1) Comprometimento (1)	Pensamento crítico [1, 3, 5,12,13,15,18,23] Comunicação oral e escrita [1,8, 11, 15, 16, 19, 20, 23] Pensamento sistêmico [12, 17, 18, 19, 20,23] Gerenciamento [4,6,7,8,14,20] Trabalho de equipe coordenado [8, 9,10,16] Capacidade de manipulação de aplicações BIM [4,7,20,21] Compreensão de processos [8, 16] Habilidades de apresentação [1, 20] Pensamento crítico e lateral [18] Integração de novos materiais em projetos [2] Conduzir novos tipos de análises [2] Implementação e manutenção de BIM na companhia [8, 14] Fazer estimativas de custos com ferramentas BIM [8] Usar ferramentas de cronograma, detecção de interferências, simulação 4D, logísticas, planejamento da segurança [8] Manipulação de objetos seguindo regras prescritas [3] Aprendizagem independente [1]

Conhecimento	Processo de Construção/Projeto (3) Processo de fluxo de trabalho BIM (3) Custos de construção, cronogramas e riscos financeiros (2) Projeto baseado no objeto paramétrico (1) Desenhos de construção (1) Conceitos BIM /IPD (1) Gerenciamento de Projeto BIM (1) Tecnologia para sistemas colaborativos (1)	Tecnologia de Informação [4,5,11,12,14,15,20,22] Processo de construção [1,4,5,12,15] Gerenciamento [1,14,16,22] Processo de coordenação BIM [1,6] Processos BIM/IPD, Padrões BIM [14,24] Outras disciplinas [16]
Atitudes	Autodirigido e motivado (4) Entusiástico sobre o potencial de BIM (3) Entusiástico para fazer inovações técnicas (2) Disposto a agir como um membro do time (2) Motivado para aprender continuamente (1) Pensar em qualidade (1) Mostrar iniciativa (1) Disposto a viajar (1)	Ser um membro do time [1,16,18] Ter motivação para aprender continuamente [1] Ser envolvido e interessando em BIM [7] Apreciação de valor à prática profissional [5] Não ser muito ambicioso [8]

*(Número de anúncios)

** [Referências na seção de Referências]

Tabela 3 – Competências requeridas de um Gerente BIM em anúncios de emprego BIM e especificado na literatura técnica. Os itens são listados em ordem decrescente de frequência.

5. Discussão

Em termos de Educação, os requisitos coletados a partir de anúncios de emprego indicam que as empresas às vezes aceitam candidatos com um grau menor do que o estipulado na literatura. Isto é provavelmente porque as responsabilidades específicas de um Gerente BIM variam muito entre as empresas, por vezes, sendo dada prioridade aos técnicos ao invés de questões de gerenciamento, nestes casos, um grau mais elevado pode não ser necessário. Por outro lado, no que diz respeito à experiência, em média, o mercado espera mais profissionais que tenham trabalhado durante um período de tempo maior

do que o que é registrado na literatura (5-7 vs 3-4 anos).

Tanto as empresas de AEC, quanto os autores revisados consideram algumas habilidades básicas, como a comunicação oral, o trabalho colaborativo de equipe e de gestão muito importante para um Gerente BIM.

Em contraste, a análise também mostrou que o mercado de trabalho está mais focado em habilidades funcionais relacionadas com os sistemas e capacidades tecnológicas, especialmente habilidades em software/aplicações BIM, enquanto que a literatura está mais preocupada que o Gerente BIM tenha as habilidades básicas de pensamento crítico e sistêmico.

Em relação ao conhecimento de domínio necessário, a literatura sugere que as tecnologias de informação, processos de construção e gestão são as áreas mais importantes que um gerente BIM deve dominar. O mercado de trabalho também espera que os profissionais tenham este mesmo conhecimento de domínio, embora ele focalize mais em específicas atividades suportadas por BIM.

Finalmente, o mercado de trabalho procura contratar profissionais autodirigidos, que sejam motivados pelos benefícios da tecnologia BIM, bem como aqueles que têm uma atitude positiva para trabalho em equipe, enquanto que a literatura concentra-se com mais frequência na necessidade de atitudes favoráveis ao trabalho em um ambiente de equipe.

5.1. Um competente Gerente BIM

Com base nas informações de 22 anúncios de emprego e 24 artigos técnicos foi definido um perfil para um competente Gerente BIM, conforme descrito abaixo.

A Gerente BIM competente deve possuir diploma de bacharelado em uma área relacionada a AEC e ter pelo menos 5 anos de experiência profissional. Para ser nomeado para essa posição, um profissional precisa ter habilidades básicas e funcionais: a primeira consiste principalmente de habilidades de comunicação e habilidades de pensamento (crítico e analítico). A habilidade funcional mais importante é a capacidade para trabalhar com múltiplos softwares BIM, ferramentas que ele/ela irá usar no dia a dia. As habilidades funcionais interpessoais de trabalho em equipe e liderança são também muito importantes para um Gerente BIM, bem como competências de Gerenciamento. Um Gerente BIM competente também deve possuir capacidades cognitivas para entender conceitos BIM e desenhos e processos de construção. Além disso, o especialista deve ter as capacidades necessárias para a implementação de BIM, dar suporte e treinamento e, para coordenar assim como desenvolver modelos BIM.

Quanto à questão de esperteza, um Gerente BIM competente precisa estar familiarizado com o seguinte: tecnologia de informação, processos de projeto e construção, gestão, padrões BIM, fluxo de trabalho BIM, práticas de coordenação, gestão do empreendimento, custos e desenhos de construção, cronogramas e riscos financeiros, projeto baseado no objeto paramétrico e outras disciplinas.

Contudo, essas qualidades não são suficientes, a menos que acompanhadas por atitudes positivas, como por exemplo, ser autodirigido, altamente motivado, envolvido e interessado em BIM e seus novos suportes tecnológicos. Além disso, é essencial ser um membro da equipe, um eterno aprendiz, ter iniciativa, estar sempre pronto para ensinar outros e viajar para filiais quando necessário.

6. Conclusões

Este estudo identificou as competências de um especialista BIM por meio de 'Análise de Conteúdo' comparando várias descrições de cargos com os dados da literatura. Por este método, foi possível identificar o perfil do Gerente BIM.

A análise comparativa entre os anúncios de emprego e a literatura revelou vários padrões para o tipo de competências requeridas pelos Gerentes BIM que as universidades devem desenvolver o mais breve possível. Entre aquelas estão capacidades que geralmente são desenvolvidas em cursos de Ensino Superior de qualidade, como o trabalho em equipe, habilidades de comunicação e habilidades de pensamento crítico e analítico. Outras capacidades requerem mudanças ou adaptações nos currículos para incluir o seguinte: contato com várias ferramentas BIM, padrões BIM, fluxo de trabalho BIM, práticas de coordenação e gerenciamento de projetos suportados por BIM, desenvolvimento de desenhos de construção, fazer estimativas e cronogramas com aplicações BIM e um conhecimento de conceitos de projeto baseados em objeto paramétrico.

Contudo, este estudo ficou sujeito a certo número de restrições. Os anúncios de emprego analisados são apenas de grandes empresas principalmente localizadas nos Estados Unidos. Não foi possível discutir diferenças entre os tipos de especialistas BIM porque havia muito pouca informação sobre os outros especialistas, além do Gerente BIM. O estudo ficou limitado ao primeiro passo para a criação de um modelo de competência. Estudos futuros para coleta de feedback quantitativo e qualitativo de profissionais BIM para apoiar as competências listadas aqui poderia refinar e finalizar um modelo de competências.

Referências

Observação: o número entre colchetes [] no final de algumas referências se refere à Tabela 2.

ALLISON, H. **10 Things every BIM Manager should know.** Vico Guest Blogger Series, 2010. Disponível em:<<http://www.vicosoftware.com/vico-blogs/guest-blogger/tabid/88454/bid/22833/10-Things-Every-BIM-Manager-Should-Know.aspx>>. Acesso em 21 dez. 2010. [1]

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. An overview of BIM specialists. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2010, Nottingham. **Proceedings**...Nottingham: Nottingham University Press, 2010b. p. 141. Disponível em:<<http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf71.pdf>>. Acesso em: 21 Jun. 2011.

BRONET, F., et al. The Future of Architectural Education. In: AIA TAP PM Workshop White Paper 2007. [2]

CASEY, M. J. BIM in Education: Focus on Local University Programs. In: BUILDINGSMART ALLIANCE™ NATIONAL CONFERENCE: Engineering, & Construction, 2008, Washington. **Proceedings**...Disponível em: <http://projects.buildingsmartalliance.org/files/?artifact_id=1809>. Acesso em 9 jan. 2011. [3]

CHASEY, A. D.; PAVELKO, C. Industry Expectations Help Drive BIM in Today's University Undergraduate Curriculum. JBIM – **Journal of Building Information Modeling**, Fall 2010. p. 31-32. Disponível em: http://www.wbdg.org/pdfs/jbim_fall10.pdf Acesso em jun. 2011. [4]

CHENG, R. **Questioning the role of BIM in architectural education.** AECBytes. 2006. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/viewpoint/2006/issue_26.html>. Acesso em 9 dez. 2007 [5]

COLMAN, A. M. **A Dictionary of Psychology. 2001.** Oxford University Press, Oxford. COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM (CICRP). BIM Project Execution Planning Guide – Version 1.0, 2009. The Pennsylvania State University, Pennsylvania, PA. [6]

COOPERATIVE RESEARCH CENTRE FOR CONSTRUCTION INNOVATION (CRCCI). **National Guidelines for Digital Modelling.** 2009. Disponível em: <http://www.construction-nnovation.info/images/pdfs/BIM_Guidelines_Book_191109_lores.pdf> Acesso em 21 set. 2010[7]

C3CONSULTING. Project-Level BIMM. **Infocus**. 2009. Disponível em: <<http://c3consulting.com.au/newsletter/infocus-october-2009.html>>. Acesso em 21 set. 2010. [8]

DOSSICK, C. S.; NEFF, G.; HOMAYOUNI, H. The Realities of BIM for Collaboration in the AEC Industry. In: Construction Research Congress 2009. **Proceedings...** Disponível em: <<http://www.ascelibrary.org>> Acesso em 21 set. 2010. [9]

DUKE, P; HIGGS, S.; McMAHON, W, R. **Integrated Project Delivery:** the value proposition. An Owner's Guide for Launching a Healthcare Capital Project via IPD. KLMK Group, 2010. Disponível em: <http://www.klmkgroup.com/IPD_Summary.php> Acesso em nov. 2010. [10]

EASTMAN, C. et al. **BIM handbook:** a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008a. [11]

GALLELLO, D. **The BIM Manager.** AECbytes, 2008. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_34.html> Acesso em 21 set. 2010. [12]

GREEN, R. **What's the BIM Deal-Part 3?** Cadalyst, 2009. Disponível em: <http://www.cadalyst.com/collaboration/building-information-modeling/what039s-bim-deal-part-3-12923?page_id=2>. Acesso em 30 out. 2009. [13]

GU, N.; LONDON, K. **Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry.** 2010. Automation in Construction, 19, 988–999.

HARDIN, B. BIM and construction management: Proven tools, methods and workflows. 2009. John Wiley & Sons, Hoboken. [14]

HJELSETH, E. Mixed approach for SMARTlearning of buildingSMART. In: 7TH EUROPEAN CONFERENCE ON PRODUCT AND PROCESS MODELLING, Sophia Antipolis, 2008. **Proceedings...** London: ZARLI, A.; SCHERER, R. eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction. 2008. p. 531-537. [15]

HOFF, D. **The Role of Competencies in Career Development.** EASI-Consult. 2010. Disponível em: <<http://www.easiconsult.com/articles/dhoff-compsincareers.html>> Acesso em: 28, Out., 2010.

HOMAYOUNI, H.; NEFF, G.; DOSSICK. Theoretical Categories of Successful Collaboration and BIM Implementation within the AEC Industry. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2009. **Proceedings...** Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/41109\(373\)78](http://dx.doi.org/10.1061/41109(373)78)> Acesso em junho de 2012. [16]

KYMMELL, W. **Building information modeling: planning and managing**

construction projects with 4D CAD and simulations. New York: Mc Graw Hill, 2008.

LANE COMMUNITY COLLEGE. DRF 220 Course outline: Building Information Modeling. 2007. [17]

KRIPPENDORFF, K. **Content analysis:** an introduction to its methodology. 2nd ed. Sage, Thousand Oaks, CA, 2004.

ÖNÜR, S. IDS for Ideas in Higher Education Reform. In: CIB IDS, FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMPROVING CONSTRUCTION AND USE THROUGH INTEGRATED DESIGN SOLUTIONS. June 2009. Espoo. **Proceedings...** Disponível em:< <http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2009/S259.pdf>> Acesso em: 29 out 2009. [18]

OWEN, R. **Integrated Design & Delivery Solutions.** CIB White Paper on IDDS, 2009. CIB. The Netherlands. [19]

PARRY, S. B. The quest for competencies. **Training**, Lakewood Publications, 33(7), 48-54. 1996.

PENTTILÄ, H.; ELGER, D. New Professional Profiles for International Collaboration in Design and Construction. In: eCAADe 2009. **Proceedings...** Disponível em: <http://www.mittaviiva.fi/hannu/studies/ecaade2008_penttila_elger.pdf> Acesso em: 30 Out. 2009. [20]

SACKS, R.; BARAK, R. Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education, **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice.** v 136, n 1, January, 2010. pp. 30-38. [21]

SEBASTIAN, R. Changing roles of architects, engineers and builders through BIM application in healthcare building projects in the Netherlands. In: CHANGING ROLES, NEW ROLES, NEW CHALLENGES. Noordwijk Aan Zee, 2009. **Proceedings...** Disponível em: < <http://www.changingroles09.nl/uploads/File/Final.Sebastian.pdf>> Acesso em: 16 nov. 2009. [22]

SLIVINSKI, L. W.; MILES, J. **Wholistic competency profile.** Personnel Psychology Centre, Public Service Commission of Canada. 1996.

SMITH, D.; TARDIF, M. **Building Information Modeling:** A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. 2009. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.

STATT, D. A. **Concise dictionary of Psychology.** 3rd. ed., Routledge, London. 1998.

TATUM, C.B. Champions for Integrated Design Solutions. In: CIB IDS, First International Conference on Improving Construction and Use Through

Integrated Design Solutions. June 2009. Espoo. **Proceedings**. Disponível em:<<http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2009/S259.pdf>>. Acesso em 29 out. 2009. [23]

U. S. GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA). **Nationwide Building Information Modeling (BIM) and Related Professional Services**. 2009. Disponível em: <<https://www.fbo.gov/spg/GSA/PBS/PHA/GS-00P-09-CY-D-0136/listing.html>>. Acesso em 30 ago. 2009. [24]

ZINGHEIM, P. K.; SCHUSTER, J. R. Competencies replacing jobs as the compensation/HRfoundation. **Worldat Work Journal**, 18(3),6-20. 2009.

Capítulo 11. Uso de BIM no mercado

Artigo 1

Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas

**Maria Bernardete Barison
Eduardo Toledo Santos**

Resumo

O objetivo deste estudo é apresentar o cenário atual da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo em termos de demanda por profissionais especializados em BIM. Para atingir este objetivo, foi realizada uma revisão sobre quais são as funções e responsabilidades de especialistas em BIM e seus papéis em cada etapa do fluxo de projeto BIM. Empresas do mercado da construção civil da cidade de São Paulo foram convidadas a responder um questionário online. Os resultados mostram que essas empresas desenvolvem com mais frequência modelos de arquitetura, disciplina mais representada nos seus projetos e obras. A maioria das empresas implantou treinamentos, desenvolveu materiais de aprendizagem, templates e bibliotecas de componentes e contratou consultoria, contudo, ainda não compartilham modelos por falta de colaboradores. Quando o fazem, é apenas para fins de visualização e verificação de interferências, sob gerenciamento da construtora. Os projetistas passam a ser Modeladores BIM e Coordenadores de Projetos assumem o papel do Gerente do Modelo. Nas grandes empresas, o Gerente de TI ou o especialista em BIM assumem o papel de Gerente BIM. Cargos de Analista BIM e Facilitador BIM não são demandados pois as atividades que desempenham ainda não são praticadas pelas empresas.

Originalmente publicado em:: 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: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais Eletrônicos**... Salvador: Faufba, 2011.

1. Introdução

Existem hoje grandes construtoras, assim como médias e grandes empresas de projetos, que estão contratando profissionais especializados em Building Information Model(ing) (BIM), principalmente em países onde esta tecnologia é mais difundida.

Com o propósito de apresentar o atual cenário da implementação de BIM no Brasil, em termos de demanda por profissionais, o presente estudo realizou uma pesquisa com algumas empresas situadas na cidade de São Paulo. Inicialmente são apresentados resultados de uma breve revisão da literatura a respeito das funções e responsabilidades de especialistas em BIM e um modelo do fluxo de trabalho BIM no Brasil.

2. Especialistas BIM

Baseado em revisão da literatura técnica internacional Barison e Santos (2010) identificaram profissionais BIM atuando em contextos que oferecem suporte ao mercado de Arquitetura, Engenharia e Construção e Gerenciamento de Facilidades (AEC/GF) tais como: consultoria, indústria de software e ambientes de construção virtual (universidades, institutos de pesquisas e agências governamentais), o que pode ser observado na Figura 1.



Figura 1 – Hierarquia de especialistas BIM em alguns contextos

O especialista BIM atua preferencialmente em empresas do setor de AEC/GF, onde pode assumir cargos no eixo de carreira profissional como Analista BIM, Facilitador BIM e Modelador BIM e no eixo de carreira gerencial, como Gerente BIM (ver Figura 2).

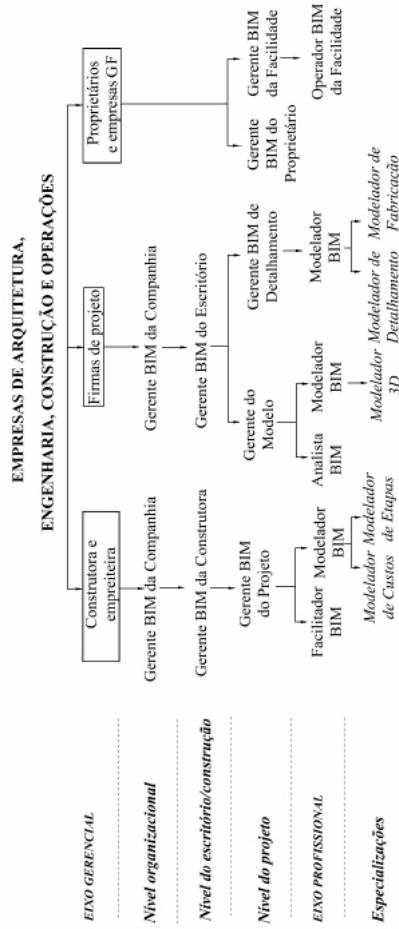


Figura 2 – Hierarquia de especialistas BIM em empresas do setor de AEC

Embora possam existir vários profissionais especializados em BIM, na prática um único profissional pode executar as tarefas de um ou mais especialistas, dependendo da complexidade do projeto e do tamanho da companhia em que trabalha. O Quadro 1 apresenta a principal função e responsabilidade de cada especialista.

2.1. Gerente BIM

Os deveres do Gerente BIM podem variar conforme o tamanho da empresa. Em grandes empresas com múltiplas filiais e, eventualmente, localizadas em vários países, este profissional pode agir no nível organizacional, definindo políticas e estratégias para toda a companhia. O Gerente BIM pode também agir localmente ou ao nível do escritório/construtora, gerenciando alguns projetos de acordo com os padrões estabelecidos para o escritório/construtora. Por fim, o Gerente BIM pode também atuar no nível de projeto (ver Figura 2 e Quadro 1).

Focalizando na produção do modelo, o Gerente do Modelo é responsável pelo gerenciamento da colaboração e do compartilhamento dos arquivos eletrônicos que ocorrem durante o desenvolvimento do projeto e sua principal função é integrar informações provenientes de diferentes agentes. Cada parte pode determinar um Gerente do Modelo para o projeto (BARISON e SANTOS, 2010).

O Gerente do Modelo pode atuar em empresas de projeto de arquitetura, estruturas, instalações (Gerente BIM de detalhamento) ou em construtoras (Gerente BIM do Projeto). O Quadro 2 lista outros deveres deste especialista e o Quadro 3 apresenta demais funções do Gerente BIM que trabalha em empresas de projetos e em construtoras (nos dois níveis – matriz e filial).

Especialista BIM	Funções e Responsabilidades
Modelador BIM	Cria, desenvolve modelos BIM e extrai documentações deles
Modelador 3D	Cria a geometria nos modelos e trabalha com a equipe de projeto
Modelador de Custos	Insere no modelo informações sobre processos construtivos e recursos
Modelador de Etapas	Adiciona etapas aos recursos com base no planejamento do construtor
Modelador de Instalações	Desenvolve projetos de instalações prediais
Modelador de Fabricação	Cria os modelos 3D para fabricação a partir do modelo de construção
Analista BIM	Faz análises e simulações baseadas no modelo
Facilitador BIM	Auxilia pessoas no canteiro de obras a visualizar as informações do modelo
Operador BIM da Facilidade	Ajuda o Gerente de Facilidades a extrair informações dos modelos
Guardião BIM	Guarda, mantém e administra modelos durante as fases de Operação e Manutenção da edificação
Especialista em Modelagem	Mapeia requisitos de troca de informações (ER) para classes IFC e Garante a integridade de dados trocados

Desenvolvedor de Software e aplicações BIM	Desenvolve e personaliza software para suportar a integração e o processo BIM
Consultor BIM	Orienta projetistas, desenvolvedores e construtores na implementação de BIM
Consultor BIM estratégico	Gera estratégias de médio e longo prazo baseadas em visão de realização.
Consultor BIM Funcional	Gera planos de ação de acordo com as estratégias
Consultor BIM Operacional	Executa o plano de implementação BIM
Consultor Registrado	Desenvolve plano de implementação BIM para fabricante de software
Pesquisador BIM	Coordena e desenvolve pesquisas sobre BIM.
Educador BIM	Ensina conceito, processos e ferramentas BIM em universidades
Gerente BIM	Gerencia pessoas na implementação e manutenção do processo BIM
Gerente BIM da Companhia	Estabelece e supervisiona comunicação entre filiais
Gerente BIM do Escritório	Implementa BIM no escritório e coordena equipes
Gerente do Modelo	Integra informações de diferentes agentes
Gerente BIM de Instalações	Gerencia e dá suporte aos modeladores de instalações
Gerente BIM da Companhia	Implementa BIM/IPD na companhia
Gerente BIM da Construtora	Estabelece padrões e processo BIM
Gerente BIM do Projeto	Cria e atualiza o modelo BIM de Construção
Gerente BIM da Facilidade	Gerencia a facilidade por meio de BIM
Gerente BIM do Proprietário	Supervisionar o processo BIM em nome do proprietário

Quadro 1 – Funções e Responsabilidades dos especialistas BIM

Cargo	Funções
Gerente do Modelo	<p>Assegura que as exigências de modelagem dos padrões BIM foram cumpridas</p> <p>Troca os arquivos entre agentes de outras disciplinas</p> <p>Carrega os modelos parciais nos servidores de troca de arquivos</p> <p>Prepara os modelos parciais para a revisão de coordenação</p> <p>Valida e controla o Nível de Detalhe dos modelos</p> <p>Combina ou liga os múltiplos modelos parciais</p> <p>Configura todos os novos projetos que deverão seguir os padrões BIM</p> <p>Cria estrutura padrão para a modelagem de objetos da biblioteca</p> <p>Converte objetos entregues pelos modeladores com base no padrão BIM</p> <p>Faz a modelagem de componentes que não são padronizados</p> <p>Faz a modelagem de geometrias complexas que requerem programação</p> <p><u>Define a estrutura e o Nível de Detalhe do modelo</u></p>
Gerente BIM de Instalações	Ajuda no estabelecimento e implementação de padrões BIM
Gerente BIM do Projeto	<p>Gerencia os fluxos entre subempreiteiros e fabricantes</p> <p>Trabalha no canteiro de obras para atualizar o modelo BIM</p> <p>Coordena o planejamento das etapas da obra e as atividades de cada etapa</p>

Quadro 2 – Funções do Gerente do Modelo

Cargo	Funções
Gerente BIM da Companhia em firmas de projeto	<p>Planeja treinamento para os funcionários</p> <p>Cria manual BIM para uso dos funcionários</p> <p>Mantém-se constantemente informado sobre as tecnologias BIM</p> <p>Participa de conferências e organizações da indústria</p> <p>Colabora com outros no desenvolvimentos de sistemas e ferramentas</p> <p>Desenvolve materiais de propaganda</p> <p>Avalia novos produtos BIM</p> <p>Responsável pela verificação de deficiências em software, hardware e rede</p> <p>Cria sistema de contratos para cada agente assumir suas responsabilidades</p>
Gerente BIM do Escritório	<p>Participa de reuniões do plano de desenvolvimento de um projeto BIM</p> <p>Ajuda no desenvolvimento de padrões BIM da empresa</p> <p>Implementa BIM em todos os projetos</p>

Gerente BIM da Companhia em firmas de construção	Ajuda a estimar custos/tempo para implementar e usar software BIM Lidera esforços BIM/IPD sobre os projetos da companhia Desenvolve plano de implementação BIM Forma pequeno grupo que, depois de treinado, desenvolve alguns pilotos Busca conhecer as ferramentas de TI utilizadas na empresa Fornece suporte para criação de departamento BIM na construtora
Gerente BIM da Construtora	Gerencia recursos (pessoas, hardware, software, bibliotecas) Recruta modeladores qualificados Fornece treinamento em conceitos e software BIM/ IPD Fornece ligação entre os modelos e equipamentos usados pela fabricação Promove confiança e credibilidade no BIM Mantém e expande relacionamentos e parcerias de projeto

Quadro 3 – Funções do Gerente BIM da Companhia/Escritório e Gerente BIM da Companhia/Construtora

3. O Processo BIM e o Papel dos Especialistas

O Proprietário (incorporadora/cliente) pode designar um Gerente BIM para interagir com as equipes, fornecer informações, fazer revisões no projeto e acompanhar a obra.

Cada consultor/projetista pode designar um Gerente do Modelo para o projeto. Este especialista estabelece as diretrizes e os padrões de modelagem de sua disciplina, que envolve o mapeamento do uso do modelo e a identificação das ferramentas e aplicativos BIM que serão utilizados.

O presente estudo dividiu o desenvolvimento de um modelo BIM em oito etapas (ver Figura 3) que serão explicadas a seguir.

1. Durante o estudo preliminar o Gerente do modelo de arquitetura cria o modelo **Conceitual** com base no programa de necessidades fornecido pelo Gerente BIM do proprietário. Os demais agentes fornecem feedback sobre normas técnicas, metas de desempenho e requisitos iniciais de construtibilidade, cronograma e custos da obra.

2. Durante o anteprojeto o Gerente do Modelo de **arquitetura** envia o

modelo de Arquitetura para os consultores/projetistas. Os consultores/projetistas desenvolvem seus modelos tendo como base o modelo de arquitetura.

3. Os consultores/projetistas enviam seus modelos parciais para o Gerente BIM do Projeto designado pelo construtor, que os revisa para garantir que estejam de acordo com as exigências daquela etapa. O Gerente BIM do Projeto faz a ligação dos modelos, elimina os objetos duplicados ou redundantes, dá um nome ao modelo de Coordenação e o deposita em uma plataforma de gerenciamento de projetos.

FLUXO DE TRABALHO BIM NO BRASIL

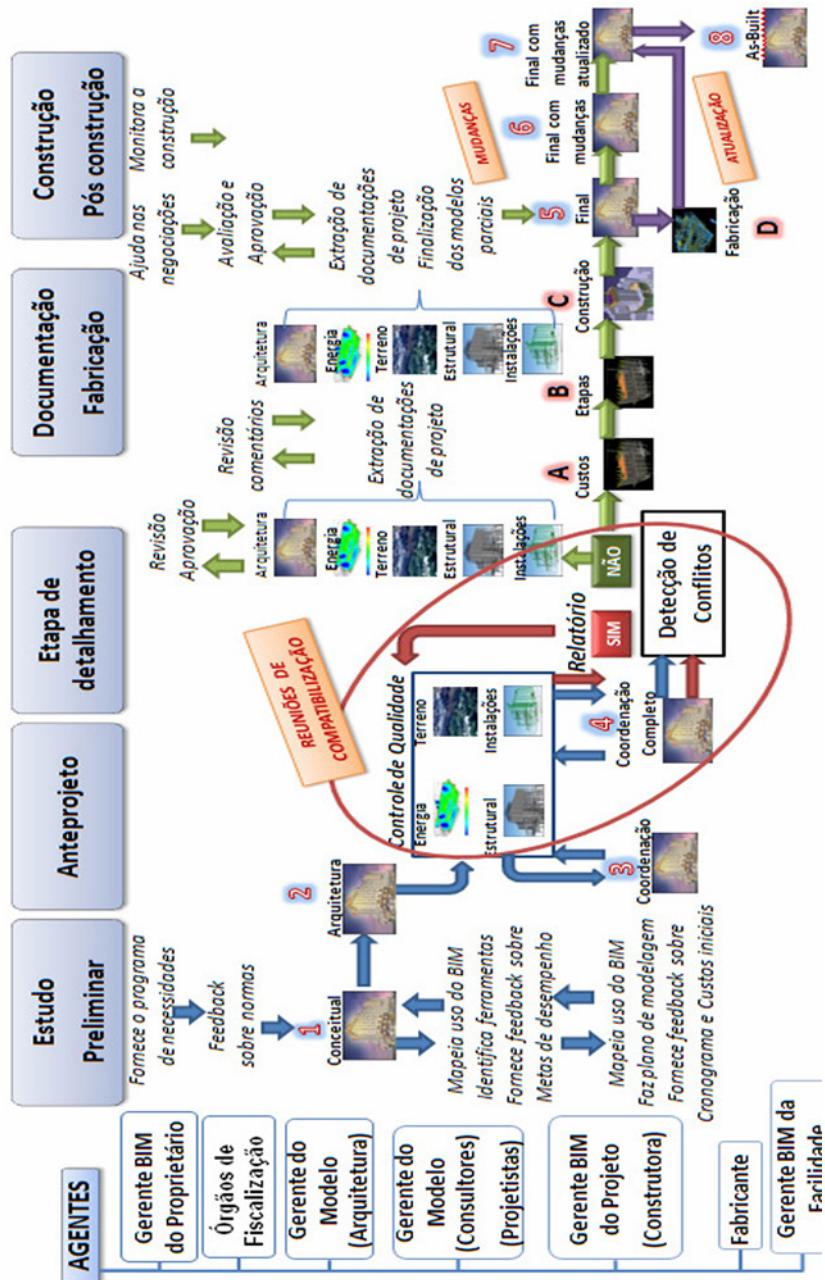


Figura 3 – Diagrama do fluxo de trabalho BIM no Brasil

Fonte: Adaptado de IU, 2009; AUTODESK, 2010; NTD, 2010 e ANDERSON, 2010.

Os Gerentes do modelo usam o modelo de coordenação para revisar e completar seus projetos e depois os devolvem para o Gerente BIM do Projeto

que revisa, une e atualiza um novo modelo de Coordenação completo. Quando o modelo de coordenação está completo são realizadas reuniões de compatibilização para verificar se existem interferências entre os sistemas. Se forem detectados conflitos, o Gerente BIM do Projeto faz o relatório de responsabilidades e retorna o modelo para os consultores/projetistas.

Quando o modelo está resolvido os consultores/projetistas extraem a documentação e o Gerente BIM do Projeto o utiliza como base para desenvolver modelos de: (a) Custos; (b) Etapas da obra e (c) Construção. Nesta fase o Gerente BIM do proprietário revisa e aprova o projeto.

O Gerente BIM do Projeto finaliza a estimativa de custos e o cronograma de construção e os consultores/projetistas finalizam seus modelos. Os órgãos de fiscalização avaliam a conformidade do projeto com base na documentação (ou no modelo, se houver a verificação de códigos automatizada). O Gerente BIM do Projeto finaliza o modelo de coordenação, a documentação e as especificações. O Gerente BIM do Projeto envia o modelo de construção para os fornecedores e subempreiteiros e eles submetem modelos de (d) Fabricação para serem incorporados (se necessário) ao modelo As-Built. O Gerente BIM do Projeto, Gerente do Modelo de arquitetura e consultores/projetistas preparam a documentação para enviar aos órgãos de fiscalização. O Gerente BIM do proprietário ajuda nas negociações para aprovação do projeto. Todos os Gerentes dos Modelos trabalham com os órgãos de fiscalização para aprovação. O Gerente BIM do Projeto gerencia o processo de licitação, compra e comunica os comentários dos órgãos de fiscalização à equipe de projeto. Os Gerentes do Modelo das diversas disciplinas revisam seus modelos parciais e os devolvem para Gerente BIM do Projeto, que atualiza o modelo Final.

O Gerente BIM do proprietário monitora a construção dando opiniões quanto às mudanças efetuadas. O Gerente BIM do Projeto trabalha com os consultores/projetistas para ajustar o modelo de coordenação Final com mudanças.

O Gerente BIM do Projeto atualiza o modelo de construção e trabalha com os fornecedores e subempreiteiros para desenvolver o modelo de coordenação Final com mudanças atualizado.

Na etapa de pós-construção o Gerente BIM do Projeto coordena a troca de informações entre o Gerente BIM do proprietário e o Gerente BIM da Facilidade. O Gerente BIM da Facilidade atualiza o modelo As-Built de acordo com as operações de pós-construção.

3.1. O processo BIM no Brasil e o papel dos agentes

Com o propósito de saber como empresas nacionais estão se estruturando para suportar um processo de projeto BIM, o presente estudo investigou empresas da cidade de São Paulo.

Primeiro foi realizada uma pesquisa em jornais, revistas e sítios da internet para identificar quais são as empresas que estão implementando BIM (N=35). Em seguida, foi estabelecido um contato com essas empresas para envio de um questionário online.

O questionário esteve disponível a partir de dezembro de 2010 até março de 2011, obtendo uma taxa de resposta de 46% com 16 respondentes. Um boa secção transversal no tamanho e tipo de atividade da empresa foi atingido (Tabela 1). Os entrevistados tiveram a oportunidade de adicionar comentários a algumas perguntas para fornecer informações adicionais.

Tipo da empresa	Empresas consultadas		Respondentes	
Projetos de arquitetura	12	(31%)	4	(12%)
Projetos de estruturas e instalações	11	(31%)	5	(15%)
Construtora	6	(19%)	4	(12%)
Consultoria e serviços	6	(19%)	3	(7%)
Total	35	(100%)	16	(46%)

Tabela 1 – Empresas que responderam ao questionário.

Entre as empresas que responderam ao questionário, 38% (N=6) são de grande porte possuindo mais de 100 funcionários, 38% (N=6) são de médio porte possuindo entre 11 e 100 funcionários e 25% (N=4) são pequenas empresas possuindo de 1 a 10 funcionários.

A disciplina que mais aparece representada nos projetos/obras desenvolvidos por essas empresas é arquitetura (ver Tabela 2) e a atividade mais freqüente é o desenvolvimento de modelos de arquitetura (ver Tabela 3).

Disciplina	Número de empresas N=16 (100%)	
Arquitetura	14	(88%)
Hidráulica e elétrica	11	(69%)
Ar condicionado	10	(62%)
Vedações	9	(56%)

Pressurização	8	(50%)
Estruturas e paisagismo	7	(44%)
Coordenação	2	(13%)
Outras	1	(6%)

Tabela 2 – Disciplinas representadas nos projetos/obras.

Atividade	Empresas N=16 (100%)	
Desenvolvimento de modelos de arquitetura	13	(81%)
Integração de projetos e reuniões de desenvolvimento/compatibilização	10	(62%)
Desenvolvimento de componentes e detecção de interferências	9	(56%)
Desenvolvimento de modelos de instalações e quantitativos para orçamentos	8	(50%)
Vídeos para apresentação ao cliente	6	(38%)
Desenvolvimento de modelos estruturais	5	(31%)
Análise estrutural e energética, planejamento das etapas da obra	4	(25%)
Vedações	2	(13%)

Tabela 3 – Atividades de projetos/obras realizadas com BIM.

A grande maioria das empresas, que corresponde a 88% (N=14), possui templates para os modelos BIM, 81% das empresas (N=13) possuem algum tipo de treinamento para seus funcionários, 75% (N=12) possuem materiais de apoio para a aprendizagem de BIM e bibliotecas de componentes BIM.

Pouco mais da metade das empresas, que corresponde a 62% (N=10) faz o gerenciamento e manutenção do software/aplicativo BIM, mas não compartilha e atualiza os seus modelos BIM com (de) outras firmas. Outros 56% (N=9) recebe consultoria em BIM e a metade das empresas (N=8) possui padrão BIM ou um manual de melhores práticas.

O fator que leva as empresas a não compartilhar seus modelos BIM com outras firmas é a falta de colaboradores. O compartilhamento de modelo se dá por meio de visualização gerenciada pela equipe proprietária do projeto, que no caso é a construtora. Uma prática adotada por uma empresa de prestação de serviços é a exportação de desenhos e modelo 3D para fins apenas de visualização.

As empresas que possuem um padrão BIM são de médio e grande porte. Há empresas desenvolvendo um padrão e a NBR/ISO 12.006-2 está sendo utilizada como referência.

Os materiais utilizados pelas empresas para a aprendizagem de BIM são apostilas, tutoriais e livros. Estes materiais foram desenvolvidos internamente, adquiridos pela empresa, obtidos em cursos ministrados para os funcionários ou desenvolvidos e fornecidos por fabricantes do software por meio de contrato de assinatura.

Nas pequenas empresas, o proprietário é o responsável pelo gerenciamento de software e aplicativos BIM, templates, bibliotecas, materiais de aprendizagem e treinamentos em BIM. A modelagem é feita pelos projetistas e estagiários e gerenciada pelo Coordenador de Projetos, que geralmente é o proprietário. Pode haver um consultor externo auxiliando nos treinamentos e fornecendo materiais de aprendizagem.

Nas médias empresas, o responsável pelo gerenciamento de software e aplicativos BIM é o proprietário com o suporte de um assistente de Tecnologia de Informação (TI). O proprietário também é responsável pelo Padrão BIM, materiais de aprendizagem e treinamentos e recebe suporte do Coordenador de Projetos, de projetistas que possuem conhecimento em BIM e de um consultor externo. Os projetistas fazem o trabalho de modelagem sob a supervisão do Coordenador de Projetos ou do Gerente Técnico e com o suporte de um consultor externo, que também ajuda no desenvolvimento dos projetos, padrão BIM, templates e estruturação das bibliotecas. Em alguns casos a consultoria é fornecida pelo revendedor autorizado do software BIM.

Nas grandes empresas, o Gerente do Departamento BIM ou TI é o responsável pelo gerenciamento do software e aplicativos, templates, bibliotecas de componentes, padrão BIM, gerenciamento da modelagem, materiais de aprendizagem e treinamentos. O trabalho de modelagem, as bibliotecas e os templates ficam por conta dos projetistas, que também se encarregam de dar treinamentos aos colegas.

Poucas empresas, que corresponde a 31% (N=5), identificaram cargos relacionados com análise e/ou simulação de BIM e manipulação/visualização do modelo.

Mais da metade das empresas, que corresponde a 62% (N=10), precisa de profissionais especializados em BIM. As empresas que não precisam de especialistas em BIM, que corresponde a 13% (N=2), alegam que as ferramentas CAD cumprem com as necessidades da empresa ou que não precisa contratar especialistas em BIM, dada a sua capacidade de treinamento interno. Outros 25% (N=4) não responderam a esta questão.

As empresas concordam que existe falta de pessoal capacitado no mercado, principalmente a figura do Gerente BIM e também mão de obra especializada em modelagem. De acordo com um dos respondentes, um especialista aumentaria a capacitação da empresa ampliando o atendimento às necessidades do cliente, além de dar suporte às atividades de modelagem para que o modelo seja consistente e confiável.

4. Conclusões

As empresas investigadas ainda estão na fase inicial da implementação de BIM. Essas empresas desenvolvem com mais frequência modelos de arquitetura, pois esta é a disciplina mais representada nos seus projetos e obras. Para desenvolver esses modelos foi preciso implantar algum tipo de treinamento, desenvolver ou adquirir materiais de apoio para a aprendizagem, e contratar consultoria para, então, desenvolver templates e bibliotecas de componentes.

Como ainda não é muito frequente o desenvolvimento de modelos de instalações, as empresas que desenvolvem modelos de arquitetura ainda não compartilham os seus modelos por falta de colaboradores. O que existe é um compartilhamento dos modelos apenas para fins de visualização e verificação de interferências, que é realizado e gerenciado pelo construtor.

Quanto à mudança de papéis, os projetistas (arquiteto e engenheiro) passam a ser Modeladores BIM. O proprietário das pequenas empresas assume as funções do Gerente BIM. Nas empresas de porte médio é o proprietário ou o diretor que desempenha o papel do Gerente BIM do escritório, ficando a cargo do Coordenador de Projetos ou do Gerente Técnico o papel do Gerente do Modelo. Nas grandes empresas o Gerente de TI ou um especialista em BIM assumem o papel do Gerente BIM da Construtora/Escritório e Gerente do Modelo/Projeto. Nas grandes empresas é o Gerente BIM da Construtora/ Projeto que está assumindo o papel de gerenciamento do processo de projeto BIM.

Cargos de Analista BIM e Facilitador BIM ainda não estão sendo demandados porque as atividades de análise e simulações de modelos, assim como manipulação e visualização do modelo no canteiro de obras, ainda não são atividades desenvolvidas pela grande maioria das empresas.

Referências

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.

AUTODESK, INC. **Autodesk BIM Deployment Plan: A Practical Framework for Implementing BIM.** 2010. Disponível em: <<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?itemID=14652957&siteID=123112>>. Acesso em: 21 set. 2010.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. An overview of BIM specialists. In: International Conference On Computing In Civil And Building Engineering, 2010, Nottingham. **Proceedings**...Nottingham: Nottingham University Press, 2010. p. 141. Disponível em:<<http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf71.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2011.

INDIANA UNIVERSITY. Building Information Modeling Guidelines and Standards for Architects, **Engineers and Contractors.** 2010. Disponível em: <<http://www.indiana.edu/~uao/IU%20BIM%20Guidelines%20and%20Standards.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2011.

NTD ARCHITECTURE. San Diego Community College District: BIM Standards for Architects, **Engineers & Contractors.** 2010. Disponível em: <http://public.sdccdprops-n.com/Design/SDCCD_BIM_Standards.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2011.

Impactos do uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: oportunidades no Mercado Imobiliário

Arnaldo de Magalhães Lyrio Filho
Livia Laubmeyer Alves de Souza
Sergio Roberto Leusin de Amorim

Resumo

Este trabalho analisa os impactos decorrentes da implantação da tecnologia BIM (Building Information Modeling) em escritórios de projeto de arquitetura, procurando identificar os aspectos mais relevantes da sua utilização sobre o processo de projeto. Lança também um olhar sobre os espaços e oportunidades potenciais que surgem a partir do uso da ferramenta. Diversos estudos internacionais tem demonstrado os benefícios e as mudanças provocadas pelo uso do BIM em empresas de projeto, mas sobre a recente experiência brasileira pouco se conhece e foi relatado. Desta forma, essa pesquisa busca contribuir no preenchimento dessa lacuna, identificando as peculiaridades do caso brasileiro, buscando aprimorar as condições de implantação das novas ferramentas e facilitar a adaptação da tecnologia aos padrões nacionais. A pesquisa contemplou a formulação de estudos de caso em empresas de projeto de arquitetura situadas na cidade do Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba. Foram analisadas as dificuldades encontradas e as principais vantagens obtidas na adoção da tecnologia BIM por esses escritórios. A avaliação das experiências possibilitou a identificação de inúmeros problemas na transição da tecnologia tradicional atual para novos sistemas de informação: alto custo dos softwares, resistência à mudança pela equipe, falta de integração entre projetistas, entre outros. Acredita-se que os dados gerados nesta pesquisa podem contribuir para a promoção de melhorias e avanços na tecnologia BIM, difundindo suas possibilidades e facilitando a sua implantação em maior escala no país em busca da modernização dos processos na construção civil nacional. Os resultados apresentados remetem à discussão do papel exercido pelo arquiteto no mercado imobiliário e demonstram que há muito a se refletir sobre as oportunidades a serem exploradas com a utilização do BIM.

Originalmente publicado em: SOUZA, L. L. A. de; 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 do IV Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**. Niterói: UFF, 2009. p. 1-10.

1. Introdução

Em 1982 foram inseridos numa calculadora os primeiros códigos de programação de um sistema para elaboração de um projeto em 3D de uma usina nuclear na Hungria. A calculadora era de 64K e o sistema era o ArchiCad. Gallelo, presidente da Graphisoft, desenvolvedora do sistema, relata este fato lembrando que o ingresso da computação na arquitetura ocorreu nos anos 1980, “revolucionou o processo de criação, de projeto e até mesmo a criação do espaço” (FRANK, 2008). A partir dessa época, então, a sigla CAD (Computer Aided Design) passou a representar essa tecnologia.

Para Scheer et al (2007) a tecnologia CAD é a inovação mais importante dos últimos 40 anos. Este autor indica três gerações distintas na evolução do uso do computador em arquitetura: a primeira é a do desenho assistido por computador, a segunda a modelagem geométrica e, por fim, a modelagem do produto, com início no final da década de 1980 (KALES;ARDITI, 2005 apud SCHEER ET AL, 2007). O principal objetivo desta última geração é a conjunção de dois grupos de informações: as informações geométricas, que dizem respeito às características espaciais do produto, tais como forma, posição e dimensões e as não-geométricas, onde se incluem custo, resistência, peso, dentre outras características. Esta conjunção compõe a tecnologia BIM (Building Information Modeling).

A tecnologia BIM, mais do que uma ferramenta para desenho de projetos, propicia ao arquiteto a possibilidade de conceber um projeto construindo seu modelo parametrizado, o que permite que visualize a volumetria, estime custos, quantifique e qualifique o material aplicado, observando e ajustando conforto ambiental e outros itens projetuais, e facilitando a comunicação entre os diversos profissionais integrantes do processo. As modificações e aperfeiçoamentos ao projeto são processados automaticamente nas planilhas de custos, nas plantas baixas e elevações da construção, permitindo um incremento significativo na qualidade da comunicação e, consequentemente, na qualidade do produto final, a edificação. Vários trabalhos (KIVINIEMI, 2005; GARCIA et al., 2003) relacionam esse conjunto de itens para o desenvolvimento coordenado de modelos de empreendimentos. Cheng e Law (2002) propõem que uma equipe de projeto utilize simultaneamente softwares de planejamento, de acompanhamento, de organização, para estimativa de custos e de visualização do progresso da construção, afirmando que num ambiente diversificado, mas de engenharia simultânea, a interoperabilidade da informação desempenha um papel importante no gerenciamento do empreendimento.

1.1. Objetivos e resultados esperados

Este artigo comenta sobre a natureza do processo de trabalho do arquiteto, com o objetivo de pontuar as oportunidades disponibilizadas a partir do uso do BIM. Busca-se caracterizar a utilização do BIM nos escritórios brasileiros analisando como a tecnologia está sendo aplicada nas empresas do país, identificando os benefícios gerados, as dificuldades encontradas e as mudanças provocadas pela sua implantação. Assim, este trabalho analisa a percepção dos escritórios de arquitetura sobre as possíveis perspectivas que são sugeridas com a adoção do BIM. Questiona-se, também, sobre os espaços e oportunidades que estão se formando para os arquitetos a partir dos progressos possibilitados pelo BIM. A avaliação de experiências e a divulgação dos resultados alcançados com a adoção do BIM pelos escritórios de arquitetura podem contribuir encorajando e dando maior suporte para que novas empresas brasileiras possam implantar a tecnologia, abrindo discussão para a formação de novas estratégias na prestação de serviços arquitetônicos.

2. BIM na Promoção Imobiliária

Segundo os dados da sétima edição do CONSTRUBUSINESS (FIESP, 2008), a cadeia produtiva da construção civil mobilizou em 2007 11,3% de um total de R\$ 5,7 trilhões correspondentes ao PIB do ano, sendo que destes, 0,5% (equivalentes a R\$ 13 bilhões) correspondem à categoria Serviços imobiliários, onde estão incluídos projetos, atividades imobiliárias e manutenção de imóveis. Dentre as medidas e ações propostas para o setor, na conclusão do evento, destacam-se as recomendações de que se mantenha o foco em projetos e que se busquem medidas para reduzir custos do produto final, dentre outras. Por outro lado, se alerta para a possível ocorrência de uma inflexão, já percebida por alguns setores da economia, na curva de expectativa de negócios em setores ligados a investimentos, gerada pela crise internacional norteamericana (FIESP, 2008). Este é o pano de fundo sobre o qual se movimenta o mercado de serviços imobiliários, onde se inclui o de projetos de arquitetura. As decisões de investimentos dos dirigentes da atividade de projetos estão, naturalmente, sob a influência da conjuntura econômica e grande parte dos trabalhos gerados nesse setor são provenientes da conversão das oportunidades do mercado imobiliário em projetos para construção, cujo principal agente é o promotor imobiliário.

A adoção ou não do BIM pelas empresas de projetos configura-se, portanto, como uma decisão estratégica ligada não apenas a práticas tecnologicamente avançadas para o setor de projetos, mas deve basear-se, também, na observação sobre os desafios e oportunidades presentes no cenário empresarial. O BIM pode ser classificado como uma abordagem (ITO, 2007), ao invés de uma tecnologia, embora “exija uma tecnologia aceitável, ... como o CAD paramétrico”(op.cit) e isso amplia o espectro de análise sobre a sua adoção, sugerindo a necessidade de uma visão gerencial e sistêmica sobre a atividade de projeto.

Prioritariamente, projetos são demandados para viabilizar tecnicamente investimentos produtivos, o que os subrroga ao empreendedor, ao promotor imobiliário. Fabrício (2002) descreve o desenvolvimento de empreendimentos de construção em três fases:

Segundo análise de Gobin (1993), [...] primeiramente, o empreendedor se propõe a promover um novo produto partindo de sua experiência e da demanda verificada no mercado para desenvolver um programa que é colocado a um arquiteto que em geral identificará falhas no programa e proporá a reabertura do funil de forma a incluir suas próprias ambições. Por fim, a construtora tende a identificar falhas nos projetos, principalmente no tocante à construtibilidade levando à nova reabertura do funil que representa o processo de amadurecimento do projeto.

Ao iniciar o processo de geração de empreendimentos é muito importante que o empreendedor consiga informações mais estruturadas sobre a edificação que vai promover. É importante também que lide com orçamentos detalhados e que ele aprofunde ao máximo as noções sobre a administração de sua empreitada de modo a avaliar melhor os riscos e corrigir o quanto antes desvios ou distorções que possam vir a ocorrer no gerenciamento da construção que conduzirá. A adoção do BIM permite um melhor encadeamento entre as oportunidades de construção oferecidas no mercado imobiliário e a realização da edificação, que se faz através do projeto, constituindo-se numa ferramenta valiosa para o empreendedor, na medida em que pode auxiliar nas suas decisões permitindo que lide com informações gerenciais mediante a manipulação de um modelo virtual do edifício. Dessa forma, ele pode controlar adaptar e modificar a edificação muito antes dela se tornar realidade. E isso representa redução de custos e riscos, melhorando as chances de sucesso e a qualidade do processo.

3. Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura

3.1. Metodologia

Este documento baseia-se na análise de estudos de caso, fazendo parte de uma dissertação de mestrado, no âmbito do grupo de pesquisa NITCON-UFF e da Rede BIM Brasil. A seleção das empresas para os estudos foi realizada a partir de contato junto a revendedores e centros de treinamento de softwares BIM. O levantamento de dados ocorreu com a aplicação de questionários, enviados por e-mail para os escritórios de arquitetura nos meses de agosto e setembro de 2008. A formulação das questões foi realizada a partir da análise de estudos semelhantes no contexto internacional e de conversas preliminares com usuários e revendedores no Brasil. As questões propostas apresentavam-se no formato de múltipla escolha permitindo mais de uma resposta, sem número máximo de marcações. Em outubro de 2008, foi realizada uma reunião no IAB-RJ com alguns dos escritórios pesquisados e outros interessados, onde as questões levantadas puderam ser abordadas com mais profundidade.

3.2. Caracterização das empresas pesquisadas

A pesquisa em questão foi realizada junto a 13 (treze) escritórios de arquitetura usuários da tecnologia BIM localizados nas cidades do Rio de Janeiro (7 empresas), São Paulo (5 empresas) e Curitiba (1 empresa). São empresas de pequeno porte, tendo 69,23% delas até 15 funcionários. Quanto ao estágio de implantação do BIM, no momento da pesquisa 46,15% dos escritórios utilizavam a tecnologia em um projeto piloto ou uma equipe de projeto, 23,08% utilizavam na maioria dos projetos e outros 23,08% já utilizavam em todos os projetos.

3.3. Por que buscou a tecnologia

Os escritórios de projetos apontam como motivos para adoção do BIM aspectos ligados ao desempenho do desenho do projeto e ao modo usual de projetar. O aspecto mais citado para busca da tecnologia diz respeito a melhoria da qualidade do projeto (21,28%). Outros fatores em destaque são (figura 1): facilitar as modificações de projeto (17,02%), diminuir prazo de entrega e carga horária por projeto (17,02% e 14,89%, respectivamente) e melhorar a

apresentação dos projetos (12,75%). A pesquisa indica ainda que alguns clientes já percebem as vantagens da abordagem BIM (2,13%), no entanto, esse número ainda é bastante restrito, o que indica que na maior parte dos casos a decisão pela implantação tem partido dos próprios escritórios.

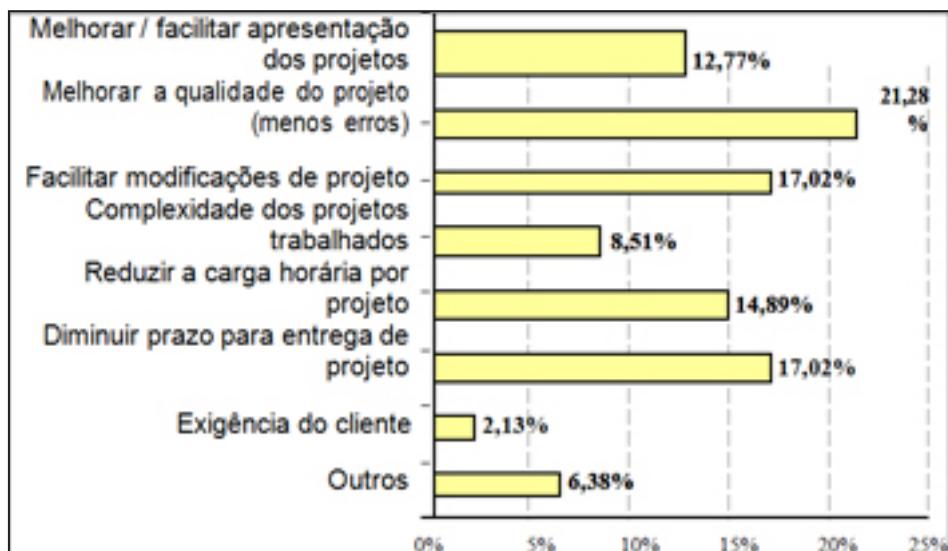


Figura 1: Por que buscou a tecnologia

Segundo reportagem publicada no site Cadlyst, dois escritórios brasileiros, Contier Arquitetura e Aflalo & Gasperini, resolveram, por razões distintas, adotar o BIM (RUNDELL, 2006). Contier decidiu otimizar sua produtividade, minimizando o tamanho do escritório e maximizando sua capacidade tecnológica e implementou o BIM em 2004, tornando-se um dos primeiros escritórios do Brasil a adotar a tecnologia. Dessa forma dá conta de projetos de grande porte com alta performance e qualidade, conseguindo coordenar toda a informação de modo integrado. Aflalo& Gasperini, uma das primeiras empresas de arquitetura e planejamento urbano do País, na época com 25 arquitetos, atende a uma demanda de grandes projetos Brasil afora e afirma que investe constantemente em tecnologia para redução do “gap entre projeto e construção”.

3.4. Dificuldades de implantação

Uma das maiores dificuldades apontadas pelos escritórios refere- se a falta de tempo para implantação da tecnologia (25%). A escassez de profissionais

com domínio sobre os softwares leva os escritórios a oferecer treinamentos que demandam tempo e investimento. Cerca de 85% das empresas pesquisadas forneceram treinamento aos seus funcionários. Além disso, trabalhar com o BIM demanda não apenas o aprendizado de novos comandos mas, principalmente, exige do profissional uma nova forma de pensar o processo de projeto. Assim, a resistência a mudança de software pela equipe (25%) acaba sendo outra barreira a ser vencida para a implantação dos softwares. A figura 2 demonstra as principais dificuldades identificadas pelas empresas:

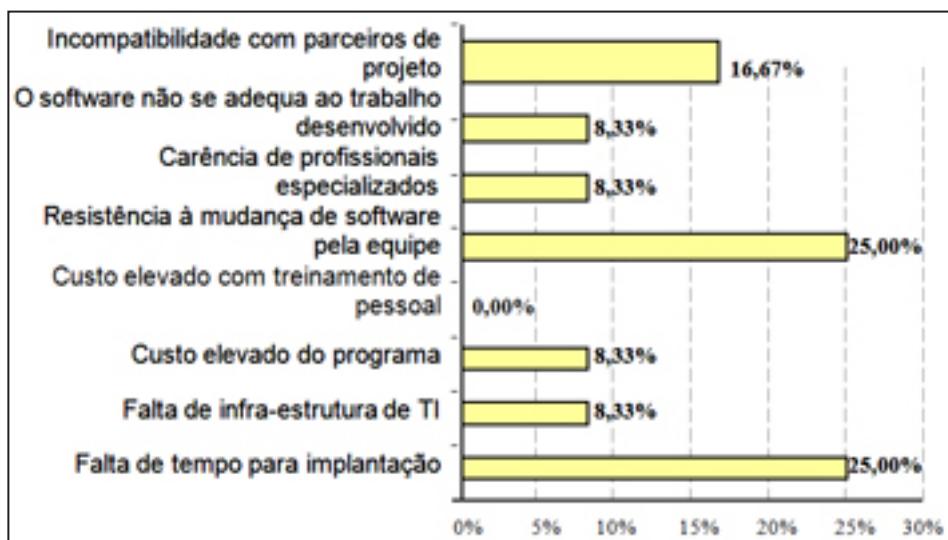


Figura 2: Dificuldades para implantação da tecnologia BIM

3.5. Vantagens do BIM



Figura 3: Vantagens do BIM

Observa-se na figura 3 que as principais vantagens identificadas pelos entrevistados foram a diminuição de erros de desenho (14,28%) e a facilidade nas modificações de projeto (14,28%). Tais aspectos podem ser relacionados a parametrização de objetos, que permite a correção automática de cortes, vistas e outros elementos. A visualização 3D facilitada (14,28%) permite melhorar o entendimento do projeto pelos envolvidos e facilita as soluções de projeto. A melhoria na troca de informações não foi identificada como vantagem pelos participantes da pesquisa uma vez que os projetistas complementares (calculistas e instaladores) ainda não estão utilizando a tecnologia BIM.

3.6. Dificuldades do BIM

As maiores desvantagens apontadas pelos entrevistados (figura 4) referem-se ao custo elevado dos softwares (25%) e ao tempo necessário para treinamento de pessoal (18,75%), o que coincide, em grande parte, com as observações

de Ito (2007). Segundo este autor, embora a tecnologia exista para melhorar a eficiência e a eficácia na manipulação dos dados multidisciplinares que envolvem a construção de uma edificação, o setor resiste em adotá-la, pelo longo processo de aprendizagem e pelos custos envolvidos na implementação do sistema. Este autor acrescenta que os softwares em oferta ainda são deficientes, o que fica confirmado no levantamento onde os escritórios revelaram ter dificuldades nos próprios softwares (12,60%) além da preocupação com o tamanho dos arquivos gerados (15,63%).

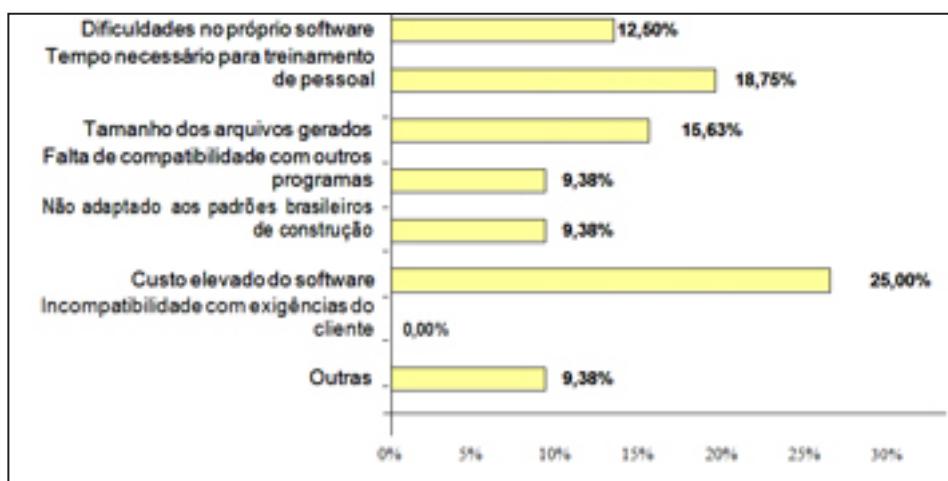


Figura 4: Dificuldades do BIM

3.7. Uso de softwares e troca de informações de projeto

A pesquisa demonstrou que as empresas adeptas ao BIM continuam utilizando softwares CAD como ferramenta de apoio. Muitos escritórios trabalham aproveitando a biblioteca de desenhos já criada no CAD, que pode ser levada para o software BIM, deixando os arquivos mais leves. Quanto à troca de informações de projeto, os escritórios afirmam que grande parte dos arquivos são salvos em DWG (44,44%) facilitando a abertura pelos demais intervenientes do processo que ainda não adotaram a tecnologia (projetistas complementares e o próprio cliente). Arquivos PDF e DWF receberam respectivamente 25,93% e 14,81% de porcentagem de citação. Os arquivos IFC não apresentaram nenhuma citação.

3.8. Mudanças identificadas

A maioria absoluta dos consultados no levantamento (72,73%) afirma que não alcançou redução com relação ao prazo de projeto (figura 5) assim como, 66,67% dos entrevistados relataram que não houve redução na equipe para mesma carga horária de projeto (figura 6). Isso pode se dever ao uso restrito do BIM. Acredita-se que mudanças podem tornar-se evidentes a partir do seu uso mais intensivo e do entendimento dos benefícios do BIM para promotores imobiliários e para escritórios com demanda de projetos de grande porte ou complexidade.

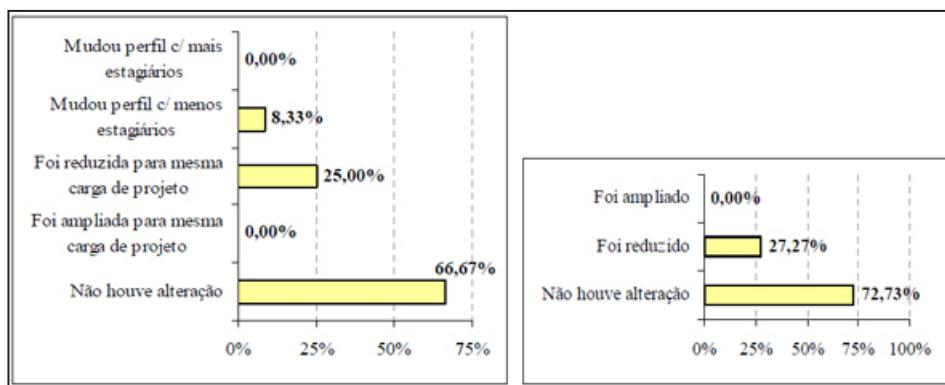


Figura 5: Mudanças identificadas – Equipe de projeto

Figura 6: Mudanças identificadas – Prazo de Projeto

Nos itens “Qualidade de Projeto” (figura 7), e “Qualidade da apresentação”, as respostas indicam que os escritórios notaram uma elevação no nível de qualidade do projeto, pela possibilidade de antecipação de problemas, facilidade de compatibilização e diminuição de erros de projetos. Além disso, houve melhoria na organização das informações, com maior entendimento do projeto pelos projetistas e pelos clientes. Quanto aos “Produtos finais” (figura 8) observa-se uma antecipação das soluções de projeto, a disponibilização de um volume maior de informações em cada etapa e a geração de novos produtos antes não executados pelo escritório.

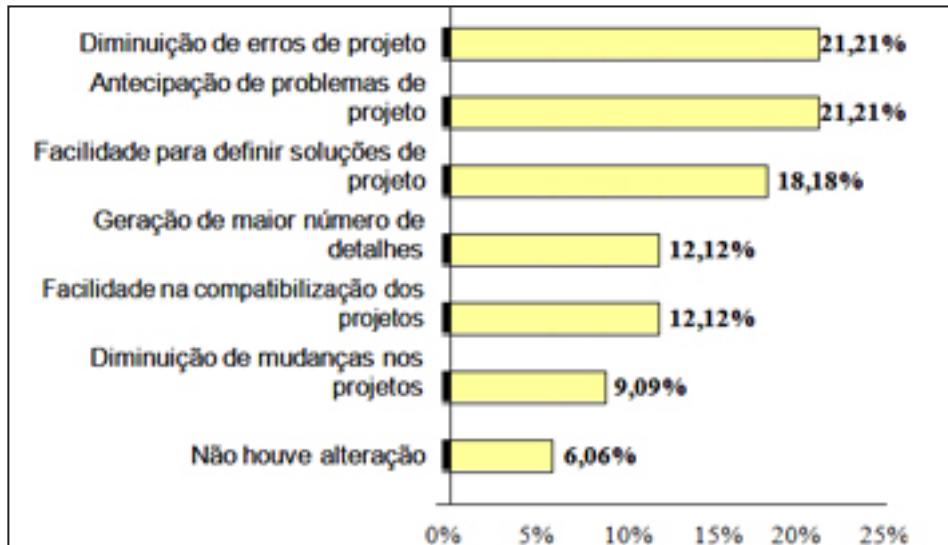


Figura 7: Mudanças identificadas – Qualidade de projeto

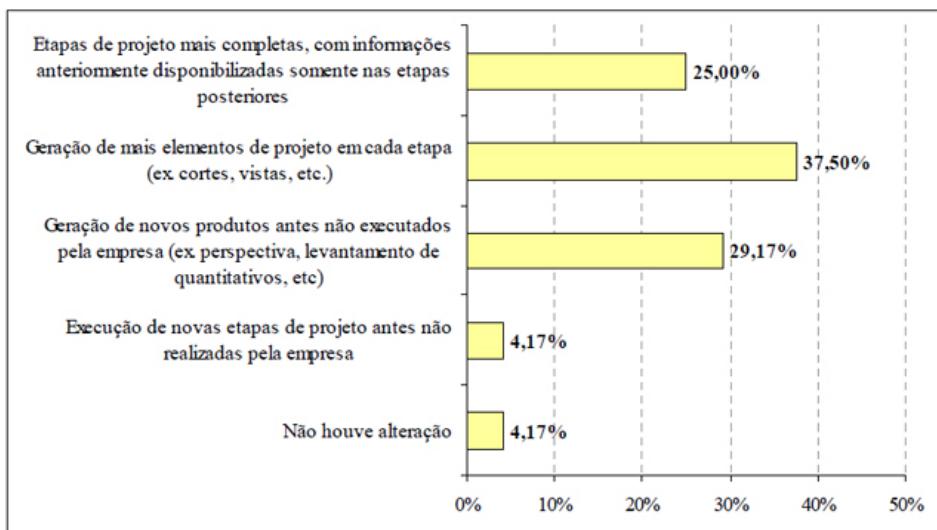


Figura 8: Mudanças identificadas – Produtos finais

4. Questões levantadas / Necessidades identificadas

4.1. Criação de um padrão para uso do BIM

Uma das necessidades destacadas pelas empresas pesquisadas é o estabelecimento de um padrão para uso do BIM. Acredita-se que poderia ser criado um padrão a ser utilizado por todos os escritórios, disponibilizado pelas empresas que desenvolvem os softwares. Este padrão deve ser construído de forma cooperativa, com a participação de toda cadeia produtiva. Especialistas acreditam que as empresas de softwares poderão adaptar seus programas ao constatarem que haverá retorno financeiro. Assim um template com padrões e nomenclaturas brasileiros poderá ser criado a partir da demanda, com o aumento do número de usuários no país.

4.2. Autoria de projetos

Com o BIM surge a idéia de que se forneceria o modelo ao cliente, que pode inserir novas informações ao longo do ciclo de vida da edificação. Com isso é preciso encontrar uma forma de trabalho em que os direitos do arquiteto sobre o projeto sejam resguardados. Outra questão levantada está relacionada à responsabilidade de projeto. Ao inserir uma família com informações detalhadas do sistema de um objeto (uma porta, por exemplo) torna-se necessário identificar se a responsabilidade pelas informações é do projetista ou do fabricante.

4.3. Nível de Informações de projeto

As informações necessárias sobre componentes variam conforme a fase do projeto, o que leva à necessidade de versões variadas do mesmo objeto. O ideal seria ter vários níveis de desenho do mesmo objeto, um com todas as informações e detalhes e outras versões mais simplificadas. Outro ponto analisado diz respeito à contribuição dos fabricantes em termos de informação nesses novos padrões de modelagem. Acredita-se que os fabricantes irão desenvolver os componentes de acordo com as necessidades identificadas pelos arquitetos. Além disso, foi constatado na pesquisa que diversos atributos disponíveis nos softwares não estão sendo utilizados (preço, por exemplo).

4.4. Como ganhar mais com projetos em BIM?

Uma das questões colocadas pelos escritórios é como fazer o cliente reconhecer a qualidade dos projetos desenvolvidos com o BIM e como ser remunerado por este aspecto. Alguns escritórios afirmam que acabam ganhando com o fornecimento de novos produtos (imagens, levantamento de quantitativos, entre outros). É interessante notar que os escritórios não apontaram ganhos de produtividade ou redução de prazos nos serviços. Porém isto talvez se deve ao tempo relativamente longo para incorporar vantagens deste tipo ou pela utilização das horas ganhas em virtude de uma suposta maior eficiência decorrente do uso de BIM em atividades de melhoria da qualidade do projeto.

4.5. Ensino do BIM

A universidade como berço da inovação tecnológica não pode ficar estática diante da revolução que se apresenta e deve contribuir na formação de profissionais preparados para o mercado de trabalho futuro.

5. Conclusões

Os principais motivos apontados para busca de utilização da tecnologia BIM dizem respeito à diminuição de erros de projeto e aumento de qualidade. A pesquisa indica que esses resultados estão sendo alcançados pelos escritórios de arquitetura analisados.

A maioria dos escritórios não obteve redução de prazo de projeto com a utilização do BIM. Acredita-se que essa redução só será possível com o aumento do uso da tecnologia, com a maior adaptação dos profissionais aos softwares e com a inserção efetiva dos demais projetistas e agentes no processo como um todo.

Observa-se na pesquisa, que o BIM propiciou um aumento da quantidade de informações disponíveis nos projetos realizados. Além disso, houve a geração de novos produtos antes não oferecidos ao cliente, como levantamentos de quantitativos e imagens 3D.

Outro ponto a ser destacado é que o uso do BIM ainda encontra-se muito restrito aos escritórios de arquitetura. A compatibilização de projetos que poderia

ser facilitada, ajudando na diminuição de erros e facilitando as soluções de projeto, na verdade ainda ocorre nos moldes tradicionais do CAD. Fica claro que a questão da integração dos projetos precisa evoluir para que se garantam maiores lucros de tempo e ainda mais qualidade no projeto.

Verifica-se que os softwares ainda estão sendo subutilizados, uma vez que poucas informações relativas a outros integrantes do processo e da cadeia produtiva estão sendo agregadas ao modelo. É preciso que haja maior participação de fornecedores e clientes no processo para que maiores vantagens sejam alcançadas com a tecnologia.

Os softwares ainda precisam evoluir no que diz respeito a interoperabilidade. Muitas informações de projeto se perdem com a realização de trocas de arquivo em diversos formatos.

Embora não seja a única motivação para adoção do BIM, a promoção de empreendimentos imobiliários é um espaço de uso do BIM a se explorar e conhecer. É importante que a visão do arquiteto e os recursos do incorporador dividam o mesmo peso e responsabilidade sobre a qualidade e desempenho da edificação. E é nela que essa integração se inicia.

As empresas contratantes ainda não estão exigindo a utilização da tecnologia BIM pelos escritórios de arquitetura. As construtoras ainda estão começando a enxergar as reais vantagens oferecidas pelos projetos desenvolvidos em BIM e a sua influência positiva sobre da construção. Com a cobrança maior por esses clientes, os escritórios não terão como evitar essa evolução. Nesse momento as empresas que hoje estão se aventurando na implantação do BIM estarão a frente no mercado.

A utilização do BIM induz a redefinições quanto ao gerenciamento do processo de projeto e à discussão sobre as possibilidades ainda não exploradas pelos escritórios de projeto brasileiros. Os resultados do levantamento realizado nessa pesquisa indicam que a transição do uso do CAD para o BIM exige uma série de adaptações no processo de trabalho dos escritórios que se apresentam como barreiras para a adoção dos softwares.

Referências

CHENG, J.; LAW, K.H.. **Using Process Specification Language for Project Information Exchange**. 3rd International Conference on Concurrent Engineering in Construction. University of California: Berkeley, 2002. p. 63-74. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/>>

download?doi=10.1.123.7277.pdf> Acesso em 08set. 2006.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 329f. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2002

FIESP. (2008). FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **Construbusiness 2008**. São Paulo: FIESP, 2008. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/deconcic/pdf/apreset_construbusiness_7ed.pdf> Acesso em 10jan.2009

FRANK, R. BIM está mudando a maneira de projetar no mundo inteiro. **PINIWeb**, São Paulo, Noticiário Arquitetura. jun2008. Disponível em <<http://www.piniweb.com.br/constucao/arquitetura/bim-esta-mudando-a-maneira-de-projetar-no-mundo-inteiro-93523-1.asp>> Acesso em 10jan.2009

GARCIA, A.C.B.; KUNZ, J.; EKSTORN, M.; KIVINIEMI, A. Building a project ontology with extreme collaboration and virtual design & construction. **CIFE Technical Report 152**. Stanford, CA: Stanford University, 2003. Disponível em <<http://cife.stanford.edu/online.publications/TR152.pdf>> Acesso em 10jan.2009.

GOBIN, C. Le cycle conception-construction-maintenance, la démarche pro-active, une méthodologie reproductive à d'autres opérait. In: BOBROFF, J.(ORG.) .**La gestion de projet dans la construction – enjeux, organisation, methodes et metiers**. Paris, École Nationale des Ponts et Chaussées, 1993. P.67-82.

ITO, A. L. (2007). **Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura: estudo de caso**. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Setor de Tecnologia Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2007.

KALE S.;ARDITI D. Diffusion os computer aided design technology em architectural practice. **Journal of Construction Engineeringand Management (ASCE)**, v. 131, p.1135-1141, 2005.

KIVINIEMI, A. Requirements Management Interface to Building Product Models. **CIFE Technical Report 161**. Stanford, CA: Stanford University, 2005. Disponível em <<http://cife.stanford.edu/online.publications/TR161.pdf>> Acesso em 10 jan.2009

RUNDELL, R. 1-2-3 **REVIT**: BIM in Brazil. Cadalyst– AEC. Newton-Massachussets-USA. 10mar2006. Disponível em <<http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=311918>>. Acesso em 10 jan.2009.

SCHEER, S., ITO, A., AYRES FILHO, C. A., AZUMA, F., BEBER, M.. Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM

no processo de projeto em escritórios de arquitetura. **VII Workshop Brasileira de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios.** Curitiba: UFPR, 2007.7 p.

Estudo de caso sobre a adoção do paradigma BIM em escritórios de arquitetura em Salvador – BA

Ana Paula Carvalho Pereira

Arivaldo Leão de Amorim

Resumo

Este trabalho discute a adoção do paradigma BIM em escritórios de projetos de arquitetura, através de uma pesquisa (mestrado) qualitativa e de caráter exploratório, que utilizou o estudo de caso como técnica, e onde foram realizadas entrevistas com aplicação de um protocolo. A amostra selecionada foi agrupada em duas categorias: os escritórios que utilizam a tecnologia BIM, e os que ainda não a utilizam. Os dados foram coletados em seis escritórios de projetos de arquitetura, em uma empresa de projeto estrutural e em outra de projeto de sistemas de ar condicionado, todas localizadas e atuantes em Salvador. Para a apropriação do material compilado foi elaborada uma grelha de análise baseada no protocolo utilizado e que permitiu a confecção de um quadro-síntese, onde os escritórios foram distribuídos por categorias e estágios de adoção do paradigma. Os resultados são apresentados segundo as seguintes dimensões: tecnológica, gerencial e cultural, ficando demonstrando que as dimensões gerencial e cultural foram as que mais impactaram na adoção do paradigma. Da análise dos dados coletados e das proposições formuladas a partir dessas análises, pretende-se contribuir para que a adoção do paradigma BIM nos escritórios de projetos de arquitetura possa acontecer de forma efetiva e possa produzir os resultados esperados.

Originalmente publicado em: PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. **Estudo de caso sobre a adoção do paradigma BIM em escritórios de arquitetura em Salvador – BA**. Texto preparado a partir da dissertação de mestrado do primeiro autor.. UFBA, 2013.

1. Introdução

O paradigma BIM apresenta muitas questões ainda em aberto, referentes aos processos e as ferramentas utilizadas, sendo necessária a adequada compreensão do mesmo para a sua adoção em escritórios de projetos de arquitetura. Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa de mestrado que tem como objetivo analisar questões relacionadas à adoção do paradigma BIM em escritórios de projetos de arquitetura. A pesquisa é qualitativa de caráter exploratório, que utiliza o estudo de caso como técnica. Nela foram analisadas as dificuldades enfrentadas pelos escritórios de arquitetura na adoção das tecnologias BIM, identificando as peculiaridades em Salvador, buscando contribuir para aprimorar as condições de implantação. Foram realizadas entrevistas em seis escritórios de projetos de arquitetura, em uma empresa de projeto estrutural e em outra de projeto de sistemas de ar condicionado, todas localizadas e atuantes na cidade. Como resultados são apontadas particularidades no uso dessa tecnologia, focadas no processo de projeto de arquitetura e a interação com as outras disciplinas – estrutura e sistemas de ar condicionado. A análise dos dados coletados permitiu que fossem identificados dificuldades enfrentadas pelas empresas, tais como: a resistência em alterar os métodos de trabalho já consolidados; a necessidade de mudança na forma de pensar o projeto; o tempo necessário para implantação da tecnologia; a necessidade de formação de mão de obra especializada; a integração com a equipe de parceiros; a falta de planejamento para implantação, dentre outras. Essa pesquisa, através de revisão bibliográfica sobre o estado da arte em BIM, da análise dos dados apresentados e de proposições formuladas a partir dessas análises, pretende contribuir para que a adoção dessas tecnologias em escritórios de projetos de arquitetura possa acontecer de forma segura e possa produzir os resultados esperados.

2. Pesquisa de Campo

2.1. Contexto da Pesquisa de Campo e Metodologia Utilizada

A pesquisa de campo objetivou captar aspectos e processos que estão envolvidos no desenvolvimento de projetos arquitetônicos e o impacto gerado pela adoção do paradigma BIM.

A pesquisa de campo utilizou como técnica o estudo de caso, e como instrumento um protocolo de entrevista. A amostra selecionada foi dividida em

duas categorias: os que utilizam a tecnologia BIM, e os que ainda não a utilizam. Foram realizadas entrevistas em quatro escritórios da primeira categoria e dois da segunda. Também foram feitas entrevistas em empresas especializadas em projetos estruturais e de climatização, parceiras de dois dos escritórios que encontram-se em fase de implantação do paradigma BIM.

Para chegar aos escritórios incluídos na categoria usuários do BIM, foi estabelecido um contato com a revenda autorizada local do Revit, que forneceu uma lista das empresas e profissionais que haviam adquirido este programa. Nesta lista existiam vinte e oito empresas de diversos setores. Foram então selecionadas sete, que trabalhavam com projetos de arquitetura, e verificadas as que eram parceiras da incorporadora Syene, pioneira local na implantação de BIM em seus empreendimentos. Dos escritórios selecionados só foi possível realizar as entrevistas em quatro deles, que possuíam a ferramenta. Também foi entrevistado um escritório que ainda não adotou o novo paradigma e atua há 40 anos no mercado local.

Foi escolhido o programa Revit por ser um software de uma grande softhouse (Autodesk) que tem dominado o mercado nacional e internacional e porque sua utilização é permitida para alunos através de uma licença sem ônus. Também foi observado um estudo comparativo de ferramentas BIM direcionadas ao desenvolvimento de projeto arquitetônico, em que Araújo (2011) analisou sete diferentes programas, e concluiu que o Revit Architecture e o Microstation são as ferramentas que apresentam soluções capazes de integrar um maior número de profissionais envolvidos no processo de projeto e construção, sendo que a primeira tem menor custo de aquisição e maior abrangência no território nacional.

Para a realização da pesquisa de campo foi construído um instrumento - protocolo de entrevista -, contendo a caracterização do escritório, oito questões e suas respectivas unidades temáticas relacionadas às três unidades de contexto estabelecidas:

- Metodologia de projeto: enfoque nas interfaces interna e externa do desenvolvimento de projetos, ou seja, análise do processo de projeto dentro e fora do escritório, as relações entre os arquitetos e entre os arquitetos e os engenheiros estruturais;
- Adoção do BIM: enfoque no porquê da adoção (mercado, inovação, qualidade dos projetos, etc.) e nas maiores dificuldades enfrentadas na adoção (integração com os parceiros, complexidade da tecnologia, resistência da equipe em mudar as metodologias de trabalho, etc.); e
- Uso efetivo do BIM: enfoque na experiência, mudanças, vantagens e desafios do paradigma BIM (interoperabilidade, famílias de componentes, gerenciamento do modelo, novas interações arquiteto/proposta projetual, nível de detalhamento do modelo, etc.).

O protocolo de pesquisa foi aplicado com a possibilidade de acréscimo de itens diante da realidade apresentada e a partir da observação direta, auxiliando a obtenção de dados sobre as práticas e as rotinas dos escritórios pesquisados.

2.2. Caracterização das empresas entrevistadas

Escritório A

A primeira entrevista foi realizada em um escritório de projetos de arquitetura que atua há 40 anos, e que se enquadra na categoria “sem BIM”. Esta empresa tem grande volume de projetos de edifícios residenciais, e a maioria dos seus clientes são incorporadoras e/ou construtoras. A equipe é composta por três sócios, sendo um arquiteto líder (responsável pela parte de concepção projetual) e duas outras sócias-arquitetas (uma responsável pelo fechamento de contratos, aprovação na prefeitura e parte administrativa do escritório, e a outra responsável pelo gerenciamento do desenvolvimento dos projetos); mais dois arquitetos na área de produção e um estagiário de arquitetura. O escritório não utiliza a tecnologia BIM, utiliza o AutoCAD como ferramenta de auxílio ao projeto, desenvolvendo todos os projetos de arquitetura em representações bidimensionais.

Escritório B

A segunda entrevista foi realizada em uma empresa que tem unidades em Salvador, São Paulo e Angola, sendo responsável por incorporar, projetar e construir a maioria de seus projetos. A empresa desenvolve os projetos no Brasil, mas a maior parte deles (cerca de 60%) é construída em Angola. A estrutura da empresa tem um sistema horizontal de trabalho, ou seja, não existe liderança fixa na equipe de projeto. A quantidade de arquitetos envolvidos em um projeto depende da demanda de trabalho e do tempo disponível. Onze arquitetos compõem a equipe do escritório e não utilizam a tecnologia BIM. Como ferramenta de apoio ao projeto utilizam o AutoCAD. O processo criativo é feito à mão livre. É utilizado o SketchUp para realizar estudo de massa e o AutoCAD nas fases posteriores de projeto.

A empresa está na categoria “sem BIM”, pois mesmo tento feito duas tentativas de adoção ao longo de dois anos, não obtiveram êxito na implantação. A empresa considera que fez grande investimento para a adoção do BIM (treinamento da ferramenta, investimento em software, máquinas, viagens, cursos, livros, etc.).

Para a empresa as maiores dificuldades na adoção do BIM foram: dificuldade de aprendizado da ferramenta; integração com a equipe de parceiros; resistência

da equipe em mudar a metodologia de projeto; formação de mão de obra; e tempo necessário para modelar as bibliotecas de componentes construtivos.

Escritório C

A terceira entrevista foi realizada em uma empresa de arquitetura que atua há 17 anos em Salvador e iniciou a implantação do BIM em 2011, e está enquadrada na categoria “com BIM” e no estágio de adoção “BIM 1.0” (em implantação). Este enquadramento se deve ao fato de que esta empresa utilizou o Revit Architecture em apenas um projeto piloto e iniciou o desenvolvimento de um novo projeto. Nos demais projetos utiliza o AutoCAD.

A empresa resolveu adotar o BIM através da iniciativa de um cliente (incorporadora) que proporcionou treinamento para os escritórios de projetistas parceiros, e disponibilizou consultoria, objetivando a implantação de ferramentas BIM nestes escritórios.

A divisão das equipes de trabalho se dá por etapa de projeto, devido à percepção de que os funcionários possuem habilidades diferentes para cada fase. A estrutura da empresa é composta por três equipes, cada uma responsável pelo desenvolvimento das seguintes fases: estudo preliminar, projeto legal e projeto executivo.

Para a empresa a maior dificuldade foi a mudança na forma de projetar, sendo necessárias definições antecipadas no projeto. O tempo necessário para a implantação da tecnologia se caracteriza como grande dificuldade também. Foi relatado que a fase de implantação da tecnologia implica em mais tempo para a produção, pois envolvem diversos aspectos: a pouca experiência com a ferramenta; a nova forma de pensar o projeto; e a necessidade de criar biblioteca de componentes.

Na implantação da tecnologia foi modelado o projeto piloto, que inicialmente foi definido e desenvolvido com o auxílio do AutoCAD, para posteriormente ser modelado em Revit, facilitando o trabalho por já possuir as definições existentes do projeto. Depois, foi iniciada a modelagem de outra edificação que tem volumetria complexa. Foi relatado que usar o Revit para um projeto com estas características, facilitou muito o desenvolvimento do mesmo.

Afirmam que o mercado em Salvador ainda não exige ferramentas BIM, apenas este cliente que investiu. Percebem que é necessário estabelecer padrões, técnicas de modelagem e como serão feitos os modelos para cada fim. Na modelagem do projeto piloto, o cliente fez exigências visando o quantitativo/orçamento. Também ressaltaram a importância da organização na confecção da biblioteca de componentes para facilitar a possível utilização futura da mesma.

Escritório D

A quarta entrevista foi realizada em uma empresa de projetos de arquitetura que também atua há 17 anos em Salvador e iniciou a implantação do BIM em 2011, e está enquadrada na categoria “com BIM” e no estágio de adoção “BIM 1.0” (em implantação). Este enquadramento se deve ao fato da mesma ter utilizado o Revit Architecture apenas no projeto piloto e iniciado o desenvolvimento de um novo projeto. Nos demais projetos utilizam o AutoCAD. Esta empresa também decidiu adotar o BIM através da iniciativa do mesmo cliente da empresa C, que proporcionou treinamento e disponibilizou consultoria, objetivando a implantação de ferramentas BIM nesses escritórios.

Para a empresa, as maiores dificuldades na adoção BIM são: a integração com a equipe de parceiros; o custo elevado de máquinas e software; a resistência a mudança no processo de projeto (investimento maior de tempo nas fases iniciais de projeto, com definições antecipadas); e o tempo de implantação da tecnologia.

Para a empresa, as grandes vantagens na utilização da tecnologia BIM são: a redução de retrabalho no processo de projeto e a automatização da documentação, como explicitado: “Uma alteração simples, por exemplo, aumentar o pé-direito da garagem, implica, no modo tradicional, modificar todos os cortes, fachadas e planta-baixa, ao passo que, no BIM basta modificar o modelo.”

Escritório E

A quinta entrevista foi realizada em uma empresa de arquitetura e construção que atua há 30 anos na região metropolitana de Salvador e está enquadrada na categoria “com BIM” e no estágio de adoção “BIM 1.0”. A maior parte dos projetos desenvolvidos por esta empresa são residenciais unifamiliares e condomínios residenciais. A equipe é composta pelo arquiteto líder (sócio), responsável pela parte de construção e por dois outros arquitetos mais jovens, sendo um deles também sócio e responsável pela parte de projetos na empresa. Integram também a equipe dois estagiários de arquitetura.

A empresa resolveu adotar o BIM, porque tem como filosofia o investimento em novas tecnologias objetivando maior controle e minimização de erros no desenvolvimento de projetos. O escritório consegue desenvolver, corrigir e atualizar os projetos numa velocidade maior utilizando o Revit. Esta tecnologia foi implantada por um dos sócios que participa de todo o processo de projeto, e foi quem gerenciou a implantação.

Na implantação da ferramenta BIM foi feito, inicialmente, o levantamento da simbologia e padrões utilizados no escritório e lista das famílias de componentes

que deveriam ser confeccionadas. Foram gastos cerca de 300 horas de trabalho para o desenvolvimento inicial das famílias, símbolos e padrões do escritório. Também foi criado o arquivo modelo (template) com a simbologia, padrões e famílias de componentes que sempre são utilizados. Foi salientada a importância de manter em contínuo aprimoramento o arquivo modelo para facilitar o trabalho a ser desenvolvido.

A mudança mais significativa relatada refere-se ao tempo de produção, ou seja, com o AutoCAD o tempo destinado para criação e definição da arquitetura era de 20% do tempo total do projeto e 80% para gerar a documentação do mesmo. Com o Revit estas percentagens foram invertidas, 80% do tempo são concepção e definição da edificação e 20% para a documentação. Com isso, melhorou-se a qualidade dos projetos, já que a documentação é mais consistente, e a realização de análises e simulações preliminares possibilita soluções arquitetônicas mais eficazes.

Para a empresa as maiores dificuldades na adoção foram: a formação de mão de obra especializada; a compreensão que o processo projetual é diferente; o tempo destinado à implantação; e a interação com a equipe de parceiros, visto que eles têm resistência à adoção.

Escritório F

A sexta entrevista foi realizada em uma empresa arquitetura que atua há 2 anos na cidade de Salvador. Vale ressaltar que os três sócios atuam há 30 anos no mercado, porém só há dois anos resolveram formar esta empresa. Desenvolvem projetos comerciais, residenciais e de edifícios públicos.

A empresa resolveu adotar BIM depois de uma experiência do desenvolvimento, em AutoCAD, de um projeto com 130.000 m² de área construída e enfrentar as dificuldades tanto na compatibilização dos projetos, quanto no levantamento de quantitativos de materiais. Então, foi decidido que precisavam investir em uma tecnologia que facilitasse o trabalho, iniciando a adoção do Revit. A adoção se deu por representar inovação e por acreditarem que a mesma imprime um diferencial a empresa.

As maiores dificuldades enfrentadas na adoção foram: integração com equipe de parceiros; dificuldade de definições antecipadas que dependem da aprovação do cliente (ex: especificações de materiais); confecção da biblioteca de componentes.

Para a empresa, as grandes vantagens são: a possibilidade de minimização de erros e a realização da compatibilização durante o desenvolvimento do projeto. Foi identificado que a nova forma de projetar exige mais definições em

fases iniciais de projeto, e que a utilização do Revit facilita a visualização, e consequentemente, o desenvolvimento, o detalhamento e a execução do projeto.

Escritório G

Aséntima entrevista foi realizada em uma empresa de projetos de estruturas que atua há 30 anos no mercado, desenvolvendo projetos comerciais e residenciais, e utiliza ferramentas BIM desde 2011. Enquadra-se na categoria com BIM e no estágio de adoção 1.0, pois a integração dos projetos de arquitetura e estrutura se dá através da construtora.

A adoção se deu por imposição de mercado, pois algumas construtoras já estavam trabalhando com esta ferramenta, visando a compatibilização dos projetos e minimização dos problemas em obra; o planejamento e orçamento da construção.

A maior dificuldade foi a falta mão de obra especializada, sendo necessário treinamento de pessoal. Outra dificuldade apontada foi a integração com a equipe de parceiros, pois para a utilização do BIM ser viável para a empresa é necessário que os demais projetistas trabalhem com a tecnologia.

Foi ressaltada a diminuição de problemas na execução da obra, devido a facilidade de visualização de conflitos durante a compatibilização dos projetos, que são resolvidos na fase de projeto e não mais durante a construção. Outra vantagem é a melhor integração com o projeto arquitetônico.

Escritório H

A oitava entrevista foi realizada em uma empresa de projetos de sistemas de ar condicionado que atua no mercado há mais de 30 anos, desenvolvendo projetos residenciais, comerciais, edifícios públicos, estabelecimentos de ensino, saúde, indústrias, hotéis, shoppings e supermercados.

A adoção deu-se em 2011, a partir da solicitação de um cliente (o mesmo das empresas C e D). Inicialmente foi desenvolvido um projeto em AutoCAD e posteriormente modelado no Revit MEP. Este cliente forneceu máquinas, software, treinamento e consultoria para a implantação do Revit MEP.

As maiores dificuldades na adoção foram: integração com equipe de parceiros; resistência da equipe em mudar as metodologias de trabalho; formação de mão de obra especializada; tempo de implantação da tecnologia, e complexidade da tecnologia.

Foi ressaltado que o projeto é melhor detalhado, sendo modelados os suportes dos dutos, visualizando a dimensão deles e o espaço necessário no

forro para a sua instalação, quando no AutoCAD, apenas eram representados apenas os dutos, sem esse nível de detalhamento. O entrevistado ressalta, “[...] com o BIM, você deixa de ser um desenhista e passa a ser um construtor virtual.”

Na visão da empresa, para a adoção os maiores desafios são: o mercado, o custo das ferramentas e máquinas.

3. Análise e Discussão

3.1. Procedimentos de análise

Para a apropriação do material compilado foi elaborada uma grelha de análise baseada no protocolo da coleta de dados que serviu de base à construção de um quadro-síntese, onde os escritórios estão distribuídos por categorias e estágios de adoção do paradigma BIM. Os resultados são apresentados segundo as seguintes dimensões: tecnológica, gerencial e cultural.

Foram definidas duas categorias: escritórios sem adoção da tecnologia BIM e os que usam a tecnologia BIM, sendo esta segunda categoria, dividida em estágios de adoção – BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0 (TOBIN, 2008).

As empresas que estão no estágio de adoção Pré-BIM caracterizam-se por não terem adotado a tecnologia BIM até o momento. Os escritórios que estão no estágio de adoção BIM 1.0 caracterizam-se por substituírem os editores de desenho por modeladores geométricos paramétricos no desenvolvimento de projetos, num processo individualizado, sem o envolvimento e a colaboração de profissionais de outras áreas.

As empresas que estão no estágio de adoção BIM 2.0 caracterizam-se por expandirem o modelo a outros profissionais (estrutura e instalações prediais) e associando informações, como o tempo (4D), custos (5D) e análise de eficiência energética. E, no estágio de adoção BIM 3.0, o intercâmbio das informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto é realizado através de protocolos abertos, tais como o IFC - Industry Foundation Classes.

3.2. Análise

Para a análise dos dados obtidos foi feito o Quadro 1, explicativo, com uma matriz: categorias versus dimensões versus resultados.

ESCRITÓRIO	A	CATEGORIA	ESTÁGIO DE ADOÇÃO	DIMENSÕES		
				TECNOLÓGICA	GERENCIAL	CULTURAL
	B	Sem BIM	Pré-BIM	- Desconhecimento do BIM.	- Pouca integração com a equipe de parceiros.	- Resistência em alterar métodos de trabalho;
			Pré-BIM (com tentativa de adoção da BIM sem êxito)	- Possui conhecimento do BIM; - Complexidade da tecnologia; - Dificuldade no aprendizado das ferramentas; - Poucas bibliotecas de componentes.	- Tempo necessário para implantação da tecnologia; - Necessidade de formação de mão de obra especializada; - Pouca integração com a equipe de parceiros; - Pouca compatibilização de projetos, gerando diversos problemas em obra; - Falta de planejamento para implantação	- Existe grande resistência em alterar métodos de trabalho já consolidados; - Mudança na forma de pensar o projeto, antecipando decisões; – Não é considerado todo o ciclo de vida da edificação.
C		Com BIM	BIM 1.0 (em fase de implantação)	- Complexidade da tecnologia; - Não tem experiência com a ferramenta; - Poucas bibliotecas de componentes.	- Tempo necessário para implantação da tecnologia; - Necessidade de formação de mão de obra especializada; - Pouca integração com a equipe de parceiros; - Necessidade de descrições de funções (divisão do trabalho); - Percebem que é necessário estabelecer padrões e técnicas de modelagem; - Necessidade de organização para uma boa implantação.	- Exigência do mercado para utilização do BIM; - Pouca experiência com a nova forma de pensar o projeto; – Não é considerado todo o ciclo de vida da edificação; - Foi salientada a importância da universidade formar profissionais com conhecimento de BIM.

	D	Com BIM	BIM 1.0 (em fase de implantação)	<ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado de hardware e software; - Dificuldade no aprendizado das ferramentas; - Poucas bibliotecas de componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo necessário para implantação da tecnologia; - Necessidade de formação de mão de obra especializada; - Pouca integração com a equipe de parceiros; - Percebem que é necessário estabelecer padrões de modelagem. 	<ul style="list-style-type: none"> – Não é considerado todo o ciclo de vida da edificação; - Mudança no processo de projeto; - Investimento maior de tempo nas fases iniciais de projeto, com definições antecipadas.
	E	Com BIM	BIM 1.0 (com uso efetivo)	<ul style="list-style-type: none"> - Bibliotecas de componentes (foi gasto muito tempo para modelar bibliotecas). 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo necessário para implantação da tecnologia na empresa (visto que só foi adotado para projetos de arquitetura); - Necessidade de formação de mão de obra especializada; - Pouca integração com a equipe de parceiros; - Necessidade de organização para uma boa implantação e controle efetivo no desenvolvimento de projetos; 	<ul style="list-style-type: none"> – Não é considerado todo o ciclo de vida da edificação; - Compreensão que o processo projetual é diferente.
	F	Com BIM	BIM 1.0 (com uso efetivo)	<ul style="list-style-type: none"> - Bibliotecas de componentes (foi gasto muito tempo para modelar bibliotecas). 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo necessário para implantação da tecnologia na empresa; - Pouca integração com a equipe de parceiros; - Necessidade de organização para uma boa implantação e controle efetivo no desenvolvimento de projetos. 	<ul style="list-style-type: none"> – Não é considerado todo o ciclo de vida da edificação; - Compreensão que o processo projetual é diferente. Dificuldade de definições antecipadas que dependem da aprovação do cliente (ex: especificações de materiais).

G	Com BIM	BIM 1.0 (em implantação)	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas de dados na exportação/importação de informações entre programas. - Tempo necessário para implantação da tecnologia na empresa; - Pouca integração com a equipe de parceiros; - Falta de mão de obra especializada, implicando em investimento na formação da mesma. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exigência do mercado para utilização do BIM; - Resistência em trocar a ferramenta utilizada (trocar o AutoCAD pelo Revit); - Não é considerado todo o ciclo de vida da edificação. 	
H	Com BIM	BIM 1.0 (em implantação)	<ul style="list-style-type: none"> - Bibliotecas de componentes (foi gasto muito tempo para modelar bibliotecas); - Custo elevado de hardware e software. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo necessário para implantação da tecnologia na empresa; - Pouca integração com a equipe de parceiros; - Necessidade de organização para uma boa implantação e controle efetivo no desenvolvimento de projetos; - Falta de mão de obra especializada, implicando em investimento na formação da mesma. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não possui ambiente colaborativo de trabalho; - Não é considerado todo o ciclo de vida da edificação; - Exigência do mercado para utilização do BIM;

Quadro 1 – Matriz: categorias versus dimensões versus resultados

Fonte: autora, 2013

3.3. Discussão de resultados

Os dados mostram que fatores tecnológicos influenciam a adoção da modelagem da informação da construção nos escritórios, no entanto, a dimensão cultural e gerencial foram as que mais impactaram a amostra selecionada, sendo apontadas questões que precisam ser resolvidas. O Quadro 2 destaca as questões mais citadas pelas empresas entrevistadas.

DIMENSÃO GERENCIAL	DIMENSÃO CULTURAL
<ul style="list-style-type: none"> • Tempo necessário para a implantação; • Necessidade de formação de mão de obra especializada; • Integração com as equipes de parceiros; • Falta de planejamento para implantação; • Metodologia de projeto, e • Compatibilização de projetos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência em alterar os métodos de trabalho já consolidados, e • Necessidade de mudança na forma de pensar a projetação em um ambiente mais colaborativo e considerando todo o ciclo de vida da edificação.

Quadro 2 – Questões mais citadas das dimensões: gerencial e cultural

Fonte: autora, 2013

As empresas A e B não implantaram a paradigma BIM, ou seja, estão no estágio de adoção pré-BIM. O escritório B está na categoria sem BIM, mesmo tendo feito tentativa de implantação que não logrou êxito. Isto ocorreu por diversos motivos, entre eles: a resistência em mudar o processo de trabalho; o não entendimento do conceito do paradigma com toda sua abrangência; e a falta de um plano de implantação.

Já as empresas C e D avançaram menos na implantação, mesmo possuindo o forte incentivo de um cliente em comum. Os fatores que influenciaram foram: dificuldade para utilizar a tecnologia BIM em projetos de outros clientes, pelo fato dos mesmos não conecerem o paradigma e pressionarem quanto ao tempo de desenvolvimento do projeto; e o tempo para confecção de bibliotecas de componentes diversos, já que os projetos não possuem similaridade. A Figura 1 mostra os fatores que influenciaram a implantação das empresas C e D.

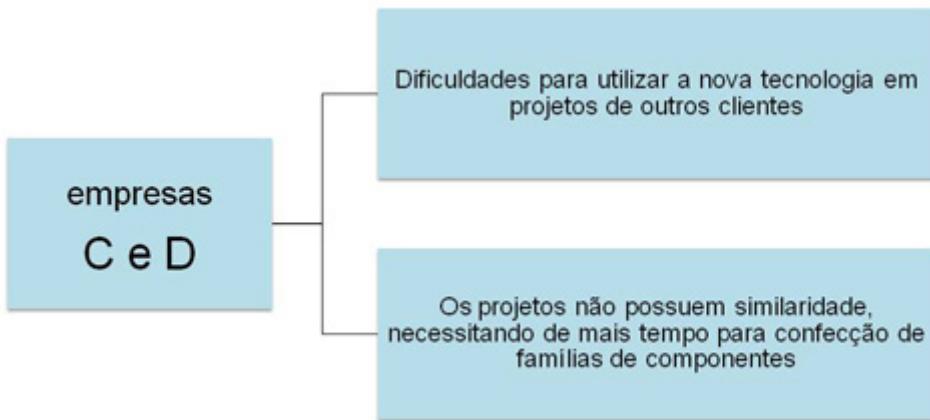


Figura 1 – Fatores determinantes para a implantação do BIM nas empresas C e D
Fonte: autora, 2013

A implantação do BIM nas empresas E e F foram as que mais avançaram devido as particularidades das mesmas, como o fato de desenvolver projetos similares, facilitando a confecção da biblioteca de componentes; a decisão e compromisso gerencial dos diretores; consciência das vantagens da adoção e tempo de mercado da empresa/experiência em projetos. A Figura 2 mostra os fatores que contribuíram para implantação mais célere nestas empresas.



Figura 2 – Fatores determinantes para a implantação do BIM nas empresas E e F
Fonte: autora, 2013

Para a empresa G (projetos estruturais) existem vários benefícios na adoção do BIM, tais como: melhor integração com a fabricação tanto de formas quanto das armaduras; maior facilidade para realizar simulações e estudos de viabilidade do projeto; maior facilidade de verificação de interferências projetuais e redução de conflitos e de retrabalho na obra.

A empresa H (projetos de sistemas de ar condicionado) ressaltou a melhoria na qualidade de projeto devido a melhor visualização durante o desenvolvimento, detectando conflitos e encaminhando as soluções para eles. Também foi relatado o aumento no nível de detalhe no desenvolvimento dos projetos, e consequente melhora na execução do mesmo.

Os dados apontam algumas questões referentes a adoção da tecnologia BIM:

- O BIM demanda trabalho colaborativo, já que é necessária a utilização dos conhecimentos dos diversos projetistas envolvidos, e as informações precisam ser analisadas e utilizadas de forma eficiente;
- O uso do BIM permite um melhor encadeamento entre a realização de projetos e a construção da edificação, possibilitando utilizar informações do modelo para apoiar decisões para melhorar a qualidade do empreendimento. Diante disso, a pressão para a implantação do BIM vem normalmente do contratante, impulsionando o mercado para adoção;
- O uso da tecnologia BIM na fase inicial da projetação facilita a adoção de possibilidades projetuais e a tomada de decisões. Entretanto, o desenvolvimento da concepção inicial com o uso de ferramenta BIM exige mais informações do que o desenvolvimento através de croquis. Assim, deve ser aprofundado o estudo sobre esta questão. A Figura 3 mostra as três questões descritas acima.

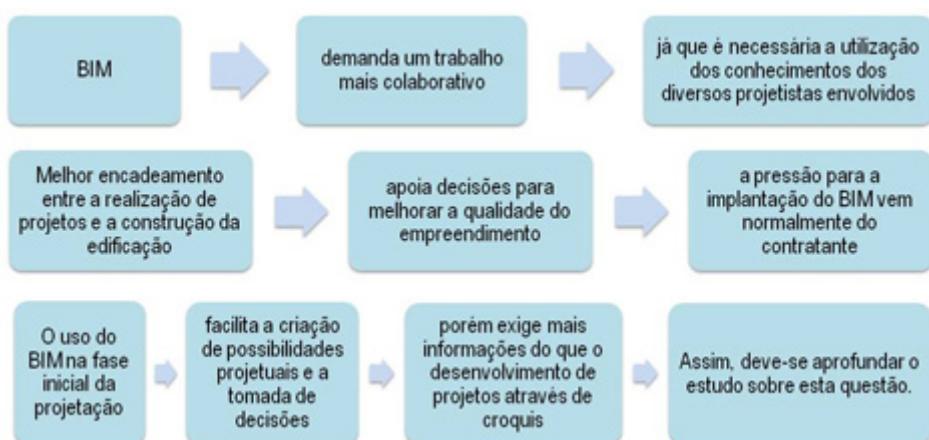


Figura 3 – Questões referentes a adoção do BIM

Fonte: autora, 2013

Várias são as influências exercidas pela mediação da tecnologia BIM na projeção. Observam-se as interações entre o arquiteto e a proposta projetual, pois existe maior possibilidade de visualização e de simulações para auxiliar na tomada de decisões. Outra influência é em relação à modelagem paramétrica, pois esta permite explorar um maior número de diferentes configurações geométricas, facilitando a avaliação de alternativas de solução para a edificação. Também deve ser considerada a automatização da documentação, já que a representação gráfica a partir do modelo BIM acontece através das suas instâncias de visualização. Por último, destaca-se a projeção colaborativa no processo BIM, pois esta é facilitada pela existência de uma base de dados integrada, que centraliza todas as informações que são armazenadas e acessadas pelos diversos projetistas, permitindo que os mesmos tenham acesso às informações atualizadas e consistentes, conforme a Figura 4.

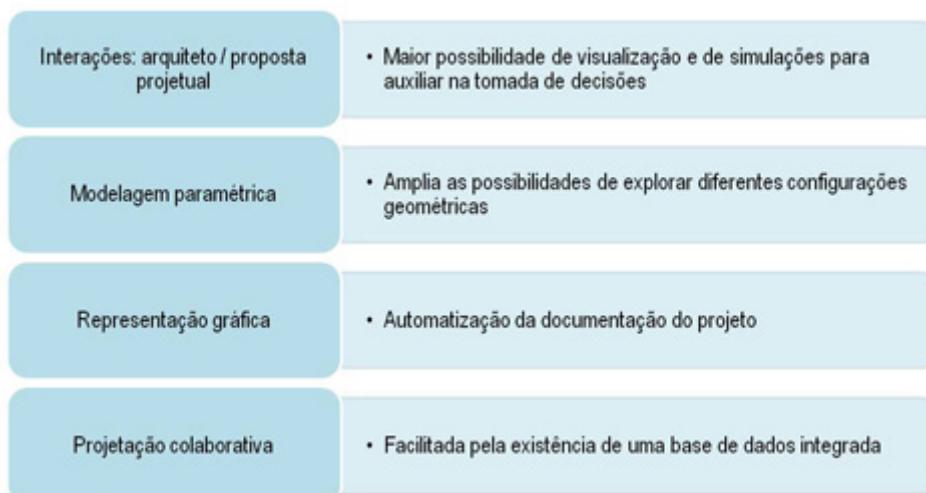


Figura 4 – Influências exercidas pela mediação da tecnologia BIM

Fonte: autora, 2013

Constata-se que mesmo existindo casos em alguns países como Singapura e E.U.A., que se enquadram no estágio de adoção BIM 3.0, o estágio predominante nos países desenvolvidos é o BIM 2.0, e no Brasil, 1.0 para os poucos que a adotaram, conforme explicitado na Figura 5.

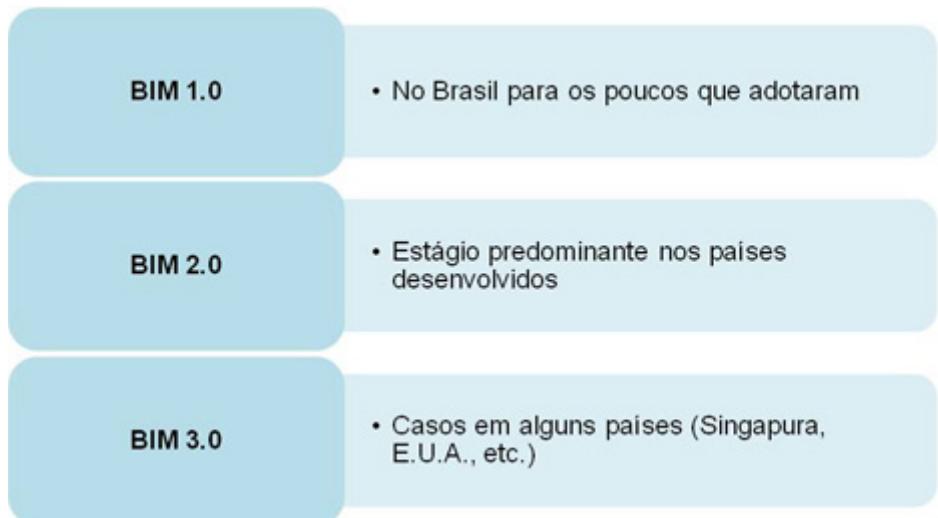


Figura 5 – Níveis de adoção BIM

Fonte: autora, 2013

Esta pesquisa identifica que houveram avanços mais significativos na implantação do BIM em um escritório em relação à outro. Infere-se que isto deve-se à diversos fatores como: o tipo de projeto desenvolvido, ou seja, se são projetos com similaridade ou não; o tempo necessário para confecção de bibliotecas de componentes; solicitação de mercado; e visão e experiência dos diretores da empresa.

Sendo que a combinação da perspectiva de resultados e a experiência dos diretores, seja ela na condução de projetos complexos ou no conhecimento das tecnologias e suas possibilidades, configura-se como o fator mais determinante para o avanço e sucesso das experiências de implementação. A Figura 6 mostra os fatores inferidos que influenciaram a implantação.



Figura 6 – Fatores determinantes para implantação do BIM

Fonte: autora, 2013

Os resultados da pesquisa de campo realizada embora não possam ser generalizados tendo em vista o tamanho reduzido da amostra e a sua dimensão geográfica, são elucidativos para a compreensão do processo de adoção do paradigma BIM em escritórios de arquitetura. Assim, a partir do entendimento desse panorama, espera-se contribuir para que esta adoção possa acontecer de forma mais efetiva e produza os resultados esperados.

4. Proposição e Discussão de Procedimentos para Implantação da Tecnologia BIM

Os resultados da pesquisa de campo indicam que em Salvador existem poucos profissionais que trabalham com a Modelagem da Informação da Construção e que a maioria ainda não adotou este paradigma. Assim, este trabalho procura contribuir para a adoção da tecnologia BIM em escritórios de projetos de arquitetura, apontando procedimentos a serem observados, a partir de revisão bibliográfica, da pesquisa de campo e da análise dos dados compilados.

Várias são as dificuldades encontradas numa implantação de BIM: escassez de mão de obra capacitada (projetistas, arquitetos, consultores); inexistência de

bibliotecas de componentes nacionais, e especialmente, a falta de compreensão abrangente dos conceitos e dificuldades envolvidos, dentre outras.

Aliado a isso, cada projeto e cada empresa são diferentes, não podendo uma única metodologia contemplar as especificidades de cada situação para a adoção do paradigma BIM. Sendo assim, os passos iniciais devem conduzir a avaliações internas na empresa visando estabelecer o plano de implantação, onde deve ser revista a organização da empresa com objetividade, avaliando a capacidade e disposição dos funcionários em aceitar as mudanças necessárias. O sucesso da implantação está diretamente relacionado com o nível de determinação dos membros da empresa e da eficácia do plano de implantação.

Um dos passos mais importantes para a execução do plano é definir claramente as metas e o uso para a implantação BIM. Estas metas devem ser específicas da empresa, visando melhorar as etapas de planejamento, projeto, construção e operação do empreendimento. Como exemplo de meta, tem-se o desenvolvimento de projetos mais eficientes em relação ao consumo de energia através da interação de “modelos de energia” e da coordenação 3D dos sistemas da edificação.

O plano de implantação é uma ferramenta estratégica para planejar as interações dos membros da equipe BIM, devendo ser estudados os processos e os métodos de desenvolvimento de projetos que devem ser mapeados e analisados, objetivando definir quais e como serão alterados com a adoção desta tecnologia.

O mapeamento dos processos mostra o sequenciamento e as interações entre os membros das equipes, permitindo que cada membro entenda claramente como os seus processos de trabalho interagem com os processos dos demais membros das outras equipes.

Este plano deve contemplar os procedimentos de colaboração, incluindo a definição de procedimentos de gestão, como: os métodos de comunicação, gerenciamento de documentos, transferência e armazenamento de registros, estruturas de arquivos, permissões de uso, processos de revisão de clashes, armazenamento de arquivos; sistemas de backup; template file; convenções de nomenclatura; bibliotecas padrão e as normas para a partilha de informações, tanto externa quanto internamente.

A Figura 7 ilustra os tópicos que devem compor um plano de implantação BIM.

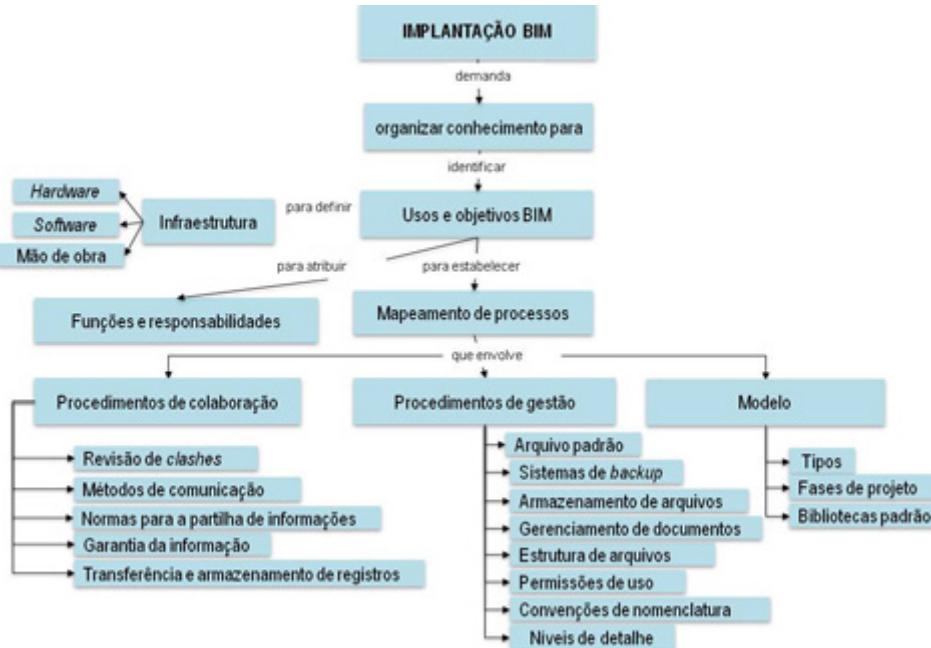


Figura 7 – Mapa conceitual: implantação BIM

Fonte: autora, 2013

É necessário estabelecer o fluxo de trabalho, criando os modelos de arquitetura e das disciplinas complementares por equipes de projeto, integrando os modelos através da coordenação e detecção de conflitos. Posteriormente esses conflitos devem ser resolvidos, gerando um modelo coordenado que produz a documentação e o planejamento da construção. A Figura 8 descreve um ambiente de dados integrado e que permite que as informações sejam compartilhadas entre todos os membros do projeto através das três etapas do ciclo de vida da edificação (estudo de viabilidade, projeto, construção).

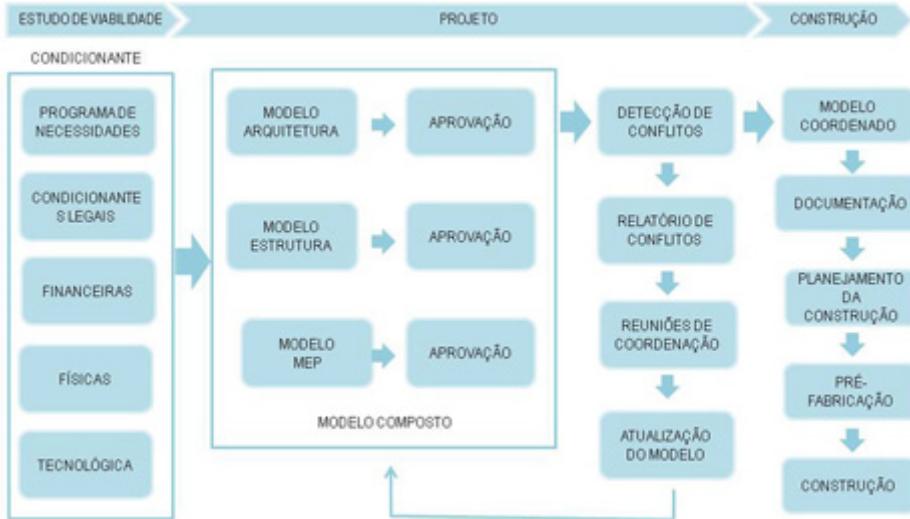


Figura 8: Fluxo de trabalho
Fonte: adaptado de Singapore BIM Guide, 2012

O edifício virtual consiste em um conjunto de modelos produzidos por diversos profissionais, com diferentes níveis de detalhamento, e com diferentes ferramentas, sendo necessário estabelecer inicialmente regras básicas para esses modelos. O modelo deverá evoluir rapidamente durante as etapas do projeto. As mudanças devem ser catalogadas, especialmente quando a tarefa de geração do modelo é dividida e manipulada por profissionais diferentes.

O desenvolvimento do projeto requer níveis de detalhamento apropriados às diversas fases da projetação para cada uso pretendido da informação. Por exemplo, um modelo utilizado para o estudo de massa requer muito menos detalhe do que um modelo necessário para a execução da obra.

A Figura 9 ilustra os tipos de modelo e seus usos, como exemplo o modelo de projeto gera a documentação, e o modelo de construção possibilita o planejamento da construção, orçamento e emissão de documentos para pré-fabricação.

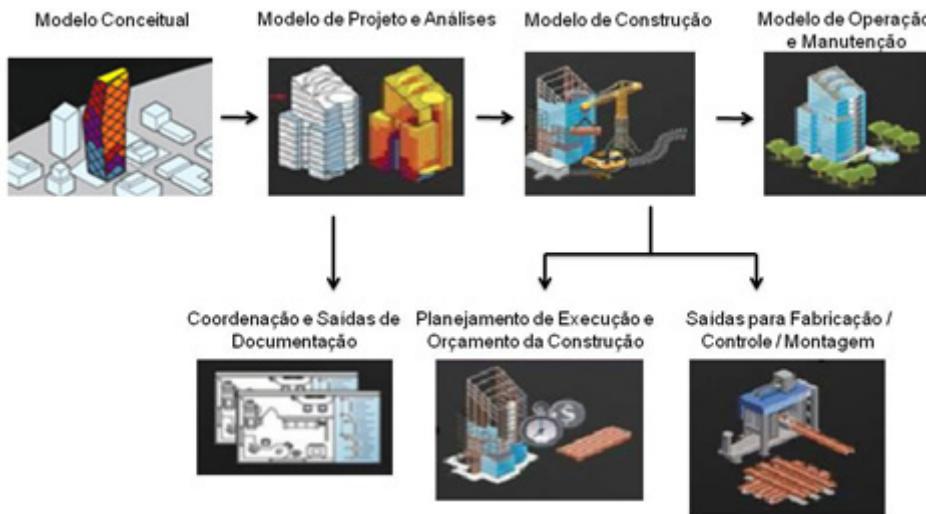


Figura 9 – Tipos de modelos e seus usos
Fonte: adaptado de Melo, 2012

5. Considerações Finais

A pesquisa de campo objetivou conhecer a dimensão qualitativa do uso do paradigma BIM nos escritórios de projeto de arquitetura em Salvador – Bahia, e o impacto gerado pela sua adoção, buscando identificar as dificuldades enfrentadas pelos escritórios de arquitetura nesta implantação, visando propor mecanismos para que o emprego do BIM possa acontecer de forma plena.

A utilização compartilhada das informações com a colaboração antecipada das partes interessadas possibilita o processo de tomada de decisão aberto e colaborativo desde a fase inicial de projeto, contribuindo para a redução de retrabalho, conflitos e custos, pressupondo a geração de um produto de melhor qualidade.

Outra questão a ser destacada é a importância da criação de bibliotecas de componentes, assim como a maior aproximação entre fornecedores, arquitetos e engenheiros. Além de informações detalhadas dos produtos, tais como dimensões e características físicas, também é necessária a introdução de dados relativos ao desempenho dos materiais e componentes.

É importante o papel a ser cumprido pelas universidades, que devem trabalhar questões da formação e da difusão sobre BIM em todas as suas dimensões.

Esta questão está atrelada à outras questões levantadas sobre as dificuldades de implantação do BIM, como: a escassez de mão de obra especializada (arquitetos, engenheiros das diferentes especialidades), a integração com equipes de parceiros, a alteração de métodos de trabalho, dentre outras.

Concluindo, este trabalho apresenta um conjunto básico de assertivas sobre o qual os usuários podem aprimorar as suas visões, adequando-o às suas realidades e especificidades. Finalmente, o paradigma BIM apresenta ainda muitas questões a serem resolvidas, referentes aos modelos gerados, aos processos desenvolvidos e as ferramentas utilizadas, necessitando de desenvolvimento e discussão para que o mesmo se consolide no país. E nisto, este trabalho avança.

Referências

ARAÚJO, A. P. R. Ferramentas BIM para o projeto arquitetônico: estudo comparativo para a adoção em cursos de graduação em arquitetura e urbanismo. In: TIC 2011 - Encontro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, 5., 2011, Salvador, Brasil. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011. 1 CD.

BCA - Building and Construction Authority. Singapore BIM Guide, v 1.0, 2012. 65 p. Disponível em: <http://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM_Guide.htm>. Acesso em: 15 mar. 2013.

MELO, R. B. BIM e custos: Maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff. In: **Autodesk University Brasil**, 2., 2012, São Paulo. Disponível em: <http://communities.autodesk.com/brazil/uploads/aubr2012/AUBR2012_44_Apresentacao.pdf>. Acesso em: 08.03.2013, il. color.

TOBIN, J. **Proto-Building**: To BIM is to Build. AECbytes. Maio, 2008. Disponível em: <www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding_pr.html>. Acesso em: 14 jun. 2011.

Capítulo 12. Estratégias de implantação de BIM em empresas

Abordagem para a introdução do BIM em empresas incorporadoras e construtoras brasileiras: análise crítica sobre as posturas estratégica, tática e operacional

Flavia R. de Souza

Maricy Hisamoto

Eduardo Toledo Santos

Silvio B. Melhado

Resumo

Este trabalho tem como objetivo discutir as abordagens utilizadas pelas empresas de construção civil brasileiras na implementação do conceito BIM. Para tanto, foi realizada uma pesquisa exploratória junto a profissionais atuantes em empresas de construção civil e fabricante de software. Visando embasar a condução da pesquisa, discussões e considerações, o artigo é iniciado com contextualização do setor da construção civil , seguido pela revisão teórica sobre o processo de projeto e modelos de avaliação de maturidade sobre a implementação do conceito BIM. As análises dos dados coletados no durante a pesquisa foram feitas com base no BIM- Project Execution Planning Guide V2. Por fim são sugeridas algumas diretrizes para introdução do conceito nas empresas de Construção Civil e discutida a postura das Instituições Governamentais na introdução do conceito no âmbito Setorial.

Originalmente publicado em: SOUZA, F. R.; HISAMOTO, M.; SANTOS, E. T.; MELHADO, S. B. Abordagem para a introdução do BIM em empresas incorporadoras e construtoras brasileiras: análise crítica sobre as posturas estratégica, tática e operacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais do XVI ENTAC**. Juiz de Fora: UFJF, 2012. p. 338-349.

1. Introdução

Este artigo é parte de um trabalho em desenvolvimento no Programa de Doutorado em Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, cujo objetivo é propor um modelo de gestão para o processo de projeto em empresas incorporadoras brasileiras.

A partir dos modelos teórico propostos por Fabricio e Melhado (2011); Koskela (2002) et al; Emmit at al. (2004), verifica-se que a gestão do processo de projeto ocorre dentro de um determinado contexto social, através de um fluxo evolutivo de informações, geridas por meio de processos e ferramentas. Nesse sentido, o foco deste artigo são as tecnologias associadas ao processo de projeto, com ênfase ao uso do conceito BIM nas empresas construtoras e incorporadoras.

O conceito vem sido ao longo dos últimos sete anos amplamente discutido tanto no meio acadêmico, quanto por parte de empresas produtoras dos software, associações representantes de profissionais do segmento de projetos , bem como por empresas que se propuseram a atuar como pioneiras na introdução do conceito BIM, à exemplo de empresas incorporadoras, construtoras e projetistas. Nesse sentido, este artigo se tem como objetivo discutir como a implementação do conceito BIM tem ocorrido nessas empresas.

De acordo com Checcucci e Amorim (2011), a modelagem da informação da construção envolve grande complexidade pela quantidade de conceitos, ferramentas sofisticadas e processos abertos ou pouco definidos com características diversas que objetivam melhorar os índices de produtividade qualidade e durabilidade da construção, entre outros. Entretanto, ainda é preciso que haja um processo mais amplo de difusão e adoção do BIM por empresas e profissionais do setor da AEC, para que esta modelagem torne-se uma inovação efetiva que traga benefícios e aprimoramentos para os vários segmentos envolvidos na construção civil.

2. O Cenário do Setor da Construção Civil nos Últimos Anos, Anseios e Prospecções

De acordo com Dias e Castelo (2011), o Setor Brasileiro da Construção Civil tem vivido nos últimos um processo de constante crescimento devido principalmente aos seguintes fatores: expansão do crédito; estabilidade econômica e expansão dos programas de moradia social. Nesse contexto, cabe

destacar os acontecimentos e ações que contribuíram para a construção de um cenário positivo ao longo dos últimos seis anos, sendo o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), a capitalização de empresas atuantes no segmento da habitação possibilitado pela abertura de capital nas bolsas de valores e o lançamento do Programa “Minha casa, minha vida” em fevereiro de 2009, os principais marcos deste processo.

De acordo com pesquisa realizada por Dias e Castelo (2011) junto aos empresários do setor, com foco nos que atuam no segmento de habitação, os agentes questionados demonstraram preocupação em relação aos fatores necessários para que o crescimento setorial se sustente ao longo do tempo, com destaque para as questões relacionadas à produtividade: expansão e qualificação da mão de obra e a industrialização dos processos produtivos.

A partir de uma leitura crítica dos dados e considerações apresentados pela pesquisa realizada por Dias e Castelo (2011), verifica-se que as respostas dadas pelos empresários se relacionam diretamente aos efeitos de práticas ineficientes de gestão dos processos de produção.

Contudo, analisando as respostas da pesquisa à luz das causas da baixa produtividade predominante na Construção Civil, questiona-se se é coerente dissociar processos produtivos industrializados do processo de tomada de decisão na fase projetual. Com base no exposto, considera-se que a orientação de investimentos somente nos processos produtivos, sem a preocupação também em investir no processo de projeto, pode ocasionar um futuro descompasso entre a qualidade das decisões tomadas durante a fase de projeto e o potencial de produção.

Nesse contexto, cabe ressaltar as potencialidades das ferramentas associadas ao conceito BIM como aliadas à qualidade da tomada de decisões durante a etapa de projeto, com efeito direto à eficácia do processo produtivo, viabilização da industrialização na construção civil e minimização de riscos associados à produção das edificações e posterior operação.

3. Revisão Teórica

3.1. O Processo de Projeto: contexto sóciotecnico e fluxo de informações

Fabrico e Melhado (2011) caracterizam o projeto como um processo sociotécnico que engloba tanto um processo intelectual de criação e desenvolvimento técnico-cognitivo de informações, como um processo de produção de produtos e serviços.

Sob esse ponto de vista, os autores definem o projeto como resultado de várias interações sociais, sendo definido não só pela atuação de cada projetista, mas também pelas influências mútuas com os clientes, usuários e demais projetistas participantes. Analisando o projeto sob o ponto de vista intelectual, pode ser caracterizado como um processo cognitivo que transforma e cria informações, mediado por uma série de faculdades humanas, pelo conhecimento e por determinadas “técnicas” projetuais, sendo orientado à concepção de objetos e à formulação de soluções de forma a antecipar um produto. Sob a ótica de interação social, de acordo com os autores, a criação projetual tem início a partir de um problema ou uma necessidade, podendo ser analisado como um processo de “bricolagem mental de um time”, que opera por meio de interações entre os agentes num processo de aprendizado coletivo.

Nesse contexto, os autores colocam que a concepção e o desenvolvimento de um projeto de edificações envolvem múltiplas dimensões e profissionais focados nas modelagens financeira e econômica de um empreendimento, na criação e no detalhamento espacial, técnico e construtivo da edificação e no atendimento de normas e legislação de construção. Os autores ressaltam a sofisticação das demandas sociais e dos clientes, associada à ampliação dos conhecimentos tecnológicos disponíveis e à especialização das profissões. Para os autores, a complexidade dos produtos e empreendimentos de construção exige tratar de várias dimensões de projeto e integrá-las, além de dificultar a busca consensual visando à obtenção de soluções projetuais coletivamente aceitáveis.

Sob o ponto de vista do Lean Design, Koskela et al (2002) definem o projeto sob três perspectivas: a) como um processo que transforma entradas em saídas; b) como um fluxo de informações no tempo e espaço; c) um processo que gera valor aos clientes.

Com objetivo de organizar o processo de projeto e torná-lo “manufaturável”, Brookfield (2004), Emmit et al. (2004), propõem a utilização dos conceitos do

Lean Design, através da coordenação dos fluxos de trabalho e informações, desenvolvendo o projeto de forma a produzir soluções tecnológicas e de funcionalidade. Para os autores, o Lean Design pode ser encarado tanto como um processo de gestão, quanto como processo tecnológico. Para a perfeita operacionalização dos princípios propostos, tanto do ponto de vista de gestão quanto de tecnologia, faz-se necessária a estruturação do sistema comunicação para a condução do processo de projeto.

Como processo de gestão, deve ser estruturado partindo das seguintes premissas: a) Compreender os valores intrínsecos e como serão agregados ao projeto; b) Identificar os valores do cliente; c) Estabelecer o trabalho através de fluxos, de forma a reduzir e até remover definitivamente desperdícios e retrabalhos; d) Fazer com que a informação esteja disponível a tempo de ser utilizada; e) Procurar atingir a perfeição, reconhecendo que a melhoria necessita de constante empenho. Como processo tecnológico, o Lean Design parte das seguintes premissas: a) Modularidade ; b)Facilidade para produção; c) Racionalização e redução do número de componentes; d)Redução dos tempos de produção; e) Redução da complexidade do produto; f)Redução do número de operações produtivas; g) Qualidade e confiabilidade.

3.2. BIM : conceitos e uma breve discussão níveis de maturidade

Para Eastman et al. (2008), BIM pode ser definido com o trabalho de modelagem de edifícios associado à um conjunto de processos para a sua produção, comunicação e análise.

De acordo com Andrade e Ruschel (2011), compreender o BIM como ferramentas significa associá-lo a um processo de instrumentação dos profissionais da AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação), ou seja, como aplicativos computacionais para a produção e documentação do projeto do edifício. Para os autores, apesar de ser uma visão muito limitada, é comum alguns profissionais associarem o BIM simplesmente ao uso de software.

Sob um enfoque mais tecnológico, os autores definem BIM como uma tecnologia para o desenvolvimento e uso da informação do projeto de edifício (baseado num modelo de banco de dados) visando à documentação do projeto, simulação da construção e operação do edifício. Os autores colocam que o BIM implica mudanças no processo de projeto, construção e acompanhamento do ciclo de vida do edifício, com novos processos de projeto, baseado na coordenação, na interoperabilidade, no compartilhamento e reuso das informações. De acordo

com os autores, para que para que o modelo virtual holístico seja consolidado é necessário saber quando e como trocar informações, além de quais informações devem ser trocadas. Com base nesses requisitos, é possível compartilhar e coordenar, através de um modelo virtual, as informações do edifício a serem utilizadas por diferentes campos de atividades, estágios do processo de projeto e sob diferentes olhares.

De acordo com Tobim (2008), as três fases de adoção do BIM nos EUA foram: a) Introdução do BIM nos escritórios de projetos (iniciativas individuais); b) Profissionais começam a discutir questões relacionadas à colaboração; c) Discussão e solução de problemas relacionados à interoperabilidade de sistemas. De acordo com o autor, os Norte Americanos encontram-se na fase de discussão das questões de interoperabilidade. Conforme Checcucci e Amorim (2011), estudos de 2009 e 2011 apontam que o BIM encontra-se em fase inicial de adoção no Brasil.

No trabalho proposto por Succar (2009) é proposta a análise de maturidade do Conceito BIM através da Building Information Modelling Maturity Matrix, organizada a partir do cruzamento entre parâmetros de análise e 5 níveis de evolução (Inicial, Definido, Gerenciado, Integrado e Otimizado). Os parâmetros de análise são: BIM Competences Sets (tecnologia, processos e políticas); BIM Capability Stages (modelagem por disciplina, modelagem multidisciplinar e colaborativa, network based integration); Organisational Scales (contexto organizacional, contexto do empreendimento envolvendo diversas partes interessadas, contexto setorial).

No trabalho que vem sendo realizado pelo BIM Industry Working Group (2011), impulsionado por metas estratégicas do governo do Reino Unido e associadas aos empreendimentos públicos do país, a aplicação da tecnologia da informação ao processo de projeto evolui a partir de 4 níveis e são caracterizadas pela utilização de ferramentas computacionais auxiliadas por Normas Técnicas e detalhamento de processos, conforme mostra a Figura 1.

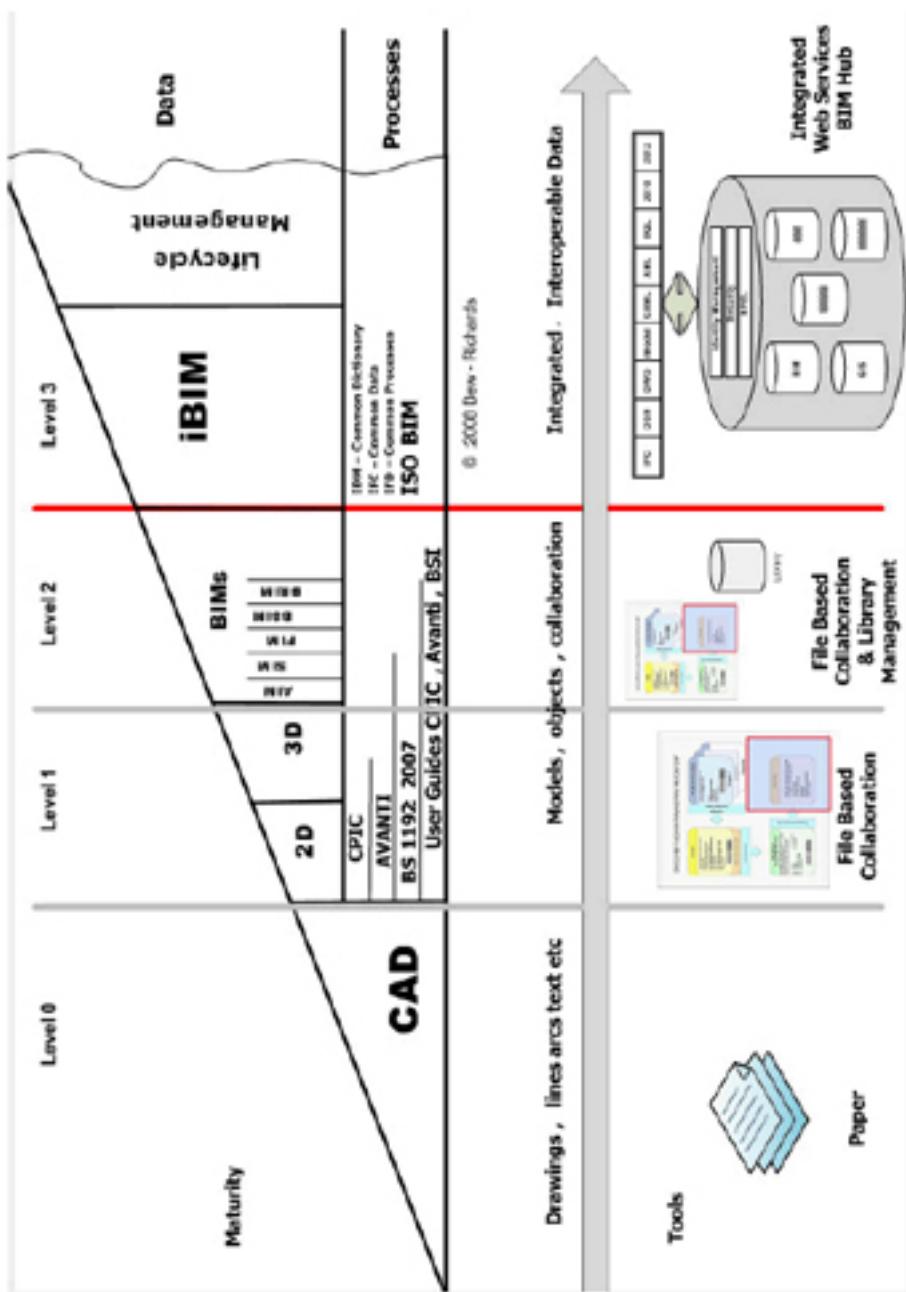


Figura 1: BIM Maturity Levels- BIM Industry Working Group

De acordo com a Figura 1, no nível de maturidade 0, os projetos são trabalhados em CAD “não gerenciáveis”, ou seja, sem o suporte de normalização

e processos definidos. Nesse nível a troca de informações ocorre em maior parte por meio de papel. No nível 1 de maturidade, o trabalho de projeto ocorre em 2D e/ou 3D com base em objetos e modelos , sendo gerenciado através de processos e diretrizes de Normas Técnicas. Nesse nível a troca de informações ocorre por meio de ambientes colaborativos. O nível 2 é caracterizado pela consolidação do BIM, mas o trabalho de projeto ainda não ocorre por meio de um único modelo, ou seja, cada disciplina trabalha um modelo a ser consolidado num momento posterior. Nesse nível, as interfaces entre o modelo BIM e ERP's são desenvolvidas. No nível 3 o avanço de normas, processos e padrões avançam no sentido de possibilitar a interoperabilidade e colaboração plena. Os modelos nesse momento podem ser trabalhados através de web services.

4. Método de Pesquisa

O método de pesquisa utilizado foi do tipo exploratório, através levantamento de informações a partir de entrevistas com especialistas. Embora as entrevistas tenham sido realizadas junto à profissionais de três empresas distintas, as três abordagens convergiram para um mesmo objetivo.

Foram realizadas duas entrevistas com profissionais atuantes na implantação do conceito BIM e empresas de Construção Civil, sendo a primeira uma empresa Incorporadora e a segunda uma empresa Construtora e por fim, a terceira entrevista foi realizada com o diretor de uma empresa fabricante de Software.

Para atender o objetivo desse trabalho, os dados coletados durante a pesquisa serão analisados com base no BIM- Project Execution Planning Guide V2.0, material desenvolvido pelo CIC (Computer Integrated Construction Research Program da Universidade Estadual da Pennsylvania) .

5. Pesquisa Exploratória

Os dados e informações da pesquisa exploratória mostrada e discutida neste artigo, foram coletados a partir entrevistas com profissionais das seguintes empresas:

- Empresa 1: Empresa Incorporadora, atuante no mercado imobiliário da cidade de Salvador. O Profissional entrevistado foi o Arquiteto Coordenador

do Núcleo Bim da Empresa e a entrevista ocorreu em novembro de 2011;

- Empresa 2: Empresa de Engenharia com atuação no setor de construção civil nacional, através da construção produtos de base imobiliária, industriais, residenciais, comerciais. O Profissional entrevistado foi o Gerente da área de Tecnologia da Informação, responsável pela implantação do conceito BIM na empresa junto com a área de engenharia e a entrevista ocorreu em maio de 2012.

- Empresa 3: Empresa fabricante de software com atuação mundial. O Profissional entrevistado foi o Diretor Técnico da empresa e a entrevista ocorreu em maio de 2012.

As entrevistas realizadas com as empresas 1 e 2 tiveram como objetivo compreender quais os objetivos iniciais na introdução do conceito BIM, quem foram os responsáveis ou patrocinadores pela iniciativa na empresa, qual foi o planejamento e ações iniciais, como tem ocorrido a operacionalização do conceito, com ênfase para a evolução dos objetivos e gestão do conhecimento.

Quanto à empresa 3, o objetivo foi compreender como a empresa tem se estruturado para atender e dar o suporte para os clientes na tomada de decisão de introdução do conceito BIM e durante a implementação. Além disso, foram discutidas questões setoriais e culturais que de certa forma, têm dificultado a disseminação do conceito no âmbito da indústria de construção civil.

Quanto às referências para análises, o capítulo 7 do BIM- Project Execution Planning Guide V2, trata da implantação do conceito BIM no âmbito da Empresa de Construção. De acordo com a referência, a implementação do BIM deve ocorrer a partir dos seguintes passos:

- Definição da Missão, objetivos a serem atingidos, utilizações e entregáveis de projeto;
- Identificação e desenho de processos visando a troca adequada de informações;
- Definição de troca de informações e responsabilidades;
- Definição e implantação da adequada infraestrutura para utilização do BIM tais como: Estratégias e Contratos; Procedimentos de Comunicação; Tecnologia (hardware e software); Modelo e procedimentos para a gestão da qualidade.
- Elaboração de um plano de implantação com o objetivo de exercer a gestão sob a condução do projeto de implantação.

Item	Empresa 1	Empresa 2
Objetivos Iniciais	Detecção de interferências (clash detection).	Compatibilização e Detecção de interferências (Clash detection).
Atuais Objetivos	1)Integração com ERP nas áreas de orçamentos, planejamento, projetos e custos; 2)Promover maior utilização na gestão da produção; 3)Criar talentos in-house.	Consolidar uma base de informações provenientes de cada um dos empreendimentos para tomada de decisões nos planos estratégico tático e operacional
Diagnóstico inicial	Não foi realizado. Foi feito um levantamento de necessidades por parte de um dos fabricantes de software.	Não foi realizado.
Escopo inicial	Projeto piloto - modelamento de uma obra já entregue para detecção de todos os problemas de compatibilização e levantamentos de quantitativos.	Empreendimento 1: projetos as built; Empreendimento 2: modelagem do projeto feito inicialmente em 2D; Empreendimentos 3 e 4 : todos os projetos a partir da modelagem.
Pessoas	Houve necessidade de desenvolver competências e contratar novos especialistas	O atual coordenador adquiriu os conhecimentos necessários durante o processo de implantação do conceito Bim na empresa
Plano de Implantação	Não foi elaborado.	Não foi elaborado.
Benefícios já alcançados	Redução de interferências, levantamentos precisos e visualização de seqüência de construção com integração ao Primavera.	Simulação de Alternativas de Projeto Checagem de Quantitativos Modelos de opções de personalização (para melhor visualização do cliente) Auxílio para equipe de produção da obras.
Conhecimento: consultoria, cursos	Consultoria de especialistas da Carnegie Mellon University e suporte da Bentley Systems do Brasil Ltda.	Inicialmente consultoria por parte de um dos parceiros da empresa. Atualmente a empresa conta com a consultoria de um especialista (não declarado).
Envolvimento de parceiros projetista	Sim	Sim
Indicadores	Não fazem uso	Não fazem uso

Fomento do conhecimento	Treinamentos para todos os níveis hierárquicos da empresa.	Treinamentos e troca de conhecimentos através de fóruns.
-------------------------	--	--

Quadro 1 – Informações coletadas junto às Empresas 1 e 2 durante as entrevistas

Item	Empresa 1	Empresa 2
Projetos em BIM desenvolvidos por todas as especialidades de projetos (arquitetura, estruturas, fundações, instalações prediais)	Todas as especialidades em todos os empreendimentos	Todas as especialidades em todos os empreendimentos
Trocas de arquivos através de email ou extranets colaborativas	Não praticado mais na empresa	Não praticado mais na empresa
BIM utilizado para visualização 3D e compatibilização	Sim	Sim
BIM utilizado para extração de quantitativos e elaboração de orçamento	Sim	Proj piloto
BIM utilizado planejamento do tempo e elaboração de cronogramas	Sim	Proj piloto
BIM utilizado para simulação da produção visando a racionalização dos recursos	Sim	Proj piloto
BIM utilizado para simulação da operação das edificações	Sim	Não praticado
As trocas de informações ocorrem por meio de um Model Server na rede local	Sim	Em implantação: proj piloto
As trocas de informações ocorrem por meio de um Model Server na Wan	Não	Não
Existe divisão do trabalho na construção do modelo que permita a atuação eficaz de toda a equipe	Sim	Sim
Os Processos de trabalho em BIM na empresa encontram-se definidos e em operação em todas a empresa	Sim	Em desenvolvimento
Os processos de trabalho interorganizacionais encontram-se definidos e em operação	Sim	Em desenvolvimento
A empresa utiliza uma base de indicadores par mediar a melhoria da qualidade e produtividade em função da utilização do BIM	Não	Não

Quadro 2 – Conhecimento da Empresa sobre o Conceito BIM e ferramentas, de acordo com os entrevistados

Quanto ao Profissional da empresa fabricante de software, é colocado que, em princípio o processo de implantação do conceito no Brasil tem sido mais difícil, se comparado à outros países, em função da pouca padronização predominante

do setor, desde os competentes até os produtos de construção (incorporação, infraestrutura, etc). Outro aspecto que agrava dificuldade é a fragmentação do processo de construção, desde a concepção do produto, passando pelo projeto até a construção. Por fim, o entrevistado ressalta o pouco entendimento por parte dos empresários sobre as potencialidades do conceito BIM e benefícios em desenvolver um modelo integrado de projeto, levando-os a encarar os valores de implantação como despesas e não como investimento.

O processo de modelagem, de acordo com o entrevistado, requer mais interações do que o processo de projeto conduzido em 2D. Nesse sentido, o coordenador tem um papel fundamental nesse processo, atuando como articulador técnico. O BIM manager é o profissional que atua na coordenação do projeto sob o ponto de vista da TI, enquanto que o coordenador do processo de projeto deve ter a visão do processo de construção e atua na gestão do processo de projeto, incluído as suas interfaces ao longo de todos o ciclo de vida do empreendimento. Para o entrevistado, os seguintes passos são fundamentais na introdução do conceito nas empresas: 1) Definir os objetivos; 2) A iniciativa ter um patrocinador com poder de decisão na empresa; 3) Estabelecer as metas de tempo, custo e uso de recursos; 4) Escolha do(s) parceiros de software.

De acordo com o Profissional, é fundamental a postura de empresas com poder de disseminação do conceito junto aos seus parceiros. Isto faz com que o processo de implantação do conceito no nível setorial de fato aconteça. No entanto, no Brasil são poucas as empresas que têm tido esta postura.

6. Análises e Discussões

6.1. A Introdução do conceito BIM no Brasil

Com base no modelo de maturidade propostos pelo BIM Industry Working Group (2011), é complexa a atividade de definir em que estágio o Brasil se encontra, uma vez que existe um número significativo de empresas (incorporadoras, projetistas, e construtoras) ainda trabalhando no nível 0.

Por outro lado, as iniciativas de implementação do conceito BIM no Brasil, ainda que pontuais, têm ocorrido por parte de empresas privadas atuantes no segmento imobiliário com parcela significativa de mercado (Gafisa S/A, Método Engenharia, Matec Engenharia e Syene Empreendimentos). Sob o ponto de vista setorial, a discussão para o desenvolvimento de normas e padrões está em andamento. A NBR ISO 12006-2:2010 foi publicada e a discussão da parte

2 desta norma, cujo objetivo é estabelecer uma estrutura para a classificação de informações, encontra-se em desenvolvimento.

Observa-se que a introdução do conceito BIM no Brasil tem sido impulsionada por iniciativas isoladas de empresas Incorporadoras e Construtoras e algumas poucas projetistas que vêm disseminando o uso do conceito junto aos seus parceiros e, na medida do possível, com objetivo de fomentar a introdução do conceito no âmbito setorial, têm procurado divulgar e compartilhar suas experiências.

Nesse contexto, verifica-se que por parte dessas empresas, o objetivo sobre a introdução do conceito BIM está atrelado principalmente à maior assertividade em relação aos custos de obras, detecção de interferências físicas entre sistemas e simulação da produção. Diante desse cenário, essas empresas têm conduzido o processo de implementação basicamente através da mobilização dos seus parceiros de projeto e criação de uma estrutura profissional interna especializada em BIM.

Diante desse cenário e com base no referencial teórico deste artigo, independentemente da “porta de entrada” nas empresas, entende-se que o processo de projeto deve ser repensado e adaptado para a introdução do conceito BIM, uma vez que a modelagem potencializa a eficácia da tomada de decisão durante a fase de projeto, interpretado aqui como o produto de um processo, cujo objetivo é a obtenção de informações qualificadas sobre a edificação, a serem aplicadas durante o processo de produção e operação.

6.2. A Introdução do conceito BIM nas empresas pesquisadas

Conforme já mencionado, a construção da análise dos pontes fortes e fracos seguiu os seguintes parâmetros: introdução do conceito BIM como um projeto de inovação organizacional e de tecnologia, a ser conduzido a partir da orientação a resultados (curto, médio e longo prazos), capacidade de realização e uso de ferramentas e metodologias de gestão adequadas.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
<p>1) Nas duas empresas estudadas, a iniciativa de introduzir o conceito BIM foi de um membro da alta direção;</p> <p>2) As duas empresas disseminaram o conceito junto aos parceiros projetistas;</p> <p>3) As empresas têm contado com ajuda de consultorias, que do ponto de vista técnico, tem ajudado as empresas a estruturar o processo de implantação;</p> <p>4) O início da implantação na empresa 1, ocorreu por meio de um projeto piloto já executado. Dessa forma, a empresa já tinha um montante de informações que a permitisse fazer comparações em relação à eficácia do processo de modelagem;</p> <p>4) Em função do processo de aprendizagem, as duas empresas demonstraram através da atualização dos objetivos, maior maturidade;</p> <p>5) Embora nenhuma das empresas trabalhe com uma base de indicadores, ambas já conseguiram tangibilizar benefícios decorrentes da implantação do conceito;</p> <p>6) Pró-ativide em relação à iniciativa pioneira.</p>	<p>1) As empresas não fizeram a adequada gestão do projeto de implantação do conceito BIM, conforme indicam boas práticas de gestão de projetos e o BIM- Project</p> <p>Execution Planning Guide V2.0, em função da inexistência dos seguintes passos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Não foi realizado um diagnóstico inicial; b) A implantação não foi gerenciada por meio de planos para controle de tempo, pessoas, custos, riscos; c) Os objetivos estabelecidos inicialmente demonstram desconhecimento das potencialidades do BIM nas empresas; d) Não foram estabelecidos benefícios de forma gradativa ao longo do tempo; <p>2) A gestão do conhecimento em função em ambas as empresas não está sendo adequadamente estruturado.</p> <p>3) Nenhuma das duas empresas estruturou uma base de indicadores para acompanhar a eficácia do processo de implantação.</p>

Quadro 3 – Análise sobre aos dados coletados nas entrevistas junto às empresas 1 e 2

Em relação às colocações inferidas pelo Profissional representante da Empresa fabricante de Software, verifica-se que o grande desafio da implementação do BIM nas empresas está associado à característica fragmentada dos empreendimentos de construção civil. Tal fragmentação está associada principalmente aos diversos agentes e empresas atuantes nos empreendimentos ao longo de todos o ciclo de vida.

Com foco à fase de projeto, o cenário apresentado no Brasil é de empreendimentos cada vez mais desafiadores sob o ponto de vista custo e tempo, atrelados à tecnologias construtivas e padrões de exigências cada vez mais rígidos sob o ponto de vista do desempenho e sustentabilidade. Nesse contexto, o trabalho de projeto requer a formação de equipes multidisciplinares com a participação de um número crescente de especialistas, incluindo construtores e operadores da edificação.

Isto posto, a aplicação do conceito BIM, por se tratar de um processo integrador por natureza, carrega consigo mecanismos de colaboração intrínsecos e que fatalmente contribuirão para o tão almejado e discutido processo de projeto de fato colaborativo.

Contudo, uma vez que o projeto se trata de um processo socio-técnico, uso da tecnologia deve estar associado às práticas de gestão. Nesse cenário, atuação de Gestor do Processo de Projeto, potencializa o adequado uso de tecnologias e ferramentas associadas ao conceito BIM na tomada durante o processo de projeto.

7. Considerações Finais

A iniciativa sobre a implantação do conceito BIM no contexto da empresa Incorporadora e/ou Construtora deve ser uma decisão estratégica, já que traz consigo a necessidade de investimentos, impacto sobre práticas vigentes na condução do processo de projeto e portanto, quebras de paradigmas.

Em função do estudo exploratório e análises, sugere-se que antes do trabalho efetivo de implementação do Conceito BIM, um diagnóstico detalhado deve ser realizado na empresa, com base nas seguintes questões: problemas atuais em relação ao processo de projeto, cenário vislumbrado e análise de como o Conceito BIM pode auxiliar na evolução desse processo, análise da capacidade tecnológica (processos, políticas, hardware, software), análise de competências e levantamento de partes interessadas e riscos, principalmente no âmbito dos empreendimentos.

Com base nesse diagnóstico, os objetivos devem ser estabelecidos e sugerir-se que projeto de implantação seja conduzido através das seguintes ações:

- Contratação de um especialista com atuação reconhecida sobre a tecnologia;
- Escolha do(s) Empreendimento(s) piloto(s);
- Nomeação de um Gerente para o Projeto de Implementação com conhecimento e experiência adequada em relação aos processos e sistemas de construção, bem como sobre Tecnologia da Informação aplicada à construção civil;
- Formação de um time interno de apoio aberto às novas tecnologias e preparado para lidar com barreiras internas, tais como, pouca abertura à mudança, visões viciadas sobre o processo de construção, entre outras. Caso

seja sinalizado que as barreiras internas estão inviabilizando a continuidade do projeto, a empresa deve analisar a possibilidade de trazer para o time um especialista em Gestão de Mudanças;

- A estruturação da implementação como um Projeto de Inovação Organizacional, com início e fim definidos;
- Como um projeto, deve ser estabelecido o seu ciclo de vida, escopo, objetivos, premissas e restrições;
- Os objetivos devem ser traduzidos em benefícios mensuráveis a serem atingidos ao longo do ciclo de vida;
- A Gestão do projeto de implantação deve ser conduzida com base em indicadores que mostrem o seu progresso e os ganhos em relação à aplicação da tecnologia;
- O projeto de implantação deve ter como pilares: colaboração, criação gestão e disseminação de conhecimento, principalmente o conhecimento explícito;
- O projeto deve ser estruturado e gerido partir de planos: escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicação, riscos e aquisições;
- Acompanhamento sistemático por parte do patrocinador, alta direção e time envolvido.

Através do estudo exploratório, foi constatado grande dificuldade por parte das empresas pioneiras nesse processo. Nesse sentido, verifica-se a necessidade de repensar a estratégia de introdução do Conceito BIM sob o ponto de vista setorial, à exemplo do que vem sendo feito no Reino Unido, através do BIM Industry Working Group .

A estruturação de um projeto setorial, puxado pelo Ministério das Cidades e/ ou Caixa Econômica Federal, envolvendo a atuação das instituições representantes de todos os agentes da cadeia produtiva da construção civil e com metas estratégicas atreladas aos programas do Governo Federal, tais como PAC e “Minha casa, minha vida”, viabilizaria a introdução do conceito BIM de forma estruturada e gerenciável no contexto setorial.

Referências

ANDRADE, M.L.V.X., RUSCHEL, R.C. **Building Information Modelling (BIM)**. Oficina de Textos: O Processo de Projeto em Arquitetura –Organização: C.K. Kowaltowski, Daniel de Carvalho Moreira, João D.R. Petreche, Márcio M. Fabricio. Editora Oficina de Textos . São Paulo, 2011.pg 421-441.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. **BIM Handbook**: a guide to building information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers nad Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

SUCCAR, B. **Building Information Modelling Maturity Matrix**. Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. 2009.

BIM INDUSTRY WORJING GROUP. A report for the Government Construction Client Group Building Information Modelling Work Party Strategy Paper (2011)

CHECCUCCI, E. S., AMORIM, A.L. Modelagem da Informação da Construção como Inovação Tecnológica. **Anais do V TIC**, 2011 – Salvador, BA. 15p.

EMMITT, S., SABDER, D. , CHISTOFFERSON, A.K.. Implementing value through lean design management. **International Group for Lean Construction** (IGLC) Conference-iglc2004.dk

EMMITT, S.. Architectural Managemenet- en evolving field. Engineering. **Construction and Architectural Management**, v.6,n.2, p. 188-196 .December/2001.

EMMITT,,S , OTTER,A.. Managing design with the effective use of communication media: the relationship between design dialogues and design team meetings. **CIB WORLD BUILDING CONGRESS PROCEEDINGS**,2007, Cape Town, South Africa,2007.pp 1072-1079.

EMMITT, S., SABDER, D., CHISTOFFERSON, A.K.. The value universe: defining a value based approach to lean construction. **Conference of the International Group for Lean Construction Proceedings**, 2005 - iglc.net

FABRICIO, M.M.; MELHADO, S.B.. **O processo cognitivo e o social de projeto**. Oficina de Textos: O Processo de Projeto em Arquitetura – Organização: C.K. Kowaltowski, Daniel de Carvalho Moreira, João D.R. Petreche, Márcio M. Fabricio. Editora Oficina de Textos . São Paulo, 2011.pg 57-62.

KOSKELA, L., PEKKA H., and JARKKO,L. “Design Management in Building Construction: from theory to practice.” **Journal of Construction Research**, Vol.3; N.1; 2002: 1-16.

Melhado, B. Silvio. “Tese (Doutorado).” In: **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios:** aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção, 294. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994.

MELHADO,S. B.. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios. 2001. Tese (Livre – Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo . São Paulo, 2001. 235p.

MELHADO,S. B.. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo . São Paulo, 1994. .294p.

MELHADO,S.B et al. Coordenação de Projetos de Edificações. 1 Edição. São Paulo. Editora O Nome da Rosa,2005

OWEN, R. et al. “Challlenges for Integrated Design and Delivery Solutions.” Architectural Engineering and Design Management, 2010: 232-240.

CASTELO, A.M. , DIAS, E.C. Executivos apontam razões do sucesso setorial e os desafios para o crescimento. **Revista Conjuntura da Construção**, Ano IX, N° 3, - Sinduscon- SP e FGV. Set. 2011 Disponível em <http://www.sindusconsp.com.br/>: . Acesso em 2, NOV.2011.

RISCHMOLLER, L., L.F. ALARCÓN, E , L. KOSKELA. “Improving value generation in the design process of industrial projects using CAVT.” **Journal of Management in Engineering** , 2006: 52-60.



Parte 2

Pesquisa, desenvolvimento e aplicações

Capítulo 1. Desenvolvimentos para alvenaria de blocos de concreto

Artigo 1

Utilização do CAD-BIM para projeto de alvenaria de blocos de concreto

Cervantes AyresFilho

Fabíola Azuma

Sérgio Scheer

Resumo

Proposta: Apresentar um experimento de especialização de objetos paramétricos nativos. Discutir os requisitos necessários para uma ferramenta CAD-BIM direcionada para automatização da geração da documentação projetual de alvenaria de blocos de concreto. Abordar forma de implementação de sistemas CAD-BIM para este contexto e apresentar um modelo de processamento de dados. Método de pesquisa/Abordagens: Baseado em uma pesquisa da literatura e teste empírico. Resultados: explorar e disseminar no meio acadêmico a capacidade da tecnologia CAD-BIM para automatização da documentação projetual de alvenaria de blocos de concreto. Contribuições/Originalidade: Apresentação dos resultados do teste empírico de objetos paramétricos especializados, de uma lista de requisitos necessários à implementação de um CAD-BIM para alvenaria de blocos de concreto e de um modelo de processamento de dados.

Originalmente publicado em: AYRES FILHO, C.; AZUMA, F.; SCHEER, S. Utilização do CADBIM para projeto de alvenaria de blocos de concreto. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., 2008, São Paulo. **Anais do VIII WBGPPCE**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008. v.1. p.1-6.

1. BIM, CAD e a Modelagem Paramétrica

Vários autores definem BIM como o processo de gestão da informação envolvida em todo o ciclo de vida de um edifício (TSE et al., 2005; CAMPBELL, 2007) Dentre os diversos sistemas computacionais que dão suporte à BIM, LEE et al., 2006 ressaltam o papel fundamental da nova geração de CADs (Computer Aided Design), uma vez que a produção de informações gráficas precisas e confiáveis é essencial para a indústria da AEC.

Um dos princípios dos BIM CADs, independente do fabricante, é a extração automatizada de informações, a partir de um modelo composto por objetos que representam os elementos construtivos do edifício projetado. Por isso, dentre as suas funções, estão incluídas rotinas que se encarregam de automatizar boa parte da documentação projetual como cortes, elevações, perspectivas, layouts, além de relatórios de quantificação de materiais (IBRAHIM et al., 2004; TSE et al., 2005; MOUM, 2006; MAO et al., 2007; CAMPBELL, 2007). Essas rotinas são importantes agentes na melhoria do processo de projeto, porém geralmente respondem apenas às situações mais genéricas, de maior abrangência na construção, ficando as especificidades (decorrentes de características regionais ou do sistema construtivo) a cargo do usuário. Parte disso decorre da estratégia comercial adotada pelos fabricantes dos BIM CADs, que investem prioritariamente na melhoria das interfaces básicas e nas funcionalidades mais genéricas de modo a tornar o produto adaptável ao maior número possível de consumidores, em nível mundial. Para compensar essa carência de detalhamento de sistemas construtivos ou regiões específicas, as próprias fabricantes anunciam a possibilidade de aprimorar as funções básicas dos seus aplicativos.

2. Objetivo e Método de Pesquisa

Diante desse contexto apresentado, o objetivo desse artigo é apresentar os resultados de um experimento no qual foi customizada uma ferramenta CAD-BIM de maneira a se adaptar às peculiaridades do processo de projeto de alvenaria de blocos de concreto. Esse experimento foi realizado baseado no software ArchiCAD. A partir dessa ferramenta customizada, a extração automática da documentação projetual foi permitida, aumentando a eficiência do projetista com grande nível de detalhamento executivo. Essa experiência abordou apenas a especialização do objeto paramétrico para o bloco de concreto, porém permitiu grandes reflexões. Com base nessa experiência adquirida, uma nova lista de

funcionalidades para sistema CAD-BIM direcionada para processo de projeto de alvenaria de blocos de concreto foi desenvolvida, e assim, elaborado um modelo de processamento de dados nessas condições. O trabalho foi principalmente baseado na pesquisa da literatura a respeito das particularidades do projeto executivo de alvenaria de blocos de concreto e das formas de aprimorar as funcionalidades genéricas da ferramenta CAD-BIM.

3. Resultado do experimento – Desenvolvimento de objetos paramétricos

O objeto paramétrico para representar os blocos de concreto foi desenvolvido através da programação GDL no próprio software Archi-CAD. Uma vez definido o novo objeto paramétrico, a sua utilização consistia em duas etapas: primeiro a inserção e a definição da posição e do comprimento do objeto que representará a parede de blocos ocorre na janela de edição do ArchiCAD – em geral a planta (fig. 1). Segundo, os parâmetros complementares são definidos posteriormente, em um painel de opções (fig. 2). Através desse painel é possível visualizar o resultado da combinação dos diferentes parâmetros escolhidos, antes de retornar à janela de edição do projeto.

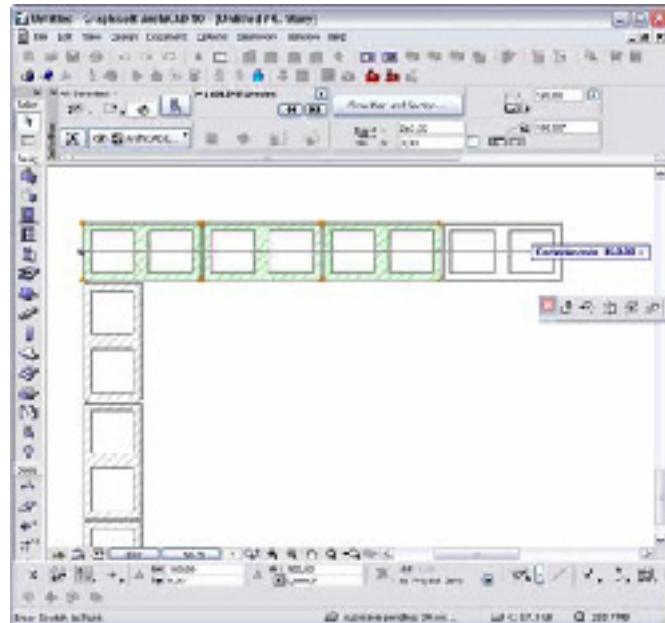


Fig. 01: Inserção do objeto paramétrico em planta e edição do seu comprimento limitado pelo módulo básico.



Fig. 02: Painel de configurações do objeto parede.

Seguindo o padrão dos CADs BIM, há parâmetros para controlar a representação do objeto paramétrico nos quatro tipos de visualização: planta, corte, elevação e perspectiva. Isso garante que o objeto desempenhe o comportamento adequado para cada situação. Por exemplo, as paredes interceptadas pelo plano de corte da vista são hachuradas, enquanto as demais não. Quando visualizados em elevação, os objetos representam automaticamente todos os blocos da parede. Todas as vistas, incluindo a perspectiva são geradas automaticamente.

O nível de informação a ser exibido (i.e. detalhamento) é controlado por parâmetros que interpretam as configurações globais da janela de edição do ArchiCAD. Desse modo, selecionar uma escala de representação para a vista selecionada provoca a atualização automática de todos os objetos visualizados (fig. 3). Outra funcionalidade que se utilizou das configurações globais foi a automatização da geração de plantas das diferentes fiadas de blocos de concreto. Através da modificação da “altura do plano de corte” da planta, os objetos são atualizados automaticamente, mostrando a configuração dos blocos da fiada cortada pela nova altura (fig. 4). Essa funcionalidade foi essencial para agilizar a geração da documentação (plantas de fiadas) necessária para a construção, e reduziu drasticamente, quando não eliminou por completa, etapas posteriores de detalhamento.

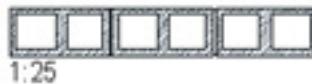


Fig.03: Representações automáticas do mesmo objeto paramétrico conforme escala.

Fig.04: Representação automática dos blocos de fiada.

Códigos adicionais permitiram que o objeto paramétrico assumisse funções além das paredes simples. Eles também podiam ser configurados para representarem elementos construtivos complementares: peitoris, arquitraves, pingadeiras, elementos vazados.

4. Funcionalidades para implementar um CAD-BIM direcionado para alvenaria de blocos de concreto

Esse experimento baseado na especialização de objetos nativos do CAD-BIM permitiu a extração de documentação detalhada de projeto de alvenaria diretamente do modelo de dados. A partir dessa experimentação foi possível refletir e explorar o potencial da tecnologia BIM para projeto de alvenaria, considerando suas peculiaridades executivas. Portanto, essa seção apresenta as principais funcionalidades para automatizar a geração da documentação de projeto de alvenaria com CAD-BIM através do aprimoramento da inteligência contextual dos objetos paramétricos especializados. Essas principais características foram relacionadas em tópicos e descritas a seguir:

Top-down modeling: durante as fases iniciais do desenvolvimento do projeto de edificação, há um grande número de indeterminações com relação aos espaços, sistemas construtivos e materiais do edifício. Nessas fases, os objetos paramétricos devem se comportar de maneira abstrata e genérica, permitindo um manuseio ágil e sucessivas modificações. Conforme prossegue o desenvolvimento, os objetos paramétricos devem ser capazes de armazenar

informações mais detalhadas, e se comportar de modo mais específico (LEE et al., 2006). Uma desvantagem da utilização de objetos paramétricos complexos e excessivamente determinantes nos estágios iniciais da modelagem do edifício é sobrecarregar o projetista com informações que serão determinadas apenas em etapas posteriores. CHENG (2006) também alerta para o fato de que modelagens que se baseiam em sistemas muito complexos podem prejudicar o processo de experimentação que é inherente à concepção arquitetônica.

Comportamento dos objetos: os objetos paramétricos são as peças fundamentais dos BIM CADs. Eles associam a descrição dos elementos construtivos a comportamentos que definem, dentre outras possibilidades, o modo como o objeto deve ser representado graficamente em cada forma de visualização do projeto (planta, elevação, corte, perspectiva). A ferramenta deve, portanto, gerar comportamentos para os objetos paramétricos de modo a automatizar a representação das paredes de alvenaria em quaisquer vistas selecionadas pelo usuário. Essa capacidade tornaria possível a extração automática de plantas de fiadas, cortes e elevações das paredes incluindo a indicação dos blocos, e perspectivas que auxiliem na compreensão da montagem dos elementos.

Blocos e Tijolos: são as unidades básicas da alvenaria e variam consideravelmente de acordo com a região geográfica. Por isso, deve haver suporte para vários tipos de unidades, e também deve ser possível a criação de novas, a partir das descrições fornecidas pelo operador. Diferentes tipos de blocos ou tijolos podem ser utilizados em uma mesma construção (e. g. paredes externas e internas), de onde se conclui que essa característica deve ser um parâmetro do objeto que representará a parede.

Fiadas: são as regras de assentamento das unidades básicas. Podem variar consideravelmente de região para região (assim como os blocos e tijolos) e também de acordo com a unidade básica selecionada. Por isso, também deve ser possível a criação de novos tipos de fiadas, através da descrição de suas regras básicas. Outro aspecto crítico é a correta interpretação da unidade básica, independente da posição de assentamento (e. g. “tijolo deitado” e “tijolo em pé”).

Suporte à coordenação modular e zonas neutras: com base no bloco e na fiada selecionados, a modificação das dimensões de um determinado objeto seria limitada por múltiplos do módulo da unidade básica. Dimensões que não se encaixassem na modulação seriam demonstradas claramente ao projetista (e. g. através de hachuras). Nestes casos, deveria haver no mínimo duas possibilidades: inserir automaticamente unidades ou materiais para fazer o ajuste, conforme regras que a fiada determinasse; ou informar o usuário, que poderia então decidir se realiza o ajuste modular ou redimensiona os objetos envolvidos.

Aberturas nas paredes: a ferramenta deve efetuar o deslocamento automático (ou no mínimo sugerir-lo) das aberturas da parede que não se enquadram na modulação da unidade básica. Adicionalmente, com base em definições do usuário, poderiam ser incluídas de forma automática vergas, contra-vergas, caixilhos pré-moldados, elementos de parapeito e lintel, etc.

Interfaces entre paredes: a amarração das juntas entre duas paredes requer elementos que extrapolam os limites geométricos dos objetos geométricos. Exemplos disso são a junta com fiadas intercaladas (na qual os blocos das fiadas ímpares e pares das duas paredes se interpõem, de modo a transferir os esforços entre os diferentes planos); telas e armaduras de amarração (PFEIFER et al., 2001). A resolução dessa situação depende de uma refinada capacidade do objeto de reconhecer corretamente o contexto onde está inserido, adaptando-se.

Interfaces com demais elementos construtivos: a ferramenta deve ajustar automaticamente o objeto paramétrico em situações de encontro com lajes, pilares, vigas, baldrames, etc., inserindo os elementos necessários. Um exemplo típico seria a inserção automática de blocos “J” (ou canaletas) na última fiada das paredes, quando houvesse acima delas um objeto paramétrico representando uma laje.

Empenas: planos de parede cortados diagonalmente apresentam um desafio especial. A sua representação gráfica deve considerar a parede como um polígono irregular (no mínimo um trapézio), e pode haver vários ângulos decorrentes de várias operações de corte realizadas no objeto. Uma função bastante útil seria sugerir para o usuário ângulos de corte que permitissem reduzir a perda de blocos, considerando as configurações de fiada selecionadas.

Instalações: uma função essencial para a ferramenta é a indicação da posição das instalações (elétrica, hidráulica, lógica, etc.), de modo a permitir, a partir de regras que podem ser definidas pelo usuário, a identificação automática de blocos próprios para a passagem dos condutores.

Função estrutural: definir uma parede como portante abre um novo leque de situações a serem atendidas pela ferramenta. Deve-se, por exemplo, representar cintas de amarração e pilares conformados pelos ocos dos blocos da alvenaria, além das armaduras destes elementos estruturais. Essa situação poderia ser atendida com uma abordagem semelhante ao item “instalações”: a identificação da posição dos elementos pelo usuário. Uma versão mais sofisticada da ferramenta poderia inclusive inserir os elementos estruturais automaticamente, com base nos vãos e cargas definidos pelo usuário.

Revestimentos: além de representar as unidades básicas que constituem a alvenaria, a ferramenta deve ser capaz de associar múltiplas camadas

de revestimento, assim como quantificar os componentes utilizados nessas camadas. A ferramenta também deve ser capaz de interpretar o contexto projetual (a fase do projeto, a escala, a vista) para decidir se representa ou não o revestimento. No projeto arquitetônico, por exemplo, visualizar as unidades da alvenaria é desfavorável à correta interpretação da informação (a menos que se trate de alvenaria aparente). No projeto para execução da alvenaria, a visualização do revestimento é que se torna desfavorável à compreensão da informação.

Quantitativos: os objetos criados pela ferramenta devem incluir informações a respeito do consumo dos componentes utilizados, para permitir a quantificação automática dos materiais com base na sua extensão ou volume. A ferramenta deve fornecer funções para emissão de relatórios automáticos, valendo-se de características já presentes nos principais BIM CADs disponíveis. Uma versão mais sofisticada dessa função poderia inclusive considerar a divisão do modelo por setores (e. g. por andares) e incluir no quantitativo o local de entrega dos ‘pacotes’ de materiais necessários para a execução da alvenaria.

Padrões e Normas: além de automatizar a representação gráfica dos elementos que constituem as alvenarias, pode-se automatizar também a descrição de requisitos exigidos para a construção. A partir da inserção dessas informações em bases de dados auxiliares, o CAD BIM pode associar automaticamente descritores e indicadores nos desenhos ou em memoriais à parte, sempre que determinado objeto se enquadrar em critérios previamente estabelecidos. Por exemplo, inserir uma etiqueta com o texto “Seguir NBR 8798:1985” em todos os desenhos que contiverem paredes definidas como alvenaria estrutural de blocos vazados.

A partir da abordagem do aplicativo associado a um CAD BIM e das funcionalidades a serem oferecidas, foi desenvolvida uma sugestão para o modelo de processamento adotado por uma ferramenta que automatize a geração da documentação projetual para obras de alvenaria. Resumidamente, o processamento executado pela ferramenta se utilizaria de um conjunto de objetos básicos para gerar objetos mais elaborados, que conteriam as representações necessárias para automatizar a documentação projetual.

Uma possível solução para a representação dos detalhes construtivos das paredes de alvenaria seria a representação tridimensional de cada um dos blocos que as constituem. Por mais que se possa automatizar esse processo, experiências anteriores deste grupo de pesquisa demonstraram que essa alternativa demanda grande capacidade de processamento, e gera arquivos da ordem de dezenas de megabytes, mesmo para construções simples de pequeno porte. Criar objetos tridimensionais para representar tijolos aparentes pode parecer uma boa opção, mas em muitos casos (talvez a maioria deles), a alvenaria será

revestida, e a visualização da posição de cada bloco se presta apenas à fase de documentação executiva. Como alternativa, a sugestão apresentada se valeria de uma ferramenta que criasse representações bidimensionais temporárias, de processamento mais rápido, que se adequassem ao tipo de visualização solicitado pelo usuário.

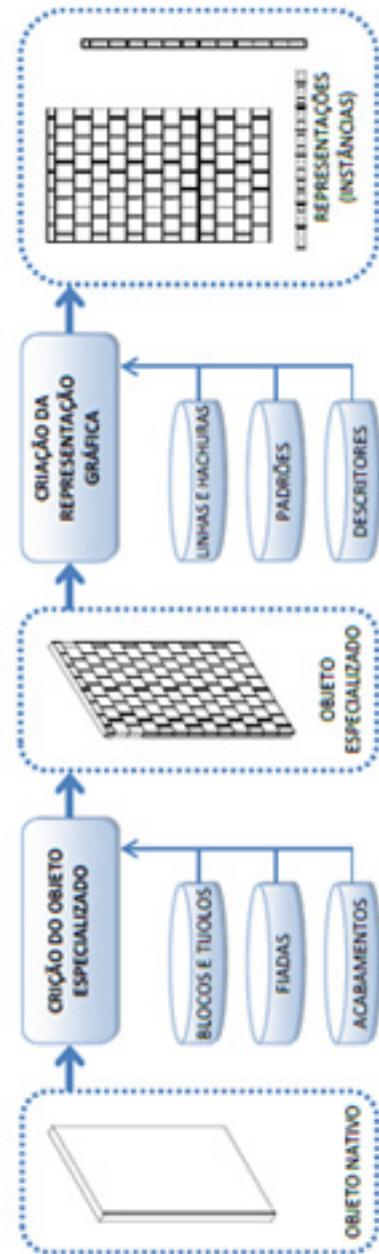


Fig.05: Modelo de processamento de dados

5. Conclusões

O experimento desenvolvido por este grupo de pesquisa e também as experiências relatadas na literatura da área demonstram que as capacidades da modelagem paramétrica, oferecida pelos CADs BIM arquitetônicos, podem tornar viável a geração automatizada de boa parte da documentação projetual. As características responsáveis por essa possibilidade são justamente as que distinguem essa geração de CADs da anterior: o uso de objetos paramétricos, a interpretação semântica das relações entre os objetos que constituem o modelo do edifício, e o armazenamento deste modelo na forma de uma base de dados, da qual podem ser extraídas informações de modo automático. Essas experimentações apontam para a viabilidade da automatização completa da documentação projetual necessária para orientar obras de alvenaria, com grande nível de detalhamento executivo. Uma ferramenta que se proponha a esta tarefa necessitará de diversas rotinas para analisar o contexto e definir comportamentos adequados para os objetos paramétricos, porém grande parte do esforço de programação pode ser eliminado ao se utilizar as funções básicas e interfaces já disponíveis nos CADs BIM. O modelo proposto tem por função orientar a produção dos códigos fonte necessários para criar tal ferramenta, partindo dos pressupostos que orientam a BIM. A automatização da geração da documentação oferece um grande potencial para a melhoria da qualidade do projeto, agregando-lhe valor e melhorando a comunicação entre os agentes envolvidos na construção, na busca contínua da melhoria da qualidade dos produtos finais.

Referências

CAMPBELL, D. A. Building information modeling: the Web3D application for AEC, **Proceedings of the twelfth international conference on 3D web technology**, 2007, pp. 173-176. Disponível em: http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=1229422&type=pdf&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=23642874&CFTOKEN=31571100.

CHENG, R. Questioning the role of BIM in architectural education. **AECBytes Viewpoint**, No. 26, 2006. Disponível em www.aecbytes.com, acessado em 03.2008.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPOREIT, G. Two Approaches to BIM: A Comparative Study. **eCAADe Conference**, 2004. Disponível em <http://www.iit.edu/~krawczyk/miecad04.pdf>.

LEE, G.; SACKS, R.; EASTMAN, C. M. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system, **Automation in Construction**, Vol. 15, No. 6, 2006, pp. 758-776. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09265805>>.

MAO, W.; ZHU, Y.; AHMAD, I. Applying metadata models to unstructured content of construction documents: A view-based approach. **Automation in Construction**. Vol. 16, No. 2, 2007, pp. 242-252. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580506000203>>.

MOUM, A. A framework for exploring the ICT impact on the architectural design process. **ITcon**. Vol. 11, 2006, pp. 409-425. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2006/30>>.

PFEIFER, G., RAMCKE, R., ACHTZIGER, J., and ZILCH, K., **Masonry Construction Manual**. 2001: Birkhauser / Detail.

TSE, T. K.; WONG, K. A.; WONG, K. F. The utilization of building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers, **ITcon**. Vol. 10, 2005, pp. 85–110. Disponível em <http://www.itcon.org/data/works/att/2005_8.content.05676.pdf>.

Algumas abordagens para representação detalhada de elementos de paredes de alvenaria em ferramentas BIM

Ari Monteiro
Rita Cristina Ferreira
Eduardo Toledo Santos

Resumo

As novas ferramentas CAD que suportam o conceito de Building Information Modeling (BIM) baseiam-se na modelagem 3D da geometria do edifício instanciando objetos contidos em famílias. Alguns destes objetos possuem geometria bastante detalhada, enquanto outros se restringem às suas fronteiras mais externas. No caso do objeto “parede”, esta representação limita-se às suas faces externas e uma lista de camadas utilizadas para representar sua composição interna (núcleo e revestimentos). Esta representação torna o arquivo mais leve, favorecendo o desempenho da aplicação. No entanto, para projetos que necessitam de um nível de detalhe superior àquele oferecido por esta solução, como o projeto para produção de vedações verticais em alvenaria (PPVVA), uma representação 3D completa dos elementos da parede é importante. Neste cenário, surge uma questão: como representar os elementos da parede de maneira a atender aos requisitos do PPVVA e, ao mesmo tempo, não degradar o desempenho de manipulação do modelo BIM? Este trabalho propõe duas abordagens principais, comparando-as de forma a identificar suas vantagens e desvantagens para subsidiar uma escolha. A estratégia básica adotada neste trabalho foi a criação de uma família especial na qual um conjunto de blocos já se encontra modelado internamente, utilizando-se um array paramétrico para replicar automaticamente estes blocos e assim compor paredes de qualquer comprimento e altura. Uma análise comparativa destas abordagens é apresentada, destacando-se as suas vantagens e desvantagens. A viabilidade de cada método foi estudada, restringindo-se ao software Autodesk Revit® Architecture 2009, considerando-se os processamentos para geração de vistas 2D e quantificação de componentes, bem como consumo de memória e processamento ligados a cada abordagem, permitindo a tomada de decisão no nível de implementação.

Originalmente publicado em: MONTEIRO, A.; SANTOS, E. T.; FERREIRA, R. C. Algumas Abordagens para Representação Detalhada de Elementos De Paredes De Alvenaria Em Ferramentas BIM. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2009, Rio de Janeiro. **Anais do TIC2009**. Niteroi: UFF, 2009. p. 1-10.

1. Introdução

Os objetos AEC disponibilizados nas ferramentas BIM possuem níveis de detalhe variados. Alguns destes objetos apresentam geometria bem detalhada, enquanto outros se restringem ao seu volume, suprimindo detalhes da sua composição.

Um exemplo é o objeto wall (parede) cuja representação gráfica está limitada às suas dimensões externas. A composição da parede também é representada a partir de uma lista de camadas que definem as características do seu núcleo e de eventuais revestimentos.

Esta representação padrão resulta em arquivos mais leves, que favorecem o desempenho da aplicação. Entretanto, observa-se que, para atender projetos para produção como o PPVVA, é exigido um nível de detalhe superior ao oferecido nas ferramentas BIM disponíveis até o momento no mercado.

A exigência de uma representação 3D mais completa destes elementos no PPVVA advém da intensa atividade de compatibilização entre subsistemas presente neste tipo de projeto. Porém, incrementar o nível de detalhe dos objetos 3D pode acarretar a diminuição do desempenho da aplicação já que uma parede de dimensões medianas é composta por centenas de blocos.

Segundo Eastman (2006), a definição de um modelo de edifício no nível de construção, isto é, com um alto nível de detalhe, é um complicado empreendimento que requer a definição e gerenciamento de milhões de objetos.

Este trabalho tem como objetivo responder à seguinte questão: como representar os elementos da parede de maneira a atender aos requisitos do PPVVA e, ao mesmo tempo, não degradar o desempenho de manipulação do modelo BIM?

Para isto foram estudadas as necessidades de representação para os elementos de uma parede no contexto do PPVVA (seção 2) e duas alternativas de representação para estes elementos (seção 3).

Foram executados experimentos de aplicação (seção 4) destas alternativas usando o Revit® Architecture 2009 que é um dos produtos da solução BIM fornecida pela Autodesk Inc. (AUTODESK, 2008a). Após estes experimentos, os resultados foram analisados (seção 5) com o objetivo de avaliar (seção 6) qual das duas alternativas é a mais adequada para o PPVVA.

2. PPVVA e BIM

A alvenaria “consiste em dispor pedras, tijolos, etc., com argamassa ou não (CORONA; LEMOS, 1972, p. 37), incluindo diversos outros elementos, tais como ferro para reforço, graute, vergas, contravergas etc. (CHING, 1999). Estes elementos podem ser agrupados em três categorias específicas:

- Elementos básicos: blocos, pedras, tijolos;
- Elementos de junção: juntas (que podem ser preenchidas ou não com material aglutinante);
- Elementos de estruturação: vergas, contravergas, telas, etc.

Como o próprio nome diz, os elementos básicos representam a maior parte da composição da parede, sendo estas partes ligadas entre si por juntas. A função das juntas é conferir estabilidade própria aos elementos básicos, bem como garantir outros fatores de desempenho, tais como isolamento acústico e térmico, impermeabilização etc. Os elementos de estruturação têm a função de conferir desempenho adequado à parede nas ligações com outros subsistemas e ou componentes, tais como portas, janelas, vigas, lajes, pilares, etc.

Scheer et al. (2008) sugerem alguns requisitos que ferramentas BIM devem atender para serem úteis no projeto detalhado de alvenaria. Alguns destes requisitos foram considerados nas propostas apresentadas neste trabalho.

3. Alternativas para Representação

Foram propostas duas alternativas para representação dos elementos do PPVVA: uma explícita e outra implícita. Os tópicos seguintes descrevem estas alternativas.

Para a implementação destas alternativas foi utilizado o conceito de famílias de objetos no Revit® Architecture 2009. Uma família é um grupo de elementos que possuem um conjunto de propriedades comuns (parâmetros) e uma representação gráfica. Diferentes elementos de

uma família podem ter diferentes valores em alguns ou todos os seus parâmetros, mas o conjunto de parâmetros (seus nomes e significados) é o mesmo. Estas variações dentro da família são chamadas de tipos ou tipos da

família (AUTODESK, 2009).

Para utilizar uma família, inicialmente, esta deve ser carregada no projeto. Uma vez carregada, os tipos desta família podem ser instanciados no projeto por meio de um comando específico do Revit®. A partir daí, cada instância pode ter seus parâmetros alterados para atender a necessidades específicas do projeto.

Considerando um dos requisitos do PPVVA a necessidade também de representação de vergas e outros elementos constituintes da parede que não blocos e juntas, acredita-se que esses elementos podem ser tratados como o são as vigas, pilares, tubulações, eletrodutos, etc., ou seja, são elementos externos que serão representados explicitamente, na forma usual do Revit®. Sendo a quantidade relativa destes elementos pequena, não requerem uma representação especial para manter o desempenho do sistema. Além do mais, esses elementos já são representados por outros modelos do Revit® (MEP, Structural), os quais estão fora do escopo deste artigo. É necessário criar famílias de vergas e telas/fios para apoiar a modelagem, mas estes serão, a princípio, elementos convencionais.

3.1. Representação explícita

Para simplificar o problema, este artigo foca apenas a representação dos blocos de concreto utilizados para compor a modulação de uma parede. As juntas entre os blocos foram representadas como parâmetros da família, ao invés de elementos 3D.

O primeiro passo no processo de implementação desta alternativa de representação foi a definição da família de blocos que seria modelada no Revit®. Como a idéia era apenas representar qualquer família de blocos, decidiu-se pelos blocos de concreto de um fabricante tradicional, cujas especificações foram coletadas em seu site (GRESCA, 2008).

Após a definição da família de blocos, passou-se à modelagem desta família no Revit®. Para criar uma família, o software dispõe de diversos templates (arquivos modelo). A escolha do arquivo modelo depende de como os tipos da família deverão interagir com os outros elementos do projeto (AUTODESK, 2008b).

No caso específico dos blocos de alvenaria, a ideia é que eles fiquem hospedados em objetos parede. Entre os arquivos modelos (templates) disponíveis, o que atendeu a estas especificações foi o Metric Generic Model wall based.rft. Este tipo de modelo é utilizado para criar famílias de objetos cujos tipos podem ser instanciados apenas dentro de paredes.

Outra característica interessante da utilização deste tipo de arquivo modelo é que algumas dimensões do objeto definido na família podem se ajustar em função das dimensões da parede. Considerando esta característica, o parâmetro da espessura do bloco foi vinculado à espessura do núcleo da parede, ficando os parâmetros comprimento e altura do bloco definidos pelos tipos da família. É um comportamento simplificado em relação aos requisitos do PPVVA, que preveem a possibilidade de diferentes tipos de blocos na mesma parede.

Para definir o ponto de inserção do bloco, foi necessária a definição de um parâmetro chamado centro e o alinhamento do bloco na base da parede de referência existente no arquivo modelo. O parâmetro centro ficou definido em função do parâmetro comprimento do bloco, tendo seu valor calculado pela fórmula comprimento/2. Este também é um comportamento simplificado, pois pode-se ter diferentes alinhamentos de blocos numa parede.

Finalmente, foram definidos os tipos da família de blocos considerando apenas seus comprimentos e alturas (Figura 1).

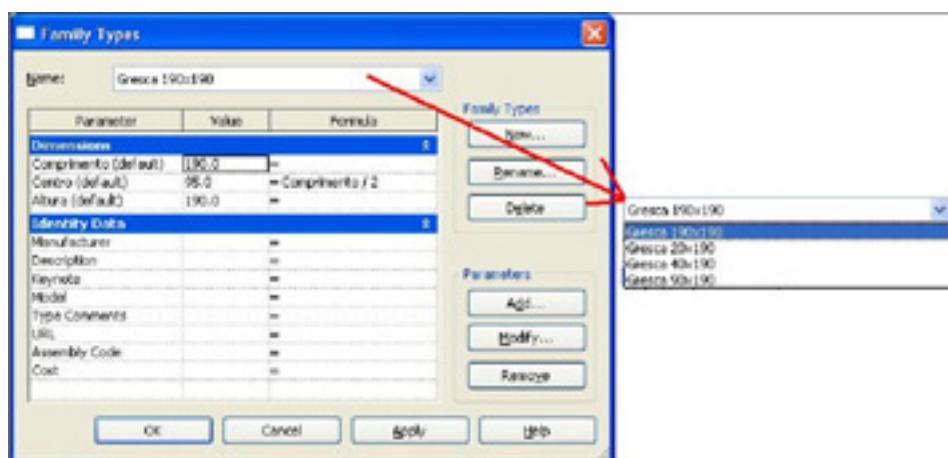


Figura 1 - Tipos da família de blocos Gresca.

O Revit® possui o conceito de nested families (famílias aninhadas). Este conceito permite a criação de famílias que incluem outras famílias. Utilizando este conceito, foi criada uma família chamada alvenaria, onde tipos da família de blocos foram instanciados na forma de um array parametrizado.

Arrays são conjuntos de elementos que se repetem. Os arrays lineares são distribuídos sobre uma linha reta e os radiais/polares sobre um arco. No comando de criação de arrays, o número de elementos é sempre um dos parâmetros. O outro parâmetro é o espaçamento entre os elementos ou o comprimento/ângulo

total. No caso dos arrays paramétricos, os elementos são sempre associados e os parâmetros podem ser editados, de forma que a movimentação de um elemento automaticamente altera o espaçamento entre os demais, mantendo-o uniforme. A alteração no número de elementos provoca sua redistribuição no comprimento total, se este for um dos parâmetros.

Na família alvenaria foram definidos parâmetros para controlar o número de itens do array paramétrico em função do comprimento e da altura da parede. Segundo Ferreira (2007, p. 50), rotinas AutoLISP™ podem ser utilizadas para automatizar a atividade de modulação no AutoCAD®. O acesso a estas rotinas viabilizou o uso de alguns dos parâmetros necessários na concepção da família alvenaria (Figura 2).

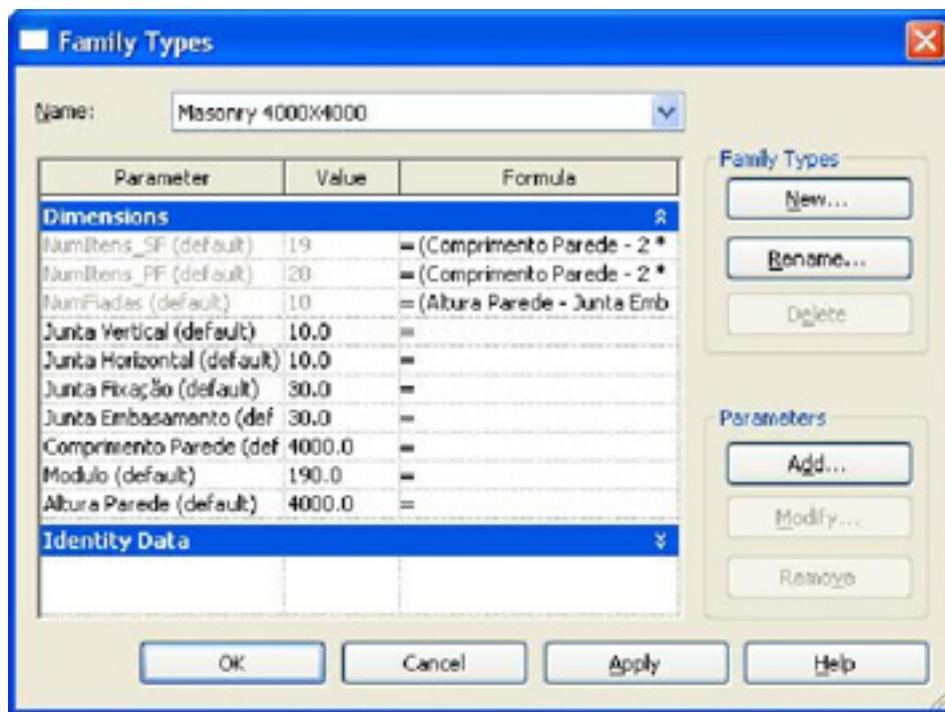


Figura 2 - Parâmetros da família alvenaria.

Os parâmetros definidos para controlar o número de elementos do array paramétrico têm seus valores controlados por fórmulas que, por sua vez, utilizam os demais parâmetros da família alvenaria. Os parâmetros Comprimento Parede e Altura Parede foram criados porque não foi encontrado na documentação disponível do Revit® Architecture 2009, uma forma de referenciar estes parâmetros nas fórmulas (AUTODESK, 2008b; AUTODESK, 2008c; AUTODESK,

2009).

O ideal seria que, ao instanciar um tipo da família alvenaria sobre uma parede do projeto, fosse possível captar automaticamente destas os valores correspondentes ao seu comprimento e altura. Sendo assim, para utilizar esta família, o projetista deverá atribuir valores a estes (comprimento e altura) e aos demais parâmetros após a instanciação do tipo.

Quando tipos de uma família aninhada são instanciados, seus elementos internos não podem ser acessados. Neste caso os blocos não podem ser contabilizados e os tipos da família de blocos não podem ser instanciados (AUTODESK, 2009).

Entretanto, o Revit® possui o conceito de shared families (famílias compartilhadas). Este conceito permite habilitar o acesso aos tipos das famílias utilizadas para compor uma família aninhada. A família de blocos foi adaptada para incorporar o conceito de famílias compartilhadas, utilizando o comando Settings > Family Category and Parameters.

3.2. Representação Implícita

A representação implícita propõe que não sejam modelados os blocos, as juntas e demais elementos da parede. Ao invés de modelar estes elementos de forma independente, a idéia desta proposta é que uma família de parede especial seja criada.

Esta nova família deverá incorporar a representação dos blocos e juntas por meio de um array parametrizado. Já a representação dos elementos de estruturação ficaria a cargo de famílias independentes que teriam seus tipos instanciados sobre paredes desta família especial. A família de parede especial deverá também regenerar automaticamente o array paramétrico após a instanciação de um tipo pertencente a uma família de interface (vergas, contravergas), de janela ou porta.

No Revit®, os objetos parede são definidos a partir de famílias especiais chamadas famílias de sistema. Famílias deste tipo não podem ser criadas e sua definição é uma “caixa-preta”, isto é, não há como acessar sua implementação (AUTODESK, 2008c). O máximo de customização permitida para famílias de sistema é a criação de novos tipos, que sempre respeitarão as definições (parâmetros) originais da família (AUTODESK, 2009).

A criação de novos tipos dentro de uma família de parede permitiu a criação de novas camadas (Figura 3) com suas características, mas não permitiu a criação de novos parâmetros, que seriam úteis para a implementação de um

array paramétrico.

Na definição das camadas de uma parede é possível representar blocos usando uma hachura. Inclusive já existem famílias com estas características (AUTODESK, 2008b), mas não foi possível representar com hachura os vários módulos de uma família de blocos. Além disso, uma modulação pode assumir diversas configurações diferentes em função dos elementos de interface e elementos pertencentes a outros subsistemas, como os de instalações, por exemplo.

Considerando as limitações apresentadas para a concepção da família de parede especial, partiu-se para uma adaptação da representação explícita adotada para os blocos. Foi criada uma família aninhada chamada alvenaria 2D com os blocos representados em 2D (apenas a face frontal dos blocos).

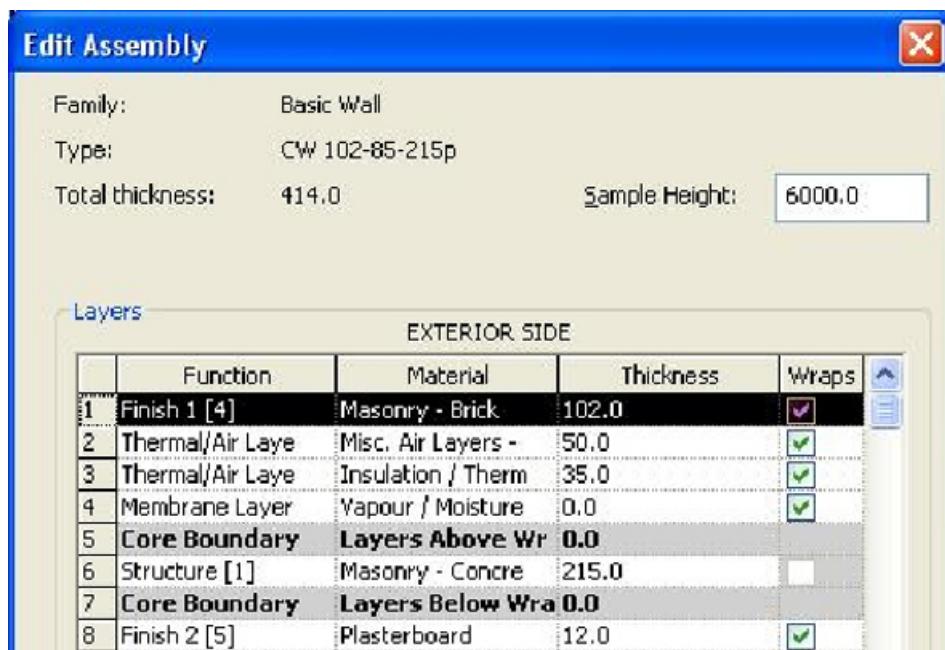


Figura 3 - Definição de camadas em um tipo da família Basic Wall.

4. Experimentos de Aplicação

Utilizando as famílias de objetos descritas na sessão anterior, foram executados experimentos de aplicação com o objetivo de avaliar qual das

alternativas de representação propostas é a mais adequada para o PPVVA. O Quadro 1 descreve as configurações do computador utilizado para realizar os experimentos.

Modelo	NOTEBOOK ACER ASPIRE 4520
Processador	AMD ATHLON X2 64 BITS
Memória RAM	2 GB
Memória Virtual	2 GB
Disco Rígido	TOSHIBA MK 1646GSX 150 GB
Adaptador de Vídeo	NVIDIA GEFORCE 7000M/NFORCE 610M 512 MB
Sistema Operacional	WINDOWS XP PROFESSIONAL SP3 32 BITS

Quadro 1 - Configuração do computador utilizado

Nestes experimentos, foi considerada a modulação de uma parede “cega”, isto é, sem aberturas e elementos estruturais. Embora este tipo de parede seja uma exceção no PPVVA, ela se mostrou eficiente para chegar a algumas conclusões acerca do problema abordado neste artigo: a representação dos blocos e juntas de uma parede de alvenaria.

4.1. Experimento 1 – Família de Blocos

Neste experimento foi utilizada a família de blocos criada para executar a modulação de uma parede. Abaixo, estão descritos os passos deste experimento:

1. Arquivo de parede:

- Criação de um novo arquivo de projeto contendo uma parede da família Basic Wall: Interior Blockwork 140, com 4 metros de comprimento e 4 metros de altura;
- Carregamento da família de blocos, criada previamente, no projeto;
- Instanciação de dois blocos inteiros e um meio bloco para compor os elementos iniciais da primeira e segunda fiadas;
- Posicionamento destes blocos utilizando o comando Dimension;
- Replicação dos blocos da primeira fiada usando o comando Array com opção Group and Associate marcada. Esta opção permite associar os

elementos do array e agrupá-los, tornando o array paramétrico;

- Replicação dos blocos da segunda fiada usando o comando Array com opção

• Group and Associate marcada; Instanciação de um meio bloco para finalizar a segunda fiada; Replicação da primeira e segunda fiadas, no sentido da altura da parede, usando o comando Array com opção Group and Associate marcada.

2. Cópia do arquivo de parede:

- Criação de três cópias do arquivo de parede usando o comando File > Save As.

3. Arquivo mestre:

- Criação de um novo projeto para agrupar as cópias das paredes;
- Inserção de referências das paredes usando o comando File > Import/Link >
- Revit;
- Cópias das referências dentro do projeto usando os comandos Copy e Mirror.

4. Quantificação de blocos:

- Extração de quantitativo de blocos usando o comando Schedule/Quantities no painel View.
 - Plantas de primeira e segunda fiadas;
 - Extração de plantas de primeira e segunda fiadas usando os comandos de geração de vistas do Revit (Figura 4).

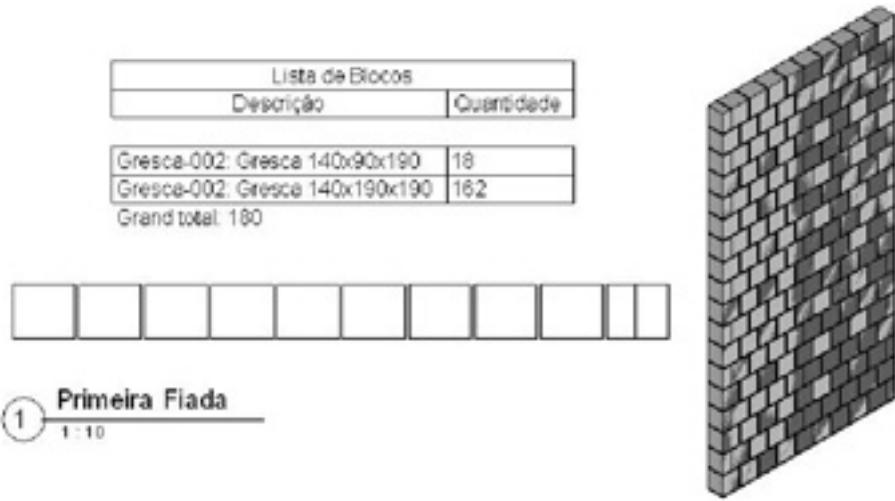


Figura 4 - Planta de primeira fiada e quantitativo de blocos extraídos do modelo 3D de uma parede construída com a família de blocos desenvolvida.

4.2. Experimento 2 – Família Alvenaria

Neste experimento foi utilizada a família Alvenaria (compartilhada e aninhada) para executar a modulação de uma parede. Esta família contém instâncias da família de blocos dispostos na forma de um array paramétrico. Abaixo, estão descritos os passos deste experimento:

1. Arquivo de parede:

- Criação de um novo arquivo de projeto contendo uma parede da família Basic Wall: Interior Blockwork 140, com 4 m de comprimento e 4 metros de altura;
- Carregamento da família Alvenaria no projeto;
- Instanciação do tipo padrão da família Alvenaria;
- Edição dos parâmetros do tipo instanciado (juntas, comprimento e altura da parede) para regeneração do array paramétrico.

2. Cópia do arquivo de parede:

- Idem experimento 1.

3. Arquivo mestre:
 - Idem experimento 1.

4. Quantificação de blocos:
 - Idem experimento 1.

5. Plantas de primeira e segunda fiadas:
 - Idem experimento 1.

Além destes experimentos, um terceiro foi realizado usando a família alvenaria 2D. No entanto, não foi possível extrair plantas de primeira e segunda fiadas, pois apenas as faces frontais dos blocos foram representadas nesta família.

Também foi estudada a alternativa de criar uma família para representar fiadas, ao invés de uma modulação completa da parede. O objetivo foi verificar se a utilização desta família deixaria a manutenção das fiadas mais prática. As rotinas AutoLISP™ utilizadas por Ferreira (2007) utilizam regras para distribuição de blocos numa fiada, mas não foi possível incorporar estas regras utilizando fórmulas na definição da família proposta pois o recurso de fórmulas é muito simples se comparado aos recursos de programação disponíveis na linguagem AutoLISP™. O Revit não permite programar novos comandos usando fórmulas em famílias. As regras contidas nas rotinas usadas por Ferreira (2007) não só calculavam as juntas dos blocos, mas também selecionavam os módulos de bloco mais adequados em função do comprimento da parede. Nestas rotinas AutoLISP™, o array paramétrico era montado em tempo de execução para se adaptar aos diversos comprimentos de parede. No caso do Revit®, o mesmo array está predefinido na família alvenaria.

5. Análise

5.1. Experimento 1 – Família de Blocos

Os arquivos gerados neste experimento utilizaram os comandos padrão do Revit® (Array e Dimension) para distribuição dos blocos. O posicionamento e edição de cada bloco mostraram-se bastante flexíveis. Em cada fiada foi possível modificar o número de itens do array e trocar os módulos dos blocos quando

necessário.

Quando o comando Array é utilizado, o Revit® cria um grupo de objetos se a opção Group and Associate for habilitada (AUTODESK, 2008b). Após o comando é possível alterar o número de elementos sem desagrupar o array, mas se for necessário trocar algum bloco dentro do array, o desagrupamento precisa ser feito, perdendo-se a parametrização do array.

Como relação ao tempo de resposta nos comandos de visualização (Rotate, Zoom, Pan), verificou-se que no arquivo de parede o desempenho do Revit® foi bom. Mas, na visualização do arquivo mestre contendo 16 paredes cegas, sendo 4 delas referências e demais cópias destas referências, o desempenho de regeneração caiu um pouco com relação ao caso anterior. Também foram contabilizados os tamanhos dos arquivos gerados neste experimento (Tabela 1).

Descrição	Espaço em Disco	Espaço em Memória RAM (aprox.)
Família de blocos Gresca	196 KB	47 KB
Arquivo de Parede (140x4000x4000 mm)	676 KB	75 KB
Arquivo mestre com 16 paredes	1988 KB	117 KB

Tabela 1 - Tamanho dos arquivos no experimento 1.

5.2. Experimento 2 – Família Alvenaria

Neste experimento, o posicionamento dos blocos foi automatizado pelo array parametrizado incorporado no tipo padrão da família alvenaria. O posicionamento da modulação predefinida na família alvenaria foi executado com o comando Dimensions do Revit®.

Depois de instanciar o tipo padrão da família alvenaria, o projetista de vedações precisa atualizar os parâmetros da instância para regenerar o array paramétrico. Verificou-se que o tempo de regeneração do array foi muito alto, chegando a demorar, em alguns casos, vários minutos, dependo das dimensões da parede (comprimento e altura).

Nos comandos de visualização (Rotate, Zoom, Pan) e tempo de resposta foi mais rápido na manipulação do arquivo mestre, comparado com o arquivo mestre gerado no experimento 1. O Revit® otimizou a exibição das paredes compostas pela família alvenaria. O tamanho dos arquivos gerados no experimento 2 estão

relacionados na Tabela 2.

Descrição	Espaço em Disco	Espaço em Memória RAM (aprox.)
Família de blocos Gresca	196 KB	47 KB
Família alvenaria	504 KB	67 KB
Arquivo de Parede (140x4000x4000 mm)	1952 KB	75 KB
Arquivo mestre com 16 paredes	684 KB	103 KB

Tabela 2 - Tamanho dos arquivos no experimento 2.

6. Conclusões

No PPVVA, uma alvenaria pode assumir diversas configurações em função das necessidades específicas de compatibilização com os subsistemas e ou elementos (verga, contraverga etc.) com os quais faz interface. Para viabilizar a compatibilização entre diversos subsistemas, a representação dos elementos de uma parede torna-se crucial.

Para atender a este requisito do PPVVA, o caminho foi adotar uma representação explícita dos elementos da parede. Embora esta abordagem naturalmente degrade o desempenho da aplicação, ela foi a que ofereceu mais flexibilidade para projetista de vedações.

A utilização de um array paramétrico para representar uma modulação mostrou-se ser uma solução interessante para automatizar o processo de distribuição dos blocos utilizando os recursos padrão do Revit®. Entretanto, esta solução não ofereceu flexibilidade na edição das fiadas e na resolução automática das diversas possibilidades de modulação disponíveis para uma determinada família de blocos.

Durante o processo de compatibilização, o projetista de vedações precisa com frequência alterar a distribuição dos blocos na parede. Desta forma, mesmo sendo prático, o array paramétrico acabará sempre sendo desfeito neste processo. Esta característica do PPVVA acaba tornando a modulação um componente dinâmico e de difícil implementação usando um array paramétrico.

Outra solução estudada foi uma família de fiadas com um array paramétrico. A ideia foi trabalhar com a instanciação apenas de fiadas, ao invés de uma modulação completa da parede, com o objetivo de aumentar a flexibilidade de

manutenção das fiadas. Entretanto, não foi possível incorporar nesta família de fiadas as regras de distribuição de blocos utilizadas por Ferreira (2007) dentro de suas rotinas AutoLISP™. As regras contidas nestas rotinas AutoLISP™ selecionavam os módulos de blocos e calculavam as juntas verticais em função do comprimento da parede, de forma otimizada. O recurso de fórmulas utilizado dentro da definição de parâmetros em famílias não oferece suporte para este tipo de customização (AUTODESK, 2008b).

Com relação à implementação da representação implícita dos elementos de uma parede, foi estudado o recurso custom patterns (hachuras personalizadas). Verificou-se que é possível criar novos padrões de hachura e aplicá-los nas faces externas das paredes, de forma a simular um revestimento. No entanto, os controles para parametrização de hachuras são muito simples, e estão limitados ao controle do espaçamento e inclinação dos elementos. Também é possível utilizar uma linguagem de descrição para definir novos padrões de hachura, mas nessa linguagem não foi possível descrever toda complexidade de uma modulação.

As limitações encontradas para implementar uma representação implícita usando famílias não excluem a possibilidade de utilizar os recursos de programação do Revit®. Pretende-se investigar, a seguir, a viabilidade técnica para implementação desta representação usando a API (Application Programming Interface) do Revit® Architecture 2009. Neste caso, os blocos não necessariamente seriam representados explicitamente em 3D.

As conclusões deste trabalho estão limitadas ao escopo dos recursos disponibilizados no Revit® Architecture 2009, o que não descarta um trabalho de pesquisa similar em outras ferramentas BIM, com objetivo de verificar qual das ferramentas disponíveis no mercado é mais adequada para o PPVVA.

Referências

- AUTODESK. **Building Information Modeling:** The Power of BIM. 2008a. Disponível em: <<http://www.autodesk.com/bim>>. Acesso em: 25 mar. 2008a.
- AUTODESK. **Revit Architecture 2009:** User's Guide. 2008b.
- AUTODESK. **Melhores práticas para a criação de componentes paramétricos (famílias) com o Autodesk Revit.** 2008c. 15p. Disponível em: <<http://www.autodesk.com/bim>>. Acesso em: 15 out. 2008.
- AUTODESK. **Revit Architecture 2009:** Families Guide – Metric Tutorials. 2009. 812p. Disponível em: <<http://www.autodesk.com/revitarchitecture-documentation>>. Acesso em: 05 jan. 2009.
- CHING, F. D. K. **Dicionário Visual de Arquitetura.** São Paulo: Ed Martins Fontes, 1999.
- CORONA, E.; LEMOS, C. **Dicionário da Arquitetura Brasileira.** São Paulo: Edart, 1972.
- EASTMAN, C. New Opportunities for IT Research in Construction. In: SMITH, I.F.C. **EG-ICE 2006/ LNAI 4200.** Berlin:Springer, 2006. p. 163-174.
- FERREIRA, R. C.. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações.** 2007. 160 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- GRESCA. **Vedaçāo 39 cm.** 2008. Disponível em: <<http://www.ceramicagresca.com.br>>. Acesso em: 20 set. 2008.
- SCHEER, S.; AYRES FILHO, C.; AZUMA, F.; BEBER, M. CAD-BIM requirements for masonry design process of concrete blocks. In: **CIB W78 International Conference on Information Technology on Information Technology,** 25, 2008, Santiago. **Proceedings..** Universidad de Talca e Stanford University, p. 40-47.

Representação do projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em um CAD-BIM

Ari Monteiro
Eduardo Toledo Santos

Resumo

Um dos grandes desafios para os projetistas de vedações na utilização dos CAD-BIM é representar a modulação de alvenaria. Um caminho para tratar este problema é a representação explícita dos elementos da modulação (blocos, juntas, etc.) usando o conceito de famílias. Porém, esta abordagem pode comprometer seriamente o desempenho da aplicação à medida que os modelos BIM ficam mais complexos, já que uma parede pode conter centenas de blocos e um modelo BIM milhares destes objetos. Outra abordagem é a utilização da representação implícita usando hachuras ou texturas aplicadas às faces laterais das paredes. Esta abordagem oferece maior ganho de desempenho, mas estes recursos não permitem a incorporação de todas as regras para representar modulações de alvenaria. Isto porque, a modulação de alvenaria não pode ser representada pela simples justaposição de um conjunto de formas geométricas, tal como, os recursos de hachuras e texturas funcionam. Frente estas limitações, a proposta deste trabalho é apresentar uma nova abordagem para tratar o problema. A abordagem proposta baseia-se na utilização dos conceitos de arquivos de referência e família de objetos, além de uma nova linguagem computacional chamada MMDL (Masonry Modulation Description Language) especializada na descrição de modulações de alvenaria.

Originalmente publicado em: MONTEIRO, A.; SANTOS, E. T. Representação do projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em um CAD-BIM. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: FAUFBA, 2011.

1. Introdução

No PPVVA (Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria), existe uma atividade chamada modulação de alvenarias que consiste, basicamente, em distribuir os elementos que compõem uma parede. Nesta atividade, o projetista de vedações deve resolver as possíveis interferências entre as paredes e destas com os outros subsistemas, tais como a estrutura e as instalações.

Todos os escritórios especializados em PPVVA utilizam algum tipo de CAD para auxiliar na execução de seus projetos. A forma convencional de projetar alvenarias, ainda adotada pela maioria dos escritórios, é a utilização da tecnologia CAD 2D. Dueñas Peña (2003) propõe uma metodologia para execução do PPVVA utilizando a representação gráfica 2D.

Ferreira (2007) aponta diversas limitações na utilização da representação 2D para executar o PPVVA. Segundo Ferreira (2007, p. 69): “O projeto feito em 2D é baseado na necessidade de recorrente recomposição mental do espaço 3D, a cada vez que se analisa a representação, tomado mais tempo do projetista”.

Enquanto que para a arquitetura, estrutura e instalações prediais os CAD-BIM já dispõem de objetos para dar suporte a estas disciplinas, tais como paredes, pilares e tomadas, verificou-se que os objetos necessários para representar a modulação da alvenaria estão ausentes.

Por exemplo, o objeto wall (parede) tem sua representação limitada às suas faces externas e uma lista de camadas utilizadas para representar sua composição interna (núcleo e revestimentos). Esta representação torna os modelos 3D mais leves, favorecendo sua manipulação pelo usuário e o desempenho da aplicação, mas, este nível de detalhe não é o suficiente para o projetista de vedações.

O problema principal está nos objetos que se apresentam em maior quantidade numa parede, tais como blocos e juntas. A representação explícita destes elementos pode demandar muitos recursos de hardware ocasionando a diminuição do desempenho do CAD-BIM e consequentemente, a diminuição da produtividade do projetista de vedações (MONTEIRO; FERREIRA; SANTOS, 2009).

Nesta pesquisa foram analisadas as abordagens de representação disponíveis nos CAD-BIM e os detalhes operacionais do PPVVA. Por meio desta análise foi possível identificar a seguinte questão de pesquisa: como representar elementos de uma modulação de alvenaria com o objetivo de atender os requisitos do projeto de PPVVA e, ao mesmo tempo, não degradar o desempenho de manipulação do modelo BIM?

2. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa consistiu em propor um modelo de representação para os objetos do PPVVA aplicável a qualquer CAD-BIM que tenha suporte ao conceito de famílias e ao desenvolvimento de novos comandos utilizando recursos de linguagem de programação, de forma permitir a execução das seguintes atividades do PPVVA:

- Modulação de alvenaria considerando a compatibilização entre paredes/paredes e paredes/esquadrias;
- Geração da documentação do PPVVA necessária para obra (plantas de fiadas e elevações de paredes);
- Extração de quantitativos.

Os objetivos específicos desta pesquisa consistiram em:

- Especificar quais as configurações necessárias numa ferramenta CAD-BIM para adequá-la ao PPVVA;
- Especificar uma linguagem computacional para descrever modulações de alvenaria associando estas descrições aos objetos wall (parede) convencionais do CAD-BIM;
- Especificar um conjunto de novas funcionalidades (novos comandos) no CAD-BIM para automatizar as atividades de modulação, documentação e extração de quantitativos;
- Desenvolver as funcionalidades de modulação e extração de quantitativos usando recursos de programação disponíveis na ferramenta CAD-BIM adotada nesta pesquisa;
- Definir um fluxo de trabalho para a utilização do modelo de representação proposto.

3. Metodologia

Para atingir este objetivo, foi adotada a seguinte metodologia: (a) definição do problema de pesquisa; (b) revisão da literatura; (c) seleção do CAD-BIM para os experimentos; (d) levantamento dos objetos do PPVVA; (e) especificação do modelo de representação; (f) desenvolvimento do modelo de representação; (g)

especificação de novas funcionalidades no CAD-BIM; (h) desenvolvimento das novas funcionalidades no CAD-BIM; (i) definição do fluxo de trabalho para a utilização do modelo de representação.

Para selecionar a ferramenta CAD-BIM utilizada nos experimentos desta pesquisa, os seguintes critérios foram utilizados:

- Quantidade de material de referência disponível (livros, fóruns de discussão, sites, etc.);
- Disponibilidade de suporte técnico do desenvolvedor;
- Quantidade de centros de treinamento disponíveis (desenvolvedor e revendas);
- Abrangência da aplicação (suporte às 3 disciplinas básicas de projeto);
- Boa documentação para desenvolvimento (API) e suporte a plataforma Microsoft .NET.

Baseando-se nos critérios expostos acima, a ferramenta CAD-BIM escolhida foi o Autodesk Revit® Architecture 2011.

Foram realizadas entrevistas com três escritórios especializados em PPVVA, todos localizados na cidade de São Paulo. Um dos escritórios possui mais de 15 anos de experiência na execução deste tipo de projeto.

Os dados obtidos por meios das entrevistas ajudaram a delimitar os requisitos para a representação dos objetos do PPVVA, e nortearam a elaboração do modelo de representação proposto neste trabalho.

Apartir dos requisitos levantados por meio das entrevistas com os especialistas em PPVVA, foi possível realizar as seguintes atividades:

- Organização das regras de modulação de alvenarias;
- Especificação dos objetos do PPVVA;
- Especificação de linguagem de descrição para modulações;
- Especificação das novas funcionalidades que serão inseridas na ferramenta CAD-BIM escolhida.

Após a validação das especificações, junto aos especialistas em PPVVA, o próximo passo foi desenvolver o modelo de representação proposto que incluiu as seguintes atividades principais:

- Modelagem das famílias do PPVVA;

- Criação de arquivos modelos para documentação do projeto, prevendo todas as configurações necessárias para esta atividade: estilos de linha, texto, dimensões, quantitativos, etc.;
- Desenvolvimento da linguagem de descrição de modulações;
- Desenvolvimento de novas funcionalidades na ferramenta CAD-BIM escolhida para atender algumas das atividades do PPVVA.

4. A Modulação De Alvenaria

De acordo com Codinhoto e Ferreira (2004), uma parede é um componente do subsistema vedações. Ela é composta por elementos, tais como blocos, vergas, contravergas, juntas, telas etc. Esses elementos podem ser agrupados em três categorias específicas: (a) elementos básicos que correspondem aos blocos ou tijolos; (b) elementos de ligação que são as juntas horizontais e verticais, que podem ser preenchidas com argamassa ou não e (c) elementos estruturais: vergas, contravergas e telas soldadas.

A modulação de alvenaria é uma atividade complexa. Ela envolve várias regras e diversas variáveis de projeto. Esta atividade pode ser dividida em três tarefas principais. São elas: modulação horizontal; amarração entre paredes e modulação vertical.

A modulação horizontal consiste na distribuição racionalizada dos módulos de uma família de blocos ao longo do comprimento da parede. Esta tarefa tem como objetivo definir as duas primeiras fiadas da modulação de alvenaria.

A amarração entre paredes é uma tarefa que define como as paredes serão ligadas entre si e com a estrutura. Em ABCI (1990), podem ser encontrados diversos métodos de amarração, como, por exemplo, a amarração por tela e por intertravamento.

Por fim, a modulação vertical, consiste na replicação da modulação horizontal no sentido da altura da parede.

Em todas estas tarefas, o projetista deve atentar para a resolução de eventuais interferências entre a alvenaria e outros subsistemas. Por meio de entrevistas com projetistas de vedações, foi possível coletar um conjunto de regras básicas para a execução da modulação de alvenaria. Estas regras nortearam a especificação do modelo de representação de objetos proposto neste trabalho.

5. Representação dos Objetos do PPVVA no CAD-BIM

A presente pesquisa considerou duas alternativas para a representação dos elementos do PPVVA: representação explícita e representação implícita. Na primeira abordagem todos os componentes são modelados utilizando o conceito de famílias.

Na segunda abordagem estes mesmos elementos são representados por propriedades nos objetos, ou usando técnicas de modelagem generativa (linguagens de descrição para definição de padrões 2D ou 3D).

Um exemplo destas técnicas nos CAD-BIM, são as linguagens de descrição utilizadas para definição de padrões de hachura. Estas hachuras podem ser aplicadas nas faces dos objetos 3D para representar, por exemplo, padrões simples de modulação de alvenaria ou revestimento cerâmico nas faces de um objeto parede (wall).

A representação explícita dos elementos da modulação leva a diminuição do desempenho do CAD-BIM, por causa da grande quantidade de elementos a serem processados.

Apesar do problema do desempenho na representação explícita, esta abordagem permite o maior controle pelo projetista de todos os elementos da modulação nas atividades de compatibilização da alvenaria com os outros subsistemas.

Por outro lado, a representação implícita pode ajudar aumentando o desempenho da ferramenta CAD-BIM e neste caso seriam usados os objetos padrão disponíveis (objeto wall e hachuras).

A representação implícita inicialmente apresentou-se como caminho ideal para economizar recursos de sistema e garantir desempenho. Mas, os recursos disponíveis para utilização desta abordagem nas ferramentas CAD-BIM estudadas não se mostraram adequados o suficiente para atender os requisitos de representação demandados pelo PPVVA.

Neste contexto, o caminho adotado pela presente pesquisa foi propor um misto destas duas abordagens de representação para atender aos requisitos do PPVVA.

Em particular, para a representação implícita foi proposta a criação de uma nova linguagem computacional. Uma linguagem específica para descrever modulações de alvenaria de vedação, cujos detalhes estão expostos no próximo tópico desta pesquisa.

Para a representação explícita foi adotada a utilização de famílias de objetos e para minimizar o problema de desempenho desta abordagem, adotou-se a utilização do recurso de referência à arquivos externos (MONTEIRO; SANTOS, 2009b).

O recurso de referência à arquivos externos foi utilizado, com sucesso, na metodologia proposta por Ferreira (2007, p. 114-116) para execução do PPVVA usando a tecnologia CAD 3D. Este recurso foi explorado por Ferreira (2007) dentro do software AutoCAD®, mas ele também está disponível nos CAD-BIM e pode ser utilizado para otimizar o tempo as atividades do PPVVA.

Com a utilização de referência à arquivos externos o projetista deve interagir apenas com os elementos de interesse quando estiver resolvendo a modulação de uma parede. Dentre estes elementos podem-se citar, por exemplo: as paredes que amarram com uma determinada parede e os elementos da estrutura do edifício.

A idéia é armazenar a modulação de alvenaria de cada parede em arquivos independentes. Desta forma, as soluções de modulação podem ser manipuladas isoladamente e quando necessário, serem referenciadas em outros arquivos de modulação para viabilizar as atividades de compatibilização no PPVVA.

6. Linguagem para Descrição de Modulações

A presente pesquisa propõe a especificação de uma linguagem para descrição dos elementos que compõem uma modulação de alvenaria, a qual foi nomeada como MMDL (Masonry Modulation Description Language), ou Linguagem de Descrição para Modulação de Alvenaria.

A MMDL deverá descrever modulações de alvenaria usando expressões armazenadas em um arquivo texto (com padrão de formatação XML). Este arquivo será associado a uma parede (objeto wall) no projeto de arquitetura e ao arquivo de modulação desta parede.

Os arquivos de modulação de paredes consistem em arquivos nativos da ferramenta CAD-BIM (no caso desta pesquisa, arquivos com extensão .RVT) que contêm todos os elementos da modulação de uma determinada parede.

Um arquivo de modulação de parede é o resultado do processamento do comando “GERAR MODULAÇÃO” (detalhado no próximo tópico deste artigo) sobre um objeto parede (wall) do modelo BIM de arquitetura. Este comando

processa as regras de modulação, constrói uma solução inicial de modulação usando as famílias do PPVVA e salva o resultado em um arquivo Revit (.RVT) que contém os elementos da modulação da parede processada. Este arquivo é usado pelo projetista para editar a solução de modulação, adequando-a as necessidades específicas do projeto.

Os arquivos MMDL são compostos por cinco sessões, descritas a seguir:

- Associação – utilizada para armazenar o ID (identificador) que a parede tem no projeto de arquitetura e o nome do arquivo de modulação associados ao arquivo MMDL;
- Geometria – utilizada para armazenar as dimensões da parede (comprimento, espessura e altura) associada ao arquivo MMDL. A unidade das dimensões é definida pelo atributo “Unidades” no nó <DescricaoModulacao> no inicio do arquivo;
- Quantitativo – utilizada para armazenar o quantitativo dos elementos da modulação da parede;
- Modulação – utilizada para armazenar as expressões MMDL associadas a cada fiada da modulação. Esta sessão contém um atributo para armazenar a dimensão da junta horizontal (“JuntaHorizontal”) e uma subsessão chamada <Região>, utilizada para descrever a modulação de uma parte da parede. No caso de paredes com aberturas de portas e/ou janelas várias subsessões <Região> podem existir. Em cada uma destas subsessões é descrita a modulação das duas primeiras fiadas. Para distribuir os blocos na região são informadas a altura e comprimento da região nos atributos “Altura” e “Comprimento”.
 - Acessórios – utilizada para armazenar as expressões MMDL associadas aos elementos estruturais da modulação: telas, vergas e contravergas.

A Quadro 1, apresenta um exemplo de arquivo MMDL, para uma parede com amarração intertravada e uma abertura de janela (200 x 120 cm) centralizada nesta parede.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DescricaoModulacao Unidades=cm>

<Associacao>
<Projeto>C:\Arq\Mestrado\Revit
Masonry\Referencias\Project3.rvt</Projeto> <IdParede>144707</IdParede>
</Associacao>

<Geometria>
<ComprimentoParede>500.0</ComprimentoParede>
<LarguraParede>14.0</LarguraParede> <AlturaParede>290.0</AlturaParede>
</Geometria>

<Quantitativo>
<BlocoInteiro>212</BlocoInteiro>
<Blocos_2>14</Blocos_2>
<Blocos_4>0</Blocos_4>
<Blocos_8>0</Blocos_8>
<Verga>1</Verga>
<ContraVerga>2</ContraVerga>
<TelaSoldada>0</TelaSoldada>
<Argamassa Unidade=m3>30.50</Argamassa>
</Quantitativo>

<Modulacao JuntaHorizontal=1.0>
<!-- Região abaixo da abertura de janela -->
<Regiao Altura=90>
F1(BL(Bloco Inteiro 14, 39.0,1.0,12,949.646972489861,649.132255880577,3.0);
    BL(1_2 Bloco 14,19.0,1.0,1,1389.64697248986,649.132255880579,3.0);
F2(BL(1_2 Bloco 14,19,1,1,949.646972489861,649.132255880577,23.0);
    BL(Bloco Inteiro 14,
39.0,1.0,12,969.646972489861,649.132255880577,23.0); </Região>
<!-- Região a esquerda da abertura de janela -->

```

```

<Regiao Altura=120>
F1(BL(Bloco Inteiro 14, 39.0,1.0,3,949.646972489861,649.132255880577,90.0);
    BL(1_2 Bloco 14,19.0,1.0,1,1389.64697248986,649.132255880579,90.0);
F2(BL(1_2 Bloco 14,19.0,1.0,1,949.646972489861,649.132255880577,110.0);
    BL(Bloco Inteiro 14, 39.0,1.0,3,969.646972489861,649.132255880577,110.0);
</Região>
<!-- Região a direita da abertura da janela-->
><Regiao Altura=120>
F1(BL(Bloco Inteiro 14, 39.0,1.0,3,1299.646972489861,649.132255880577,90.0);
    BL(1_2 Bloco 14,19.0,1.0,1,1389.64697248986,649.132255880579,90.0);
F2(BL(1_2 Bloco 14,19.0,1.0,1,1299.646972489861,649.132255880577,110.0);
    BL(Bloco Inteiro 14, 39.0,1.0,3,969.646972489861,649.132255880577,110.0);
</Região>
<!-- Região acima da abertura da janela-->
><Regiao Altura=80>
F1(BL(Bloco Inteiro 14, 39.0,1.0,4,949.646972489861,649.132255880577,120.0);
    BL(1_2 Bloco 14,19.0,1.0,1,1389.64697248986,649.132255880579,120.0);
F2(BL(1_2 Bloco 14,19.0,1.0,1,949.646972489861,649.132255880577,140.0);
    BL(Bloco Inteiro 14, 39.0,1.0,4,969.646972489861,649.132255880577,140.0);
</Região>
</Modulacao>

<Acessorios>
<ContraVerga>
CV(Contraverga 14x10x90, 14.0, 10.0, 90.0, 1099.646972489861,649.132255880577, 90.0)
CV(Contraverga 14x10x90, 14.0, 10.0, 90.0, 1299.646972489861,649.132255880577, 90.0)
<ContraVerga/>
<Verga> VE(Verga 14x10x250, 14.0, 10.0, 250.0, 1199.646972489861,649.132255880577,
210.0) <Verga/>
<!-- Não há descrição para telas, porque a amarração destaparede é intertravada-->
><TelaSoldada />
</Acessorios>
</DescricaoModulacao>

```

Quadro 1 – Exemplo de arquivo MMDL

As expressões dentro do arquivo MMDL deverão descrever os seguintes elementos da modulação: (a) Módulos de Blocos; (b) Enchimentos; (c) Vergas, (d) Contravergas e (e) Telas Soldadas. As expressões MMDL apresentadas nas Figuras 1 até 4, descrevem estes elementos.

Quantidade de blocos do tipo indicado na sequência					
Espessura do bloco					
BL(Bloco Inteiro 14,	39.0	1.0	12	949.646972489861,	649.132255880577, 3.0)
Tipo de família dos blocos			Coordenadas do ponto de inserção do 1º bloco da sequencia		
Espessura da junta principal					

Figura 1- Expressão MMDL para sequência de blocos

A expressão Fn(BL(...); BL(...);...BL(...)), apresentada no exemplo de código (Quadro 1), denota uma fiada composta por várias sequências de blocos.

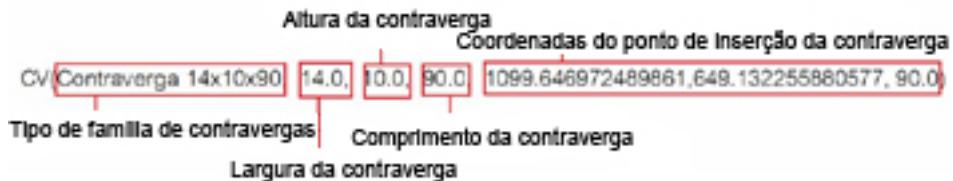


Figura 2 - Expressão MMDL para contravergas



Figura 3 - Expressão MMDL para vergas

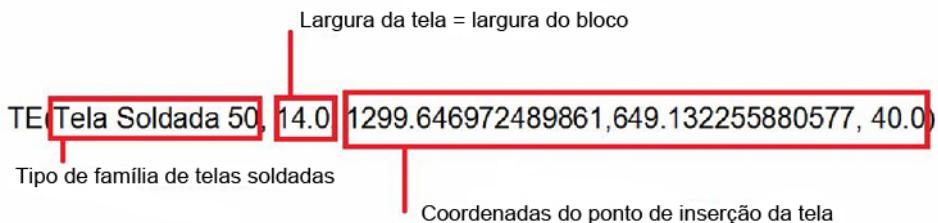


Figura 4 - Expressão MMDL para telas soldadas

As expressões MMDL deverão ser geradas e manipuladas por estes comandos e não pelos projetistas de vedações. A idéia não é que os projetistas de vedações aprendam a programar na linguagem MMDL e sim que esta linguagem viabilize a representação implícita das modulações de alvenaria em arquivos texto que posteriormente possam ser usados para gerar a representação explícita das mesmas modulações por meio das novas funcionalidades propostas nesta pesquisa.

7. Ferramenta CAD-BIM para o PPVVA

Um dos objetivos específicos desta pesquisa é a desenvolvimento de novas funcionalidades em uma ferramenta CAD-BIM, a fim de suportar alguns dos processos do projeto de vedações de alvenaria. O conjunto destas funcionalidades define o corpo de um protótipo de aplicativo especializado em PPVVA.

O objetivo deste protótipo é validar a proposta de representação de objetos apresentada nesta pesquisa. As funcionalidades do protótipo são apresentadas ao projetista de vedações em uma barra de ferramentas (Figura 5). A seguir, serão descritas cada uma das funcionalidades.

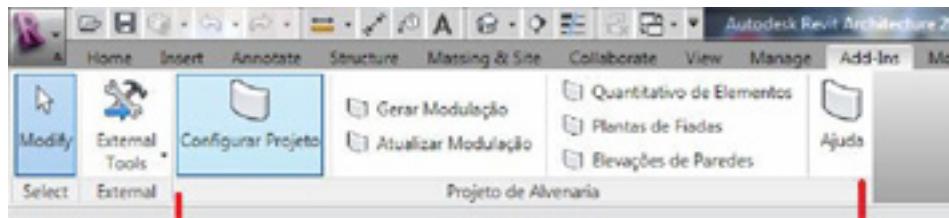


Figura 5 - Barra de ferramentas do protótipo

7.1. Configurar Projeto

Usando uma caixa de diálogo, o projetista define os parâmetros do PPVVA, os quais serão utilizados pelos outros comandos. Os parâmetros do PPVVA considerados neste comando são:

- Família de Blocos – especificação do arquivo de família utilizado para representar cada módulo de bloco (3D/2D);
- Elementos Estruturais - especificação do arquivo de família utilizado para vergas, contravergas e telas soldadas (3D/2D);
 - Tipo de Junta Vertical – poderão ser selecionadas, simultaneamente, as opções junta seca e junta preenchida;

- Espessura da Junta Vertical – valores máximos e mínimos em função do tipo de junta vertical;
- Espessura das Juntas Horizontais - valores máximos e mínimos em função do tipo de junta horizontal;
- Enchimento - especificação do arquivo de família (2D) utilizado para representar enchimentos;
- Tipo de amarração entre paredes – com duas opções: por tela ou intertravada e especificação do arquivo de família (2D) utilizado para representar amarrações intertravadas;
- Telas Soldadas - especificação do arquivo de família (3D/2D) utilizado para representar telas soldadas.

Após o preenchimento dos dados nesta caixa de diálogo o projetista confirma o comando selecionando o botão OK e será gerado um arquivo texto com o nome do arquivo de projeto corrente, mas com a extensão XML. Este arquivo será armazenado na mesma pasta do projeto corrente. A função deste arquivo XML é armazenar todas as definições de projeto que serão utilizadas pelo comando “Gerar Modulação”, servindo como um arquivo de configuração do aplicativo.

7.2. Gerar Modulação

Ao ativar este comando a partir do arquivo de arquitetura, contendo paredes com ou sem aberturas de portas/janelas, a ferramenta CAD-BIM deverá executar as seguintes tarefas para cada parede:

- Identificar posição, espessura, comprimento e altura da parede;
- Identificar posição, espessura e altura das paredes que cruzam com a parede que está sendo processada;
- Identificar posição, largura e altura de eventuais aberturas (portas e janelas);
 - Identificar as regiões (Figura 6) que serão tratadas na parede. Cada uma destas regiões define uma área da parede a ser modulada;
 - Resolver cada uma das regiões utilizando as regras definidas no arquivo de configuração do projeto;
 - Iniciar um novo arquivo de projeto (.RVT);
 - Inserir elementos da modulação usando as famílias definidas no arquivo de configuração do projeto;
 - Contar elementos da modulação (blocos, vergas, contravergas, telas soldadas e volume de argamassa das juntas);

- Escrever arquivo MMDL com a descrição da modulação. Esta descrição deverá incluir o quantitativo dos elementos da modulação da parede que foi processada;
- Salvar o novo arquivo de projeto aberto e fechá-lo antes de processar a próxima parede. Este é o arquivo de modulação descrito no tópico 6.

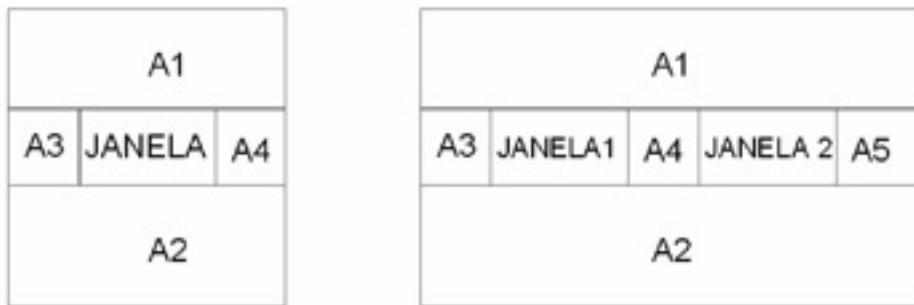


Figura 6 - Exemplos de “regiões” que podem existir numa parede

7.3. Atualizar Modulação

Este comando deve ser usado toda vez que um arquivo de modulação for alterado pelo projetista. Garantindo desta forma, que o arquivo texto (arquivo MMDL) esteja sempre atualizado. A partir do arquivo de modulação alterado o projetista ativará o comando que deverá executar as seguintes tarefas:

- Selecionar todos os blocos, vergas, contravergas e telas soldadas;
- Identificar posição das vergas;
- Identificar posição das contravergas;
- Identificar regiões de modulação;
- Identificar posição das telas;
- Organizar blocos pela elevação (cota z) identificando as fiadas;
- Contar elementos da modulação;
- Atualizar arquivo MMDL associado.

7.4. Quantitativo de Elementos

Este comando deverá ser ativado pelo projetista a partir do arquivo de arquitetura utilizado para gerar os arquivos de modulação de cada parede. Este comando deverá executar as seguintes tarefas:

- Obter uma lista de todos os arquivos MMDL associados a cada parede do arquivo de arquitetura;
- Para cada arquivo MMDL, ler a sessão “Quantitativo” e extrair o quantitativo parcial de cada parede;
- Contabilizar quantitativo total a partir dos quantitativos parciais;
- Gerar uma tabela a partir do quantitativo total.
- 7.5 Plantas de Fiadas

O projetista deverá ativar uma folha antes de rodar o comando. Este comando inicialmente deverá executar as seguintes tarefas:

- Ler todos os arquivos MMDL associados aos arquivos de modulação;
- Perguntar ao projetista de qual fiada será extraída a planta;
- Iniciar uma vista do tipo draft view (tipo de vista na ferramenta CAD-BIM escolhida que não é associada a um modelo 3D);
- Então, para cada arquivo MMDL, executar as seguintes tarefas: (a) Criar uma folha no arquivo; (b) Ler a descrição da fiada indicada; (c) Utilizar famílias 2D definidas no arquivo de configuração do projeto para montar a planta da fiada indicada;
- Depois de processar todos os arquivos MMDL o comando deverá: (a) Finalizar a draft view e nomeá-la como Planta Fiada <número da fiada>; (b) Inserir planta gerada na folha;
- Salvar o projeto no CAD-BIM.

7.6. Elevações de Paredes

O projetista deverá ativar uma folha antes de rodar o comando. Este comando inicialmente deverá executar as seguintes tarefas:

- Ler todos os arquivos MMDL associados aos arquivos de modulação;
- Perguntar ao projetista de quais paredes ele deseja gerar elevações;

- Iniciar uma vista do tipo draft view (tipo de vista na ferramenta CAD-BIM escolhida que não é associada a um modelo 3D).
 - Então, para cada arquivo MMDL executar as seguintes tarefas: (a) Criar uma folha no arquivo; (b) Ler a descrição da modulação da parede; (c) Utilizar famílias 2D definidas no arquivo de configuração de projeto para montar a elevação; (c) Finalizar a draft view e nomeá-la com o mesmo nome do arquivo de modulação associado; (d) Inserir a elevação centralizada na folha;
 - Salvar o projeto no CAD-BIM.

8. Considerações Finais

Esta pesquisa estudou o problema de como representar os elementos do PPVVA em ferramentas CAD-BIM sem degradar significativamente o desempenho destas aplicações, que é um problema real na utilização destas novas ferramentas no contexto do PPVVA.

Foram avaliadas duas abordagens de representação. Uma explícita baseada no conceito de famílias de objetos e a outra implícita baseada utilização de padrões de hachura e texturas. Ambas as abordagens foram avaliadas com base nos recursos disponíveis no CAD-BIM selecionado para os estudos desta pesquisa (Autodesk Revit® Architecture 2011).

Os resultados desta avaliação revelaram limitações no CAD-BIM para representar implicitamente modulações de alvenaria. Os recursos de representação implícita disponíveis no CAD-BIM não se mostraram adequados o suficiente para satisfazer os requisitos de representação dos elementos do PPVVA.

As mesmas limitações não foram verificadas quando a representação explícita foi utilizada. Embora esta abordagem de representação demande mais recursos da aplicação, ela oferece maior flexibilidade ao projetista na manipulação direta de cada elemento da modulação de alvenaria.

Estas constatações conduziram esta pesquisa à proposição de um novo modelo de representação, baseado na utilização de famílias de objetos e técnicas de modelagem generativa. As idéias chave deste novo modelo de representação são:

- Implementação viável em qualquer CAD-BIM, desde que este tenha suporte ao conceito de famílias e ao desenvolvimento de novas funcionalidades usando uma API;

- Representação das modulações sem a necessidade de trabalhar com todos os elementos destas modulações instanciados em um único arquivo de projeto. No arquivo de arquitetura, a modulação de cada parede é uma referência externa que pode ser descarregada do arquivo para economizar recursos da aplicação;
- Armazenamento da descrição de modulação de cada parede em um arquivo texto, usando uma linguagem especificamente criada para este fim (linguagem MMDL);
- Utilização das descrições de modulação armazenadas nestes arquivos texto para obter, sem depender diretamente dos arquivos de modulação, os seguintes elementos: (a) quantitativo de elementos; (b) plantas de fiadas e (c) elevações das paredes.

A utilização deste novo modelo de representação envolve não só a criação das famílias de objetos para o PPVVA, mas também, a incorporação de 6 novas funcionalidades ao CAD-BIM.

Durante a pesquisa foram desenvolvidas 4 destas funcionalidades, ficando como proposta de trabalhos futuros o desenvolvimento das demais funcionalidades e validação destas em um projeto de alvenaria real.

Uma avaliação positiva da utilização da linguagem MMDL diz respeito ao seu potencial para quantificar objetos implicitamente representados, como por exemplo, a argamassa consumida nas juntas horizontais e verticais.

O recurso de quantitativo nativo do CAD-BIM escolhido não permite quantificar volume de argamassa sem que este elemento seja representado explicitamente. Neste sentido, a linguagem MMDL mostrou-se uma alternativa interessante para representar implicitamente os elementos do PPVVA.

Por fim, espera-se que o modelo de representação proposto neste trabalho possa servir como uma boa alternativa, para minimizar o problema de desempenho na manipulação de modelos BIM gerados por projetistas de vedações.

Referências

ABCI. Associação Brasileira da Construção Industrializada. **Manual Técnico de Alvenaria.** 1990. Pro Editores, 1990. 276 p.

CODINHOTO, R.; FERREIRA, R. C. Elaboração do projeto de vedações integrada ao processo de compatibilização: levantamento quantitativo dos benefícios obtidos. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto

na Construção de Edifícios, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2004. 10 p. 1 CD-ROM.

DUEÑAS PEÑA, M. **Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria.** 2003. 160 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FERREIRA, R. C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações.** 2007. 160 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MONTEIRO, A.; SANTOS, E.T. O Uso de Modelagem Generativa para Representação de Modulações de Alvenarias em Ferramentas BIM. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL – SIGRADI, 13., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009a, p. 119-121. (ISSN 2176-0519).

_____. Paradigmas de Representação de Modulação de Alvenarias em Ferramentas BIM. Revista **Gestão & Tecnologia de Projetos**, p. 54-75, volume 4, n.2, São Paulo, 2009b (ISSN 1981-1543).

Capítulo 2. Fluxo de informação e processo de quantificação

Artigo 1

Utilização de modelagem BIM no processo de integração entre projeto e orçamentação

Lilian Cristine Witicovski

Sergio Scheer

Resumo

Com o grande volume de informação necessária para a realização de um empreendimento da indústria da construção civil, é crescente a demanda por processos mais racionais e de melhor desempenho. Dentro deste contexto são demandados novos sistemas ou novas abordagens para o processamento dessas informações. Como papel estratégico, as etapas de projeto podem ser consideradas uma forma de conduzir de maneira sistêmica as decisões e restrições tecnológicas. A utilização do Building Information Modeling (BIM), a partir de um estudo de caso pode servir de referência para outras empresas que atuam com empreendimentos imobiliários, comerciais e industriais garantindo a integração: concepção – projeto – execução. A partir de um estudo de caso específico este artigo pretende explanar e explicar as facilidades que a tecnologia BIM representa para o processo de projeto, como também, sua interligação com os custos através da quantificação automática. Serve, portanto, como um recurso de conhecimento para obter informações facilitadas na tomada de decisões durante o ciclo de vida do empreendimento, além de ser um instrumento de planejamento e de controle da produção, procurando atender as necessidades e objetivos previamente definidos no planejamento estratégico.

Originalmente publicado em: WITICOWSKI, L. C. ; SCHEER, S. Utilização de modelagem BIM no processo de integração entre projeto e orçamentação. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos..** Salvador: FAUFBa, 2011. v.1. p.1-11.

1. Introdução

Building Information Modelling (BIM) é esperado para se tornar o principal meio de intercâmbio das informações entre os vários envolvidos em projetos de construção. Um dos desafios enfrentados pela indústria da construção civil é a utilização do BIM, não só como uma ferramenta no processo de concepção, mas como a interface para a troca de informações entre os envolvidos nos projetos. O projeto de construção exigirá colaboração e troca de informações entre uma variedade de pessoas, incluindo o cliente, arquitetos, engenheiros, orçamentistas, consultores da quantidade, empreiteiros e órgãos reguladores (STEEL; DROGEMULLER; TOTH, 2010).

A promessa desta tecnologia digital paramétrica e informações de intercâmbio entre aplicativos e usuários pretendem: reduzir os resíduos, reduzir custos, melhorar a segurança do resultado e aperfeiçoar o desempenho da instalação de planejamento, concepção e construção (KAM, 2007).

Servindo o modelo BIM, portanto, como um recurso de conhecimento para obter informações facilitadas na tomada de decisões durante o ciclo de vida do empreendimento. Padrões abertos irão assegurar que dados do projeto podem ser usados para muitas aplicações, incluindo modelagem de energia, análise de sustentabilidade, controle de custos e agendar o gerenciamento.

2. Integração entre Modelagem BIM, Planejamento e Orçamentação

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

A contínua comunicação entre todos os envolvidos ajudará na colaboração do processo a fim de desenvolver metas e estratégias para o processo BIM de transformação. Indicar as leis, regras, procedimentos e contratos terão de ser avaliados e alterados sempre que necessário.

Relacionado a estes aspectos centrais, a equipe do projeto também deve

considerar como as informações 3D-4D-BIM serão trocadas entre os membros da equipe durante o ciclo de vida de projetos e quais as tecnologias devem ser adotadas. Quando mais de um software for necessário, por exemplo, a utilização de um software de modelagem em 3D e a modelagem 4D separada, a interoperabilidade dos modelos, processos e software não pode ser um processo “off-the-shelf”, as equipes devem assegurar que a transferência de informações entre estes softwares é viável. Se qualquer um desses fatores não for considerado, isso poderia comprometer o sucesso da aplicação sobre o projeto.

A aliança internacional de interoperabilidade (IAI) criou uma plataforma uniforme, formato de arquivo - Industry Foundation Classes (IFC). Isto significa que para um modelo ser compatível com os modelos criados por outras ferramentas de software, é necessário que todos eles possam ser traduzidos em um formato de arquivo uniforme, de modo que todas as informações do objeto possam ser transferidas corretamente. Na maioria dos casos é um desafio reter todas as informações contidas no seu formato nativo de arquivo original (KYMEL, 2008). Cada processo começa com um modelo tridimensional baseado em objeto da proposta de projeto de construção codificadas no formato IFC (DROGEMULLER; TUCKER, 2003). A IFC através de padrão aberto define o conteúdo e a estrutura para intercâmbio BIM entre aplicações de software e os participantes num projeto de construção, este esquema baseia-se, em parte, da norma ISO 10303 (KAM, 2007).

No Setor da Construção Civil cada vez mais exigente e em que a sua sustentabilidade passa por se exigir cada vez mais em todas as fases de intervenção, desde o projeto à construção, a modelagem BIM é uma contribuição bastante importante para que se atinjam patamares mais elevados de perfeição, controlando melhor os prazos de execução (4D) e os custos (5D) (AZEVEDO, 2009). Dessa forma, em um projeto integrado, as ideias são julgadas por seus méritos, e as principais decisões são avaliadas pela equipe do projeto e, na maior medida prática, feita por unanimidade.

Como definição de Eastman, et al. (2008) têm-se o BIM como uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar os modelos de construção. Para Leitch e Messner (2007), BIM, é um processo de concepção, análise, integração e documentação do ciclo de vida do edifício, através do desenvolvimento de um protótipo virtual inteligente usando um banco de dados de informação.

Em geral, as diversas áreas do projeto incluem a melhoria da qualidade, precisão, coordenação e eficácia em busca de uma rica e diversificada gama de informações geradas a cerca de um edifício que podem ser capturadas com o modelo BIM. Independentemente de qual tipo de aplicativo utilizado, equipes de

projetos podem incorporar essas tecnologias em diferentes etapas ao longo de todo o ciclo de vida do projeto.

A versão BIM normalmente precisa conter apenas o subconjunto de informações relevantes para o usuário a que se destina a fase atual do projeto. É importante notar, no entanto, que muitas tecnologias BIM não estão totalmente amadurecidas e que estas tecnologias não existem na maioria das áreas de projetos complementares.

A ideia de um único repositório se torna mais acessível a todo mundo, a questão resume-se à guarda e controle sobre os dados do produto como ele é criado, recriado e utilizadas por vários profissionais. Cada item é descrito apenas uma vez, usando qualquer ferramenta de modelagem. É inevitável que a documentação e os dados sejam cada vez mais automatizados a ponto da quantificação e de outros processos técnicos exigirem a mínima intervenção humana (MATIPA, 2008).

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

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

2.1. Planejamento – CAD 4D/BIM

Na definição dos parâmetros e requisitos que delimitam a programação de obras, é necessário que estas estejam definidas quanto aos seus aspectos físicos, especificações técnicas e locais de construção. Assim, um primeiro requisito para a elaboração da programação de obras é que pelo menos os projetos padrões (arquitetura, estrutura, instalações), ou, preferencialmente, os projetos executivos estejam definidos (MORAES; SERRA, 2009).

Os modelos geométricos tridimensionais (3D) quando ligados ao planejamento da construção, transmitem de um modo bastante claro o processo

construtivo, constituindo um apoio importante na concepção e execução do projeto (SANTOS, 2010). A Construção Virtual permite coordenar as alternativas de desenho e planejamento, servindo para sincronizar e analisar as mudanças entre o desenho, custo e cronograma (AZEVEDO, 2009).

A aplicação do BIM no projeto colaborativo pode contribuir tanto para aprimorar o processo de obtenção das quantificações dos elementos desenhados a partir do modelo digital 4D, como para o levantamento de custos e prazos para a execução. Os programas BIM podem contribuir enormemente para a integração das informações provenientes dos diversos projetos em um único modelo digital 4D, constituído por um banco de dados de todos os elementos construtivos e suas relações espaciais (FLORIO, 2007).

O conceito de modelagem 4D (modelagem + tempo) entrou em discussão no final da década de 1990, nos Estados Unidos da América, Finlândia e Brasil. Com a introdução dos fatores tempo e custo no projeto BIM, os construtores puderam gerir e simular as etapas da construção, assim como analisar melhor a possibilidade de construção antes da execução (AZEVEDO, 2009). Os modelos 4D constituem uma contribuição positiva no apoio a decisões sobre o estabelecimento de estratégias de planejamento (SANTOS, 2010).

Entende-se planejar como um processo de previsão de decisões, envolvendo o estabelecimento de metas e definição dos recursos necessários para atingí-las. O processo de planejamento deve ser estruturado para atender à hierarquia das decisões estratégicas e táticas, operando com a manipulação de dados e geração de informações, permitindo avaliar o impacto de estratégias de produção no resultado do empreendimento e na empresa como um todo (MORAES; SERRA, 2009).

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

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

2008).

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

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

2.2. Orçamentação – CAD 5D/BIM

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

O maior problema no planejamento e construção de projetos de edifícios é a visualização incorreta das informações do projeto (o problema está nos detalhes). Uma vez que um projeto é representado em uma série de desenhos, o conteúdo desses documentos pode não ser claro para todos que os utilizam. Se não está totalmente visualizado, compreendido e comunicado, não podem ser representados corretamente no caderno de encargos e pode consequentemente, criar problemas durante a construção (KYMME, 2008).

Oliveira (1990) citado por Parisotto (2003) afirma que o método utilizado para obter o custo da construção está relacionado com o estágio de detalhamento do projeto, com o tempo disponível para análise e com o uso a que se destina.

Um sistema de gestão de custos deve ser ágil e constantemente atualizado, tendo em vista a alta dinamicidade dos custos durante a fase de produção de um empreendimento. Assim, os planos de custo devem ser controlados e atualizados de forma sistemática durante toda a fase de produção, através de ciclos de planejamento e controle de custos (KERN, 2007).

A forma de levantamento de quantitativos poderia ser mais parecida com o andamento da obra, a fim de proporcionar que o orçamento pudesse ser elaborado para cada período desejado (semanas, quinzenas, meses), gerando

listas de materiais mensais de acordo com os serviços programados para serem executados em tal período.

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

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

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

3. Estudo de Caso

O objetivo exploratório é o procedimento adotado para se obter maiores informações sobre determinado tema, até mesmo com a finalidade de se chegar a problemas específicos e estabelecer hipóteses, com vistas a estudos posteriores (MARQUES et al., 2006). Os métodos tradicionais de se realizar um levantamento incluem a medição e todos os elementos de um edifício, utilizando-se da escala. Este método pode ser bastante tedioso, especialmente a transferências de medições para um arquivo, sendo que estas devem ser verificadas cuidadosamente para assegurar a exatidão (ALDER, 2006).

Baseado nestas necessidades é possível, com a utilização de um sistema baseado em Building Information Modeling (BIM), extrair dados que podem facilitar o processo de quantificação de serviços da obra, gerando planilhas automaticamente. O atendimento do objetivo e confirmação da hipótese será

através um exemplo de um caso de sucesso de um orçamento automático gerado pela ferramenta BIM. O intuito é reduzir incertezas apresentadas nos métodos tradicionais e variabilidade do fluxo de trabalho, deste modo, será possível identificar as principais potencialidades e falhas, comprovando por fim, as melhorias apresentadas com a quantificação automática propiciada pela utilização do modelo BIM.

A grande vantagem do estudo de caso é permitir ao pesquisador concentrar-se em um aspecto ou situação específica e identificar, ou tentar identificar, os diversos processos que interagem no contexto estudado (BELL apud MORESI, 2003).

Dessa forma, a seguinte questão problema foi norteadora para a realização do estudo:

- Como pode ser estruturado o processo de gestão de custos para obras de construção civil visando o uso de modelagem e ferramentas BIM?

Pontos a serem analisados:

- descrição da empresa analisada e empreendimento em estudo;
- confecção do fluxo e trocas de informações entre os participantes;
- evidencias de como é realizado o levantamento de quantitativos e a planilha de orçamento;
- ter acesso ao produto orçamento a fim de conhecer as suas particularidades;
- apresentação de uma proposta de melhoria através dos pontos positivos e negativos.

O estudo é chamado de “A”, preservando a identidade da empresa. A análise foi caracterizada por informações através de entrevista semi-estruturada e dados disponibilizados pelos setores de projetos, TI, orçamento, planejamento e apresentações de palestras de uma empresa situada na cidade de São Paulo. Esta empresa é construtora e incorporadora, suas obras são industriais e comerciais com execução rápida. A figura 1 representa um esquema do fluxo de informação. Neste esquema, analisou-se também, a participação dos diferentes processos realizados por departamentos distintos dentro e fora da empresa e os softwares utilizados.



Figura 1 – Esquema de fluxo de informações

Fonte: os autores

Os projetos de arquitetura, estrutura e complementares são realizados por uma equipe externa. A equipe interna de projetos contrata os terceirizados, envia as regras, diretrizes e compatibiliza os projetos. Como as obras se caracterizam por execuções rápidas, não havia tempo para corrigir incompatibilidades de projetos ou sanar dúvidas com projetistas e equipe técnica em processo de execução. Para evitar problemas em canteiro, a empresa implantou o sistema BIM a fim de identificar interferências entre os diversos projetos ainda na fase de concepção dos mesmos, realizando estudos rápidos e eficientes. A implantação da tecnologia BIM nos projetos da empresa “A” se deu através dos seguintes passos:

- visita à Carnegie Mellon University, nos Estados Unidos;
- pesquisa e testes das ferramentas disponíveis no mercado, tais como os softwares: Archicad (Graphisoft), Microstation (Bentley) e Revit (Autodesk);
- assinatura de contrato para aquisição da licenças de software com a Bentley Systems – Microstation Architectural / Electrical / Mechanical;
- cursos para capacitação de pessoal para o uso do software;
- implantação básica do software, incluindo biblioteca;
- desenvolvimento de modelos de projeto piloto;

- modelagem completa e parcial de algumas obras.

O maior problema enfrentado pelo departamento de projetos é a falta de projetistas que trabalhem com modelagem e sistemas CAD baseados em BIM. O arquiteto envia os projetos em AutoCAD 2D para o projetista de estruturas que projeta em sistema CAD/TQS e para os projetistas de instalações complementares que utilizam igualmente o AutoCAD 2D. Com todos os projetos prontos, em formato DWG, uma equipe interna do departamento de projetos modela a edificação no software Microstation da Bentley Systems. Ao exportar do CAD/TQS em formato IFC, alguns itens de estrutura precisam ser modelados novamente. Todos estes projetos são compatibilizados.

O objetivo principal da implantação de um modelo BIM na empresa “A” era evitar incompatibilidades entre as diferentes especialidades de projetos. Em alguns casos a modelagem utilizando BIM gerou grandes economias como no estudo de terraplenagem. “Esta tecnologia possibilita uma análise profunda do empreendimento, uma vez que o mesmo é construído virtualmente antes de sua execução no canteiro; proporcionando redução de custos e prazos, além de melhoria da qualidade do produto final. Um projeto executado com essa tecnologia é na verdade um projeto 5D, pois além das três dimensões, estão integrados o tempo e o custo” (gerente de produto).

Com os problemas por incompatibilidade entre projetos resolvidos, o próximo passo seria a extensão da plataforma BIM ao departamento de orçamento e planejamento. Inicialmente o consultor BIM passou a ser quadro efetivo da empresa. Os envolvidos modelaram suas próprias bibliotecas criando regras para o preenchimento da planilha orçamentária com levantamento de quantitativos e as composições dos custos no software “MT” criado internamente pelo departamento de TI. “Uma vez que o MT disponibiliza a visualização do escopo completo de cada serviço, incluindo custos, materiais e mão de obra demandados para sua execução e estado atual de andamento, o usuário da ferramenta tem acesso, ao clicar sobre o serviço, a todas as informações sobre determinado elemento, como localização, complexidades executivas em função de acesso ou altura, dentre outros” (gerente de planejamento).

Uma exemplificação e comparação do gerente de produto: “Com a tecnologia BIM, as paredes, por exemplo, deixam de ser apenas duas linhas paralelas e passam a apresentar as informações da parede real desejada, como: dimensões, materiais, finalidades, fabricantes, podendo ser agregadas até informações sobre custos”. A Figura 2 mostra um exemplo do software MT integrado ao planejamento e a Figura 3 mostra o planejamento das atividades no software Primavera.

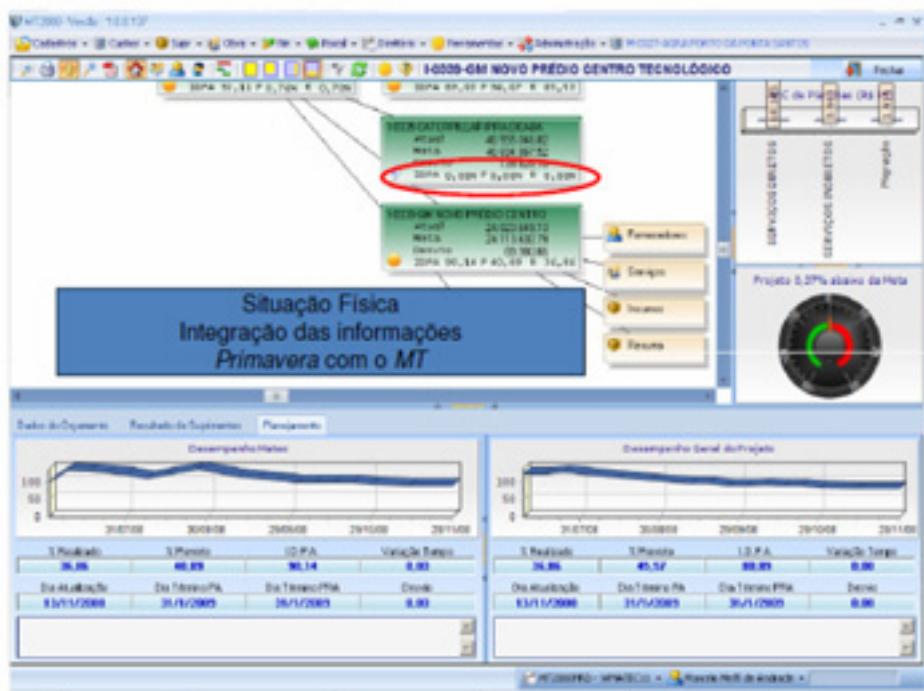


Figura 2 – Software MT integrado ao planejamento
Fonte: Estudo de caso empresa “A”

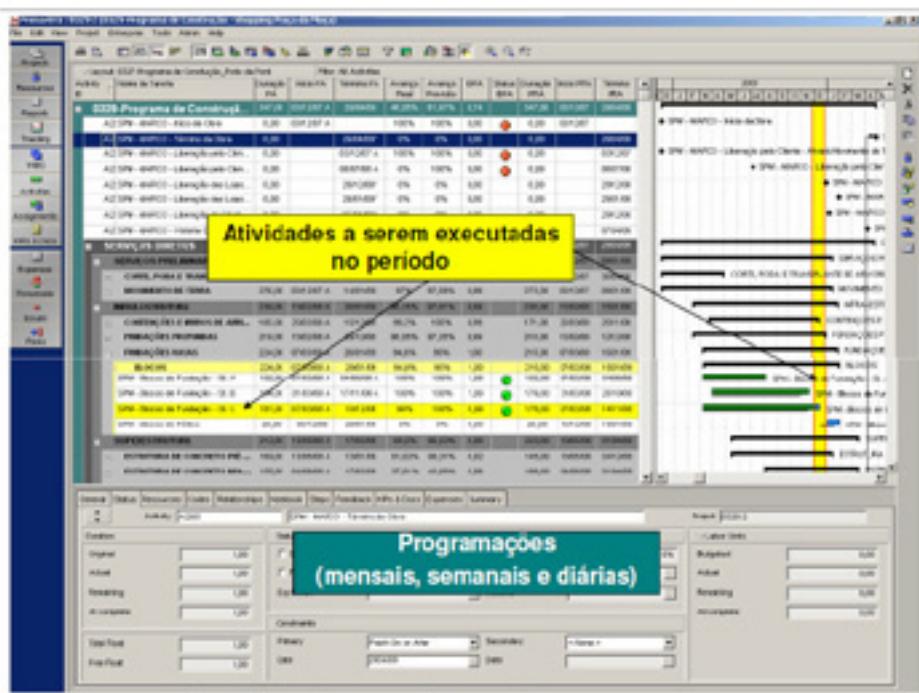


Figura 3 – Planejamento das atividades no software primavera
Fonte: estudo de caso empresa “A”

4. Considerações finais e conclusões

Como apresentado anteriormente, a modelagem dos projetos, tanto de arquitetura como os de instalações complementares, é realizada pela equipe de projetos com informações obtidas em formato DWG. A Figura 4 apresenta uma nova reestruturação dos participantes envolvidos no ciclo de vida do empreendimento em uma tentativa de solução dos problemas apresentados.



Figura 4 – Reestruturação do esquema de fluxo de informações
Fonte: os autores

Os projetistas, e principalmente o arquiteto deverão modelar arquivos completos nas etapas iniciais. O levantamento de quantitativos não é mais efetuado com projetos preliminares e sim com projetos pré-executivos que contém informações que seriam cedidas apenas ao final do processo como o acabamento e detalhes dos sistemas construtivos.

“O que se desenha é o que se levanta!” Se houver erros de modelagem o software não será capaz de quantificar automaticamente. Com este novo procedimento, o departamento de projetos apenas analisa a viabilidade financeira e de execução dos projetos com a compatibilização dos projetos. No entanto, ainda haverá um retrabalho para a equipe de projetos, pois o projeto de estruturas desenvolvido no CAD/TQS ainda apresenta problemas quando exporta o arquivo em IFC para ser usado no MicroStation.

O consultor BIM é a peça chave em todo o ciclo de vida do projeto, tanto no suporte técnico como no treinamento da mão de obra em todos os departamentos envolvidos no processo. Participando também da formulação de regras e diretrizes de modelagem para projetistas terceirizados e retroalimentação no banco de dados da biblioteca de objetos.

A aplicação da técnica de quantificação automática iniciou-se com a

criação de bases de dados ao longo das utilizações. Os quadros resumos de quantidades e planilhas com itens de etapas e serviços deverão estar alinhados com os quantitativos que os softwares produzem. Até mesmo a nomenclatura dos insumos precisa estar unificada desde o projeto até o departamento de suprimentos, para que a lista de materiais extraída do modelo seja eficiente. Dessa forma, o departamento de suprimentos, orçamento e planejamento alimentam o banco de dados com informações e dados importantes.

Mensalmente a obra ao fazer seus pedidos de compras junto ao departamento de suprimentos confere o levantamento de quantitativos. Desta forma, dados vindos do canteiro de obras podem ser atualizados no banco de dados com uso das bibliotecas de objetos (geradas na empresa). Mesmo com a padronização de objetos fornecidos pelos fornecedores, outros dados importantes sugeridos pelo planejamento, suprimentos e obra podem ainda ser agregados a eles.

Com o treinamento do departamento de orçamento, suprimento e planejamento, as dúvidas poderão ser esclarecidas diretamente com a visualização do modelo não sendo necessário mais a extração de quantitativos pelo departamento de projetos. A equipe do canteiro poderá usar um sistema de Realidade Virtual através da identificação por rádio freqüência (RFID) como sugerido por Xie et al. (2011) para explorar diferentes seqüências de construção, re-organizar temporariamente locais de instalações ou equipamentos, coordenar operações, identificar as questões de segurança, e melhorar a construtibilidade.

Enfim, todos os departamentos passam a ser colaboradores para melhorias da execução na etapa de projetos.

Referências

ALDER, M. A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to on-screen take off for a quantity takeoff on a conceptual estimate.** Dissertação (Master of Science). School of Technology Brigham Young University. 2006.

AZEVEDO, Orlando J. M. de. **Metodologia BIM – Building Information Modeling na direção técnica de obras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2009.

COELHO, Sérgio S., NOVAES, Celso C. Modelagem de informações para construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na

Construção De Edifícios, 8., São Paulo, 2008. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

DROGEMULLER, Robin; TUCKER, Selwyn. **Automating the Extraction of Quantities**. QUT Faculties and Divisions, Faculty of Built Environment and Engineering, 2003.

EASTMAN, Chuck; LISTON, Kathleen; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Edition 1. 2008

FLORIO, Wilson. Tecnologia da informação na construção civil: contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: TIC2007: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007.

KAM, C. 01 – **BIM Guide overview**. GSA Building Information Modeling Guide Series. 2007.

KERN, Andréa Parisi. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KHEMLANI, L.. **Use of BIM by facility owners**: an “Expositions”. Disponível em: <www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/Expositions_meeting.html, 2006>. Acesso em: mar. 2011.

KUO, Chung-Lun, EASTMAN, Charles M. **Web-based application on cost estimation of curtain wall system**. Cultures and visions: CAAD Futures, 2009.

KYMMEL, Willem. **BUILDING INFORMATION MODELING**: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulation. McGraw-Hill 2008.

MARQUES, Heitor R., MANFROI, José, CASTILHO, Maria Augusta de. **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico**. SENAI. 2006.

MATIPA, W. M. **Total cost management at the design stage using a building product model**. Tese (Doutorado em Philosophy Engineering). Faculty of Engineering, Department of Civil ND Environmental Engineering of National University of Ireland, Cork. 2008.

MORAES, Rosa M. M., SERRA, Sheyla M. B. Análise e estruturação do processo de planejamento da produção na construção civil. **Revista INGEPRO**. 2009

MORESI, Eduardo. **Metodologia da Pesquisa**. Universidade Católica de Brasília. 2003.

NASCIMENTO, Verônica M., SCHOEKER, Sadi L. **A contribuição do estudo**

do fluxo de informação para a integração da gerência de canteiro de obras e gerência central: uma abordagem teórica para o subsetor edificações. Enegep. 1998.

PARISOTTO, J. A. Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais - Estudo de Caso para uma Empresa Construtora. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

REZENDE, Paulo E. Integração projeto-produção no processo de desenvolvimento de projeto: uma alternativa para a melhoria na qualidade no setor da construção de OAE. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SANTOS, Joana Prata dos. Planeamento da construção apoiada em modelos 4D virtuais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

SHEN Z., ISSA R. R. A. Quantitative Evaluation of the BIM-assisted Construction Detailed Cost Estimates. ITcon, Vol. 15, 2010, pp. 234-257.

STEEL, James, DROGEMULLER, Robin, & TOTH, Bianca. Model interoperability in building information modelling. 2010.

XIE, Haivan; SHI, Wei; ISSA, Raja. Using rfid and real-time virtual reality simulation for optimization in steel construction. **Journal of information technology in construction (itcon)**, vol. 16, pg. 291-308, 2011. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2011/19>>. Acesso em: mar. 2011.

Quantificação Automática em Projetos de Construção Civil

Lilian Cristine Witicovski
Sérgio Scheer

Resumo

É possível, com a utilização da Modelagem de Informações para Edificações ou Building Information Modeling (BIM), extrair dados que podem facilitar o processo de quantificação de serviços da obra, gerando planilhas automaticamente. A forma de levantamento de quantitativos pode ser mais parecida com o andamento da obra para cada período desejado (semanas, quinzenas, meses), gerando listas de materiais mensais de acordo com os serviços programados para serem executados em tal período. Para tanto, existe a necessidade das etapas do projeto e do planejamento terem um desenvolvimento integrado com as atividades e os principais agentes envolvidos para uma maior qualidade e desempenho do empreendimento com a utilização da Tecnologia da Informação. Este artigo apresenta a integração entre o processo de projeto (CAD 3D/BIM), planejamento (CAD 4D) e a quantificação automática (CAD 5D) de empreendimentos residenciais, comerciais e industriais, através de estudos de caso realizados em quatro empresas. De acordo com os problemas diagnosticados, propostas de melhorias são apresentadas.

Originalmente publicado em: WITICOWSKI, Lilian C.; SCHEER, S. Quantificação Automática em Projetos de Construção Civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 7., 2011, Belém. **Anais do Sétimo SIBRAGEC - Desafios da gestão de grandes projetos na construção civil.** Belém : ANTAC, 2011. v. 1. p. 1-8.

1. Introdução

O principal objetivo da estimativa de custo é captar com precisão os dados de custos necessários no projeto do edifício e evitar o risco de superação orçamental em fase de construção (KUO; EASTMAN, 2009). A importância do levantamento de quantitativo das fases genéricas do projeto fornece o ponto de partida para a avaliação global do papel da gestão de custos dentro uma equipe de projeto (MATIPA, 2008).

Building Information Modeling (BIM) oferece uma tecnologia potencialmente transformadora através da sua capacidade de fornecer um recurso digital compartilhado para todos os participantes na gestão do ciclo de vida de um edifício, desde o desenho preliminar até a gestão de instalações. Como um banco de dados visual dos componentes do edifício, BIM pode fornecer a quantificação exata e automatizada, e ajudar na redução significativa da variabilidade das estimativas de custo (SABOL, 2008).

O intercâmbio de dados digitais sobre um projeto de construção pode substituir a base de processos impressos e pode aumentar a velocidade e a eficiência da comunicação, bem como melhorar a gestão dos custos da concepção à conclusão - também conhecida como gestão total de custos. O objetivo, no entanto, é integrar todos os dados multidisciplinares gerado pela obra e aperfeiçoar a sua utilização (MATIPA, 2008). Assim, os orçamentistas compreendem e visualizam exatamente o que está a ser quantificado para analisar tais cenários diferente (ALDER, 2006).

A promessa desta tecnologia digital paramétrica e informações de intercâmbio entre aplicativos e usuários pretendem: reduzir os resíduos, reduzir custos, melhorar a segurança do resultado e aperfeiçoar o desempenho da instalação de planejamento, concepção e construção (KAM, 2007).

Essa operação poderia agregar automaticamente ao projeto não só a forma e a representação dos elementos construtivos, como também o custo, prazo de entrega, desempenho, instruções para montagem ou construção, e também para operação, manutenção e disposição dos materiais. Essa informação poderia ser extraída posteriormente, por aplicações de análise ou planejamento da construção, por exemplo. Embora algumas bibliotecas de objetos já sejam disponíveis – principalmente para peças de mobília – a informação contida ainda é limitada, e comumente disponibilizada em formatos proprietários, que não podem ser utilizados em todos os BIM CADs (AYRES FILHO, 2009).

2. CAD 3D e BIM

Model(ing) modelo ou modelagem, em BIM, significa a representação digital de um edifício ou estrutura inteira, frequentemente um modelo 3D. Quando composto por objetos, também pode ser referido como um modelo do objeto ou modelo orientado do objeto (object-oriented) (MOREIRA, 2008). O CAD orientado a objeto, por carregar dados ricos do edifício na estrutura do objeto, pode ser entendido como BIM (ITO, 2007). Um modelo de construção pode ser descrita pelo seu conteúdo (objetos) ou suas capacidades (tipos de requisitos de informação que pode suportar) (EASTMAN, et al., 2008).

Uma característica fundamental do BIM é o seu desenvolvimento através do feedback da informação. A evolução do modelo e as informações relevantes do projeto são interativas, assim, a informação disponível aumenta gradualmente no desenvolvimento do escopo. Um projeto coordenado e inteligente vai crescer com a informação da construção que é continuamente reciclado através do BIM em um nível mais detalhado e coordenado (KYMMEL, 2008).

3. CAD 4D e planejamento

Planejamento 4D pode ser definido como o processo de planejamento de um empreendimento e visualização do mesmo a nível espacial conforme o planejado, ou seja, consiste em visualizar o andamento da obra em terceira dimensão (3D) ao longo do tempo, sendo este último (o tempo) a quarta dimensão (SILVEIRA et al., 2006).

Para Silveira (2005), o planejamento 4D consiste basicamente em visualizar o andamento de uma obra num programa de visualização gráfica segundo um cronograma. Para tanto, é necessário fazer todo o planejamento e em seguida mostrar somente as atividades concluídas e as em andamento.

4. CAD 5D e custos

A estimativa é mais complexa do que simplesmente a obtenção de uma lista de materiais e suas dimensões. “Isso envolve a análise do edifício, o agrupamento de objetos em conjuntos apropriados para a construção, montagem e configuração

de variáveis de item e, em seguida os preços dos objetos." (KHEMLANI, 2006).

A Construção Virtual permite coordenar as alternativas de desenho e planejamento, servindo para sincronizar e analisar as mudanças entre o desenho, custo e cronograma (AZEVEDO, 2009). As estimativas de custos obtidas a partir do modelo de construção serão mais precisos a partir do rigor e nível de detalhe já modelado (EASTMAN et al., 2008).

5 METODOLOGIA

A coleta de informações foi através de uma visita exploratória às empresas em análise, exceto o estudo da empresa "D" que foi realizada totalmente através de e-mails. A realização de um roteiro se deu em três etapas. No primeiro momento, identificou-se como funciona a empresa, em segundo, questões estratégicas e de planejamento a cerca da troca de informações entre o processo de projetos e o orçamento. Em terceiro, questões relacionadas à tecnologia da informação. Os documentos disponibilizados e a forma de como se obteve cada um será discriminado nas análises de cada estudo. Todas estas etapas contribuíram para a realização do fluxo de informações dos estudos. As análises dos resultados obtidos serão confirmadas através das melhorias estabelecidas, relatadas num comparativo do que é afirmada na revisão bibliográfica e do que foi constatado nas empresas que serviram de referência.

6. Estudos de Caso

O estudo "A" foi caracterizado por informações e dados disponibilizados pelos setores de projetos, TI, orçamento, planejamento e apresentações de palestras de uma empresa construtora situada na cidade de São Paulo. Esta empresa é construtora e incorporadora, suas obras são industriais e comerciais com execução rápida. Com as informações utilizadas e disponibilizadas, além da entrevista semi-estruturada, a Figura 1 representa um esquema do fluxo de informação. Neste esquema, analisou-se também, a participação dos diferentes processos realizados por departamentos distintos dentro e fora da empresa e os softwares utilizados.

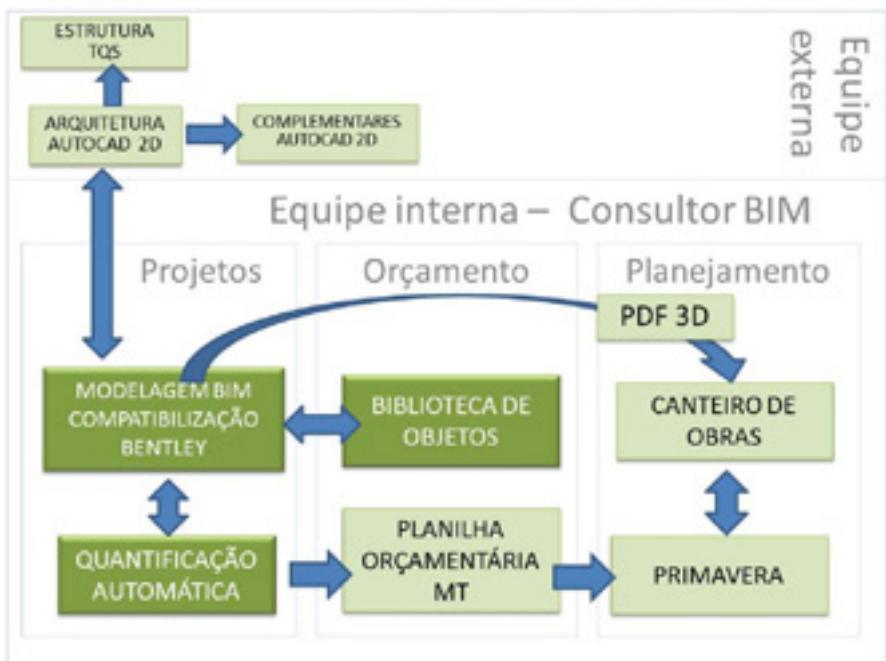


Figura 1 – Esquema de fluxo de informação estudo A (Os autores)

O estudo “B” está desenvolvendo cinco projetos residenciais para testar os diferentes softwares BIM (Building Information Modeling) disponíveis no mercado. A empresa montou equipes envolvendo funcionários da construtora, projetistas terceirizados e consultores, uma para cada empreendimento e conta com apoio de entidades de classe e duas universidades do meio acadêmico. Os Softwares utilizados são: Revit, MicroStation, VectorWorks e o ArchiCAD. A Figura 2 mostra a troca de informações interna e externa da empresa construtora e incorporadora e os softwares utilizados neste processo. Este esquema foi caracterizado por informações e dados disponibilizados por 2 gerentes técnicos, entrevista semi-estruturada e apresentações de palestras por esta empresa construtora e incorporadora situada na cidade de São Paulo. Suas obras são residenciais e o tempo de execução são de aproximadamente 2 anos dependendo da complexidade do empreendimento.

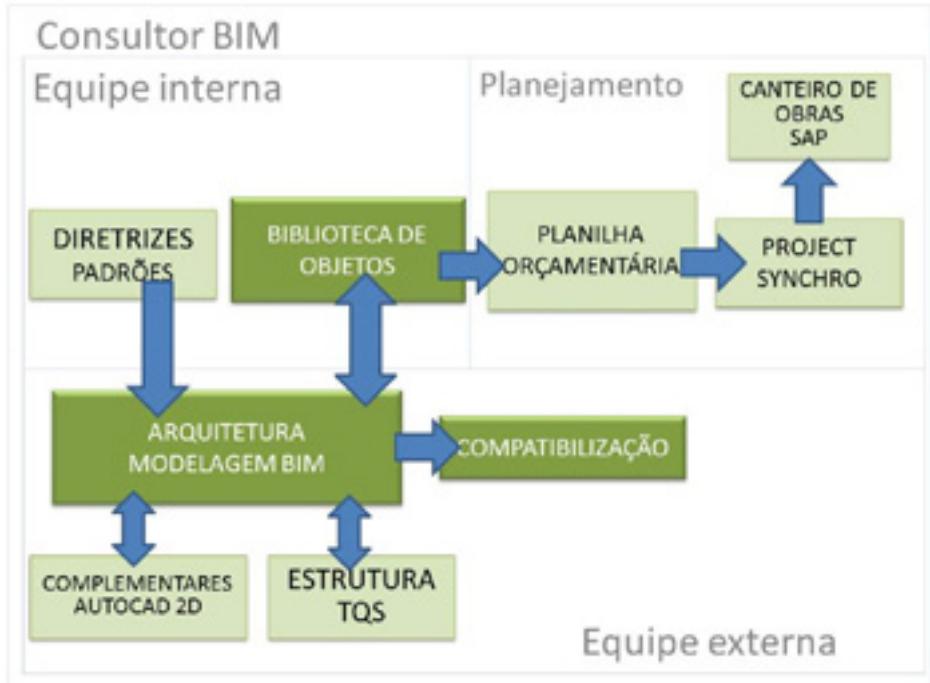


Figura 2 – Esquema de fluxo de informação estudo B (Os autores)

O estudo “C” está fundamentado nas análises de projetos e orçamento de um setor público na cidade de São José dos Pinhais que tem como foco obras urbanas públicas. A análise foi caracterizada por informações e dados disponibilizados pelo diretor de projetos além da entrevista semi-estruturada aplicada. O BIM é parcialmente aplicado neste estudo como mostra a Figura 3 abaixo.

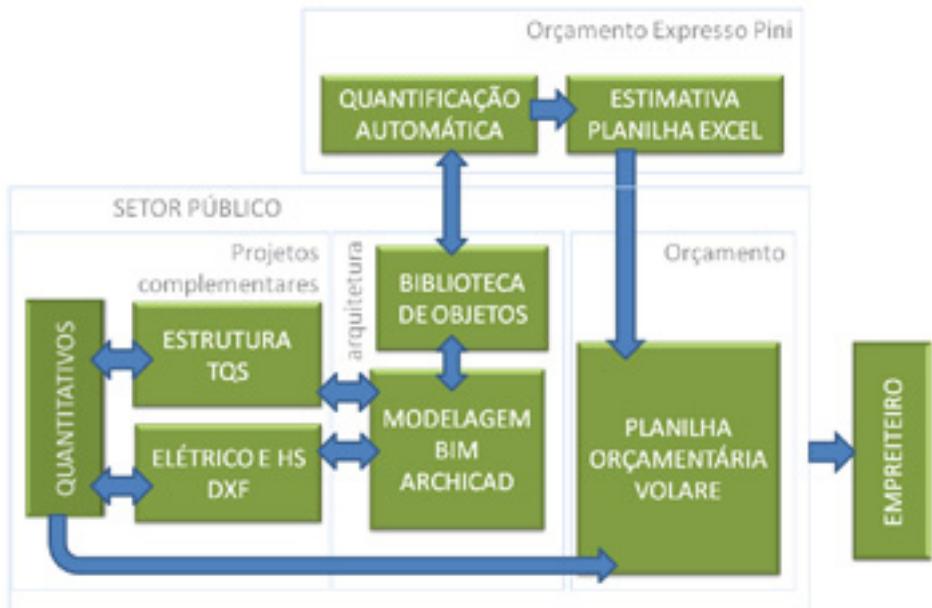


Figura 3 – Esquema de fluxo de informação estudo C (Os autores)

O estudo “D” foi caracterizado por informações e dados disponibilizados pelo diretor por emails, apresentações de palestras e a aplicação do questionário semi-estruturado de uma empresa prestadora de serviços técnicos em orçamento e planejamento de obra (predial, urbano, hospitalar e aeroportos) situada na cidade de São Paulo. Com as informações utilizadas e disponibilizadas a figura 4 representa um esquema do fluxo de informação. Neste esquema, analisou-se também, a participação dos diferentes processos realizados por departamentos distintos dentro e fora da empresa e os softwares utilizados.

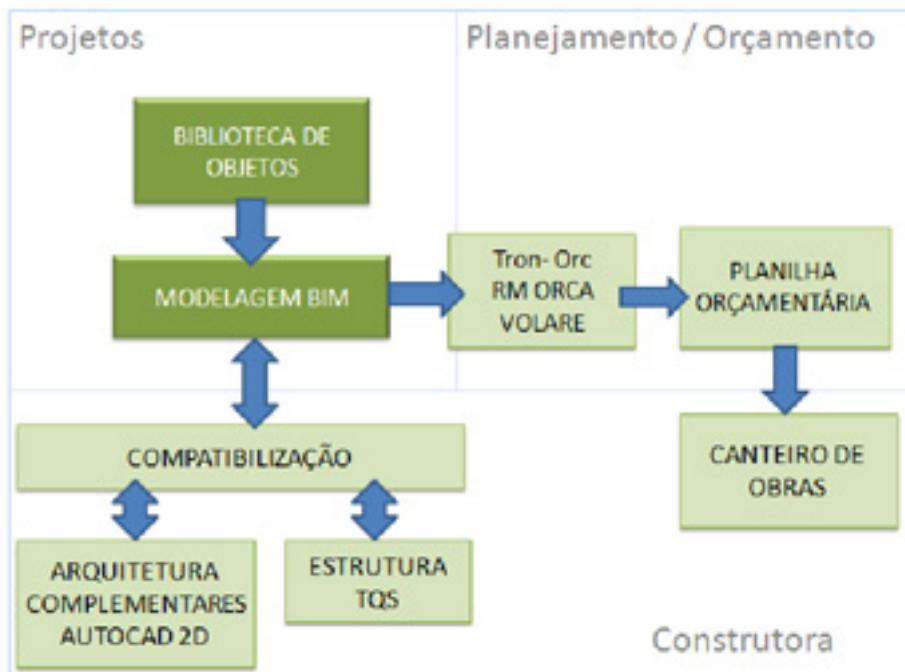


Figura 4 – Esquema de fluxo de informação estudo D (Os autores)

	Estudo A	Estudo B	Estudo C	Estudo D
Localização da sede	São Paulo	São Paulo	São José dos Pinhais	São Paulo
Ramo de atuação	Industriais, comerciais e residenciais	Residenciais	Obras Públicas	Predial, urbano, hospitalar, aeroportos
Participantes do diagnóstico	Gerente de projetos e Gerente de TI	Gerente Técnico	Diretor de Projetos	Diretor
Orçamento	Automático	Em fase de implantação	Teste automático	Automático
Levantamento de quantitativos	Em todo o ciclo de vida do projeto	Em todo o ciclo de vida do projeto	Fase preliminar	Em todo o ciclo de vida do projeto
Planejamento	CONFIRMAR	CONFIRMAR	Construtor	Planejamento de execução e custos junto.
Interoperabilidade na fase de projetos	Ineficiente	Ineficiente	Ineficiente	Ineficiente

Interoperabilidade 3D, 4D, 5D.	Eficiente	Eficiente	Ineficiente	Eficiente
Biblioteca de objetos	Modelado pelo dep. projetos	Modelado pelos projetistas terceirizados	Modelado pelo dep. projetos	Modelado pelos arquitetos dep. orçamento
Orçamentista participante do ciclo de vida do projeto	Sim	Sim	Apenas na fase inicial	Sim

Quadro 1 – Comparativo dos estudos de caso

7. Proposta de Melhoria

Todas as empresas em análise apresentam problemas com interoperabilidade. Os casos A, C e D modelam em sistemas CAD baseados em BIM a partir de projetos de arquitetura e complementares recebidos em AutoCAD 2D. Apenas o estudo B recebe a arquitetura em sistemas CAD baseada em BIM. No entanto, ainda há um retrabalho para a equipe de projetos, pois, o projeto de estruturas desenvolvido no CAD/TQS ainda apresenta problemas quando exporta o arquivo em IFC para ser usado no MicroStation, ArchiCAD, Revit ou VectorWorks.

Os envolvidos modelariam suas próprias bibliotecas criando regras para o preenchimento da planilha orçamentária, os quadros resumos de quantidades e planilhas com itens de etapas e serviços deverão estar alinhados com os quantitativos que os softwares produzem. No entanto, propõe-se que a modelagem de objetos seja designada aos fornecedores. O consultor BIM é a peça chave em todo o ciclo de vida do projeto, tanto no suporte técnico como no treinamento da mão de obra em todos os departamentos envolvidos no processo. Participando também da formulação de regras e diretrizes de modelagem para projetistas terceirizados e retroalimentação no banco de dados da biblioteca de objetos.

A partir destas observações, reestruturação do fluxo de informações será apresentado nas Figuras, 5, 6, 7 e 8 para cada caso.

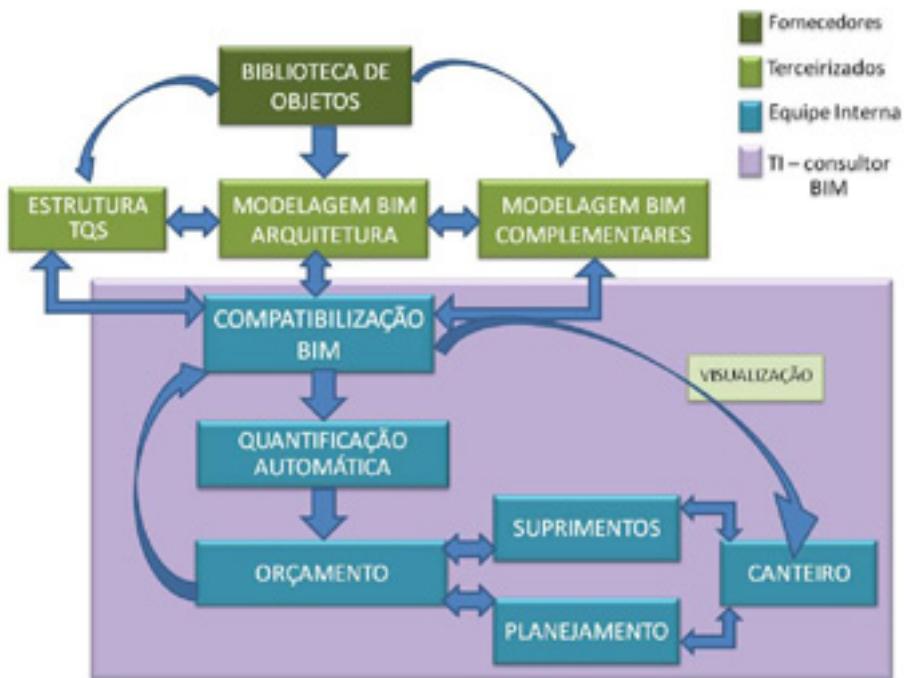


Figura 5 – Reestruturação do fluxo de informação estudo A (Os autores)



Figura 6 – Reestruturação do fluxo de informação estudo b (Os autores)

O processo de projetos do estudo “C” termina com a contratação de um empreiteiro via licitação, dessa forma, os autores fizeram uma simulação do fluxo de informações de uma construtora para completar o ciclo de vida do projeto.

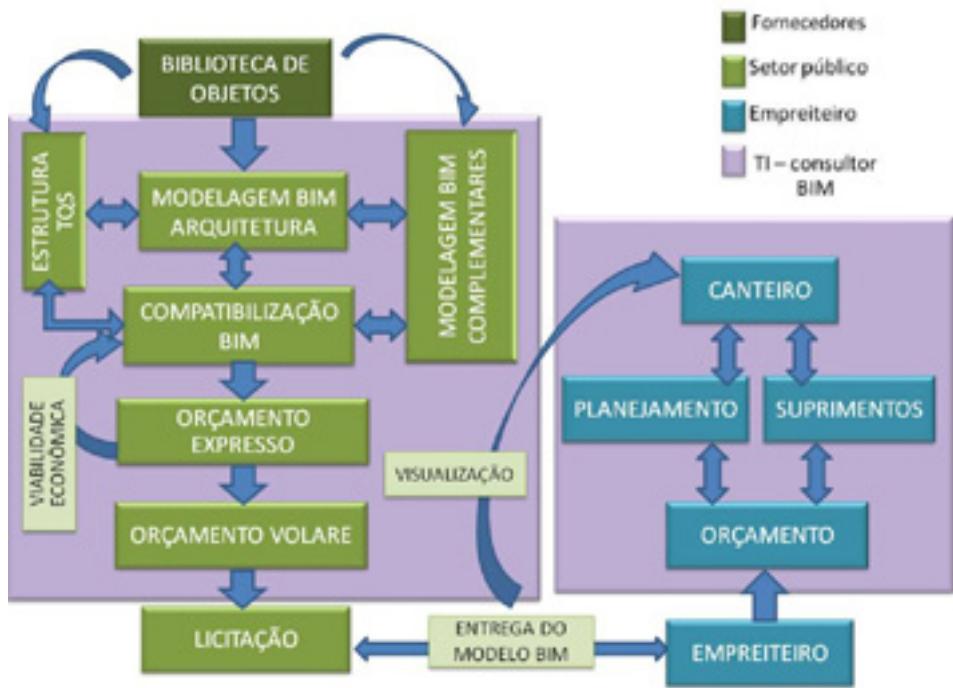


Figura 7 – Reestruturação do fluxo de informação estudo C (Os autores)

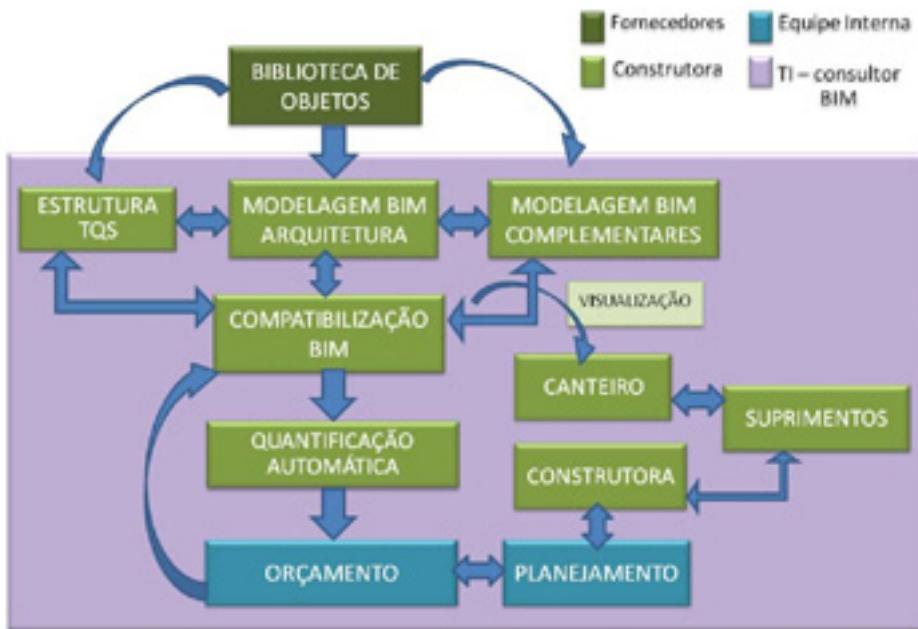


Figura 8 – Reestruturação do fluxo de informação estudo D (Os autores)

8. Considerações Finais

Os projetistas, e principalmente o arquiteto deverão modelar arquivos completos nas etapas iniciais. O levantamento de quantitativos não é mais efetuado com projetos preliminares e sim com projetos pré-executivos que contém informações que seriam cedidas apenas ao final do processo como o acabamento e detalhes dos sistemas construtivos. “O que se desenha é o que se levanta!” Se houver erros de modelagem o software não será capaz de quantificar automaticamente.

Finalmente, alguns pontos de melhoria são apresentados abaixo para cada envolvido no ciclo de vida do projeto:

Projetos

Detalhes de projeto na fase de anteprojeto;

Biblioteca - Catálogo de fornecedores (normas técnicas, desempenho, manual de uso e manutenção);

ABNT - padronização de um sistema de classificação da informação da

construção que guiará a classificação das famílias;

Publicidade – o que é anunciado é construído;

Precisão para a personalização de apartamentos (compatibilizações e custos automatizados);

Planejamento

Controle de execução;

Programações de quais materiais serão instalados e seus estoques;

Visualização de interferências entre serviços;

Orçamento

Menos levantamento;

Mais estratégia (consolidação dos preços unitários);

Reduz prazos;

Precisão;

Atualização de todo o ciclo de vida do projeto;

Suprimentos

Especificação das aquisições;

Prazos para compras;

Precisão e planejamento dos insumos adquiridos;

Maior poder de negociação;

Canteiro de Obras

Menos improviso e menos atrasos;

Reducer erros com a compatibilização;

Visualização facilitada para mestres e equipe de obra;

Estudos de cenários e canteiros.

Referências

ALDER, M. A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to on-screen take off for a quantity takeoff on a conceptual estimate.** Dissertação (Master of Science). School of Technology Brigham Young University. 2006.

AYRES FILHO, Cervantes Gonçalves. **Acesso ao modelo integrado do edifício.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, 2009.

AZEVEDO, Orlando J. M. de. Metodologia BIM – **Building Information Modeling na direção técnica de obras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2009.

EASTMAN, Chuck; LISTON, Kathleen; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** Edition 1. 2008

ITO, Armando L. Y. **Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura: estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, 2007.

KAM, C. 01 – **BIM Guide overview.** GSA Building Information Modeling Guide Series. 2007.

KHEMLANI, L.. **Use of BIM by facility owners:** an “Expositions”. www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/Expositions_meeting.html, 2006.

KYMMEL, Willem. **BUILDING INFORMATION MODELING : Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulation.** McGraw-Hill 2008.

MATIPA, W. M. **Total cost management at the design stage using a building product model.** Tese (Doutorado em Philosophy Engineering). Faculty of Engineering, Department of Civil ND Environmental Engineering of National University of Ireland, Cork. 2008.

SABOL, L. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling.** IFMA World Workplace. 2008.

SILVEIRA, Samuel João da. **Programa para Interoperabilidade entre Softwares de Planejamento e Editoração Gráfica para o Desenvolvimento do Planejamento 4D.** 156p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC. 2005.

SILVEIRA, Samuel João da; GOMÉZ, Luiz Alberto; JUNGLES, Antônio Edésio. Metodologia para interoperabilidade entre softwares de planejamento e de visualização gráfica para o desenvolvimento do planejamento 4D. **XXVI ENEGEP**, 2006.

Capítulo 3. Desenvolvimento de ferramentas para acesso a modelos IFC

Artigo 1

Sugestão para o desenvolvimento de uma ferramenta de metacompilação de classes Java para acesso a modelos IFCXML em alto nível

Cervantes Ayres Filho

Sergio Scheer

Resumo

As Industry Foundation Classes, IFC, são um esquema criado em EXPRESS para descrição e transmissão inequívoca de informações na indústria da construção. Atualmente, são consideradas um dos mais importantes agentes na busca pela interoperabilidade entre os sistemas utilizados na indústria. Mais de dez anos após a sua primeira versão, entretanto, as IFC's continuam sendo utilizadas primordialmente em projetos-teste e experimentos isolados. Dentre as várias explicações para o baixo índice de implantação está o limitado número de ferramentas que permitem criar aplicações baseadas nele. A informação contida nos modelos de edifícios em formato IFC é extensamente particularizada, com as entidades que representam os elementos construtivos sendo reduzidas a tipos simples de dados e primitivos geométricos, separados em várias partes do arquivo. Essa característica precisa ser revertida durante a criação de aplicações que accessem modelos de edifícios, o que aumenta consideravelmente a tarefa de programação e dificulta a manutenção do código. Neste artigo são mostradas as principais formas de desenvolvimento de aplicações para acesso aos dados de modelos de edifícios em formato IFC. Também são apresentadas sugestões para a criação de uma ferramenta para metacompilação semiautomatizada de bibliotecas de classes Java, correspondentes às entidades IFC, que forneçam aos desenvolvedores métodos de acesso mais diretos e permitam a criação de aplicações de modo mais ágil.

Originalmente publicado em: AYRES FILHO, C. ; SCHEER, S. . Sugestão para o desenvolvimento de uma ferramenta de metacompilação de classes Java para acesso a modelos IFCXML em alto nível. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2009, Rio de Janeiro. **Anais TIC2009...** Niterói: Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - UFF, 2009. v. 1. p. 1-10.

1. Introdução

A modelagem de produto na construção, ou BIM (Building Information Modeling), é o processo de gestão de toda a informação produzida e utilizada nas diferentes fases do ciclo de vida da edificação, utilizando um modelo que representa as suas características físicas e funcionais (EASTMAN, 1999). Não existem aplicações que compreendam a totalidade do escopo da BIM, e muito provavelmente não venham a existir, porque sistemas com esta proposta seriam muito complexos e de difícil manutenção (EASTMAN et al., 2004). Ao contrário, a criação de modelos BIM se dá em um sistema composto por vários tipos de aplicações, com diferentes objetivos e enfatizando diferentes porções da informação, colaborando e compartilhando dados (IBRAHIM et al., 2004). A troca de informações entre essas várias aplicações deve ocorrer sem sobressaltos, garantindo que o significado não seja prejudicado. O termo que define esse requisito é “interoperabilidade”, que pode ser entendida como um mapeamento das estruturas internas de dados das aplicações envolvidas em relação a um modelo universal, independente de fabricantes (ou neutro). Com isso, novas aplicações podem ser desenvolvidas partindo desse mapeamento, eliminando a prática onerosa de criar várias rotinas de transposição de informação para cada aplicação ou versão utilizada no desenvolvimento de edifícios (NIBS, 2007).

1.1. IFC e ifcXML

IFC, Industry Foundation Classes, é um padrão para a troca de dados entre as diferentes aplicações que acessam os modelos de edificações em um ambiente de interoperabilidade. Ele é desenvolvido pela International Alliance for Interoperability (IAI) desde 1994, e é atualmente a iniciativa mais ambiciosa no sentido de padronizar o formato de dados na indústria da construção (HOWARD e BJÖRK, 2008). O esquema IFC é um modelo semântico de dados descrito em EXPRESS, formado por constructos que representam os objetos, as suas propriedades e os seus relacionamentos com outros objetos. As unidades básicas de informação são as Entidades, que descrevem objetos físicos ou objetos abstratos. Os principais tipos de entidades são produtos, processos, controles, recursos, atores, projetos e grupos (conjuntos de outras entidades), e é possível estendê-los para formas que representem inequivocamente qualquer informação utilizada nos modelos de edifícios (LIEBICH e WIX, 2000).

Para atingir uma comunidade mais ampla de desenvolvedores, já que tanto a documentação como as ferramentas para implementação de esquemas

EXPRESS são limitadas, a IAI disponibiliza uma versão em XML do esquema IFC, chamada ifcXML. XML (Extensible Markup Language) é uma linguagem de metadados recomendada pelo World Wide Web Consortium (W3C) como padrão para troca de informações na Web (W3C, 2008b). Ao contrário da EXPRESS, que foi criada com o propósito de representar modelos de produtos, a XML é essencialmente genérica, e pode ser utilizada para descrever qualquer tipo de informação. Para limitar os descritores e dados a um universo de constructos que descreva corretamente um objeto, são utilizados esquemas XSD (XML Schema Definition). A ifcXML é justamente um esquema XSD para formatação de arquivos XML de acordo com as estruturas das IFC (NISBET e LIEBICH, 2007). A primeira versão da ifcXML foi lançada em 2001, e a partir de então, para cada versão do esquema IFC, há uma versão ifcXML correspondente, mapeada automaticamente. Além de ser mais facilmente implantada do que a versão em EXPRESS, a ifcXML é baseada em uma tecnologia da internet e por isso é naturalmente associável aos recentes desenvolvimentos da web semântica, como a linguagem de ontologias OWL. Por isso, terá papel fundamental no desenvolvimento da próxima geração de padrões para interoperabilidade na construção (ARANDA-MENA e WAKEFIELD, 2006).

1.2. Binding

Há três modos para obter dados de um modelo de edifício em formato ifcXML. Como ele é descrito em código ASCII, pode-se criar rotinas para leitura a partir da identificação das partes que compõem as linhas do arquivo (tokenização de strings). Também pode-se utilizar as ferramentas SAX e DOM para realizar o processo de parsing, que é a varredura dos nós do arquivo ifcXML e a construção de uma estrutura hierárquica de objetos que representam abstratamente as estruturas IFC (SAXPROJECT, 2008; W3C, 2008a). Porém, o método mais simples e eficaz é importar para o código da aplicação uma biblioteca de classes correspondentes às estruturas IFC presentes no modelo. Essa biblioteca é criada automaticamente a partir de um mapeamento do esquema XSD da ifcXML para uma linguagem de programação, em um processo chamado binding. Há várias ferramentas próprias para binding disponíveis gratuitamente (W3C, 2008c).

2. Definição do Problema

A utilização do padrão IFC ainda é limitada, e há vários desafios a serem vencidos. Entretanto, grande parte dos autores da área concorda que ele ainda é

a melhor alternativa para a implementação dos ambientes de interoperabilidade entre as aplicações na indústria da construção (KIVINIEMI, 2006; KIM e SEO, 2008; PAZLAR e TURK, 2008). Nesse sentido, desenvolver métodos para facilitar o desenvolvimento de aplicações baseadas no padrão IFC é essencial para fomentar a interoperabilidade. Em um recente estudo sobre os métodos de acesso a modelos de edifícios, o processo de binding do esquema ifcXML foi realizado com a ferramenta XMLBeans (APACHE, 2008), e a biblioteca resultante foi importada em uma aplicação Java. A utilização da biblioteca de classes provou-se extremamente útil ao trabalho de programação, porém a complexidade dos relacionamentos no esquema ifcXML superou a capacidade da ferramenta de binding. Por exemplo, para acessar a entidade IfcWallStandardCase, mostrada na figura 1, utiliza-se a classe Java IfcWallStandardCase() gerada automaticamente a partir do esquema ifcXML.

```

<IfcWallStandardCase id="i1714">
  <GlobalId>1WfU$nJCrCZO_HrHunLtl5</GlobalId>
  <OwnerHistory>
    <IfcOwnerHistory xsi:nil="true" ref="i1568"/>
  </OwnerHistory>
  <Name>SW - 002</Name>
  <ObjectPlacement>
    <IfcLocalPlacement xsi:nil="true" ref="i1711"/>
  </ObjectPlacement>
  <Representation>
    <IfcProductDefinitionShape id="i1793">
      <Representations ex:cType="list">
        <IfcShapeRepresentation pos="0" xsi:nil="true"
ref="i1753"/>
        <IfcShapeRepresentation pos="1" xsi:nil="true"
ref="i1786"/>
      </Representations>
    </IfcProductDefinitionShape>
  </Representation>
  <Tag>3B09AD2E-868F-48F9-A4-80-F4F953F6B0E1</Tag>
</IfcWallStandardCase>

```

Fig. 1: entidade IfcWallStandardCase descrita em ifcXML.

A classe contém métodos que retornam o valor dos atributos da entidade, como getOwnerHistory() ou getObjectPlacement(). Quando os atributos são

outras entidades, e elas são declaradas sequencialmente (aninhadas), o acesso é feito por uma cadeia de métodos “get”. No esquema da figura 1, a entidade IfcProductDefinitionShape é o valor do atributo Representation da entidade principal, e foi declarada sequencialmente. Entretanto, essa entidade filha poderia ser declarada em outra parte do arquivo ifcXML, e nesse caso a entidade IfcWallStandardCase faria referência a ela a partir do atributo de identificação id. Essa estratégia tem dois objetivos: permitir que porções de informação sejam reutilizadas (quando são referenciadas por várias outras entidades) e reduzir a complexidade do arquivo. Identificar entidades referenciadas que são descritas em diferentes partes do arquivo é a situação mais recorrente durante a leitura de arquivos ifcXML. No esquema da figura 1, para acessar as entidades IfcShapeRepresentation, que determinam a representação geométrica do objeto, a expressão seria:

```
wall.getRepresentation().getIfcProductRepresentation().getRepresentations().  
getIfcRepresentationArray(0);
```

Embora a classe gerada pelo processo de binding identifique o valor do atributo como uma entidade, no esquema da figura 1 pode-se verificar que trata-se apenas de uma referência a uma entidade, já que não há valores inseridos entre o início e o final do descritor de dados. Cabe então ao programador desenvolver rotinas para primeiramente identificar a ocorrência do atributo ref, que indica uma referência, e em seguida percorrer todas as entidades do arquivo ifcXML em busca da que contenha atributo id com o mesmo valor.

Outra dificuldade verificada no trabalho com as classes geradas pelo processo binding foi a falta de métodos mais diretos para o acesso de atributos. Informações descritas em esquemas ifcXML são decompostas até os primitivos de dados, uma qualidade necessária para manter o padrão flexível e robusto. Em entidades mais simples, sem aninhamentos ou referências, esta característica não chega a ser um problema. Porém acessar atributos de entidades mais complexas é um desafio, porque a informação necessária pode encontrar-se distribuída por dezenas de entidades em locais diferentes do arquivo. Na figura 2 é apresentado um esquema da sequência de atividades necessárias para se obter, a partir de um modelo de edifício em ifcXML, o volume de uma parede e o seu material.

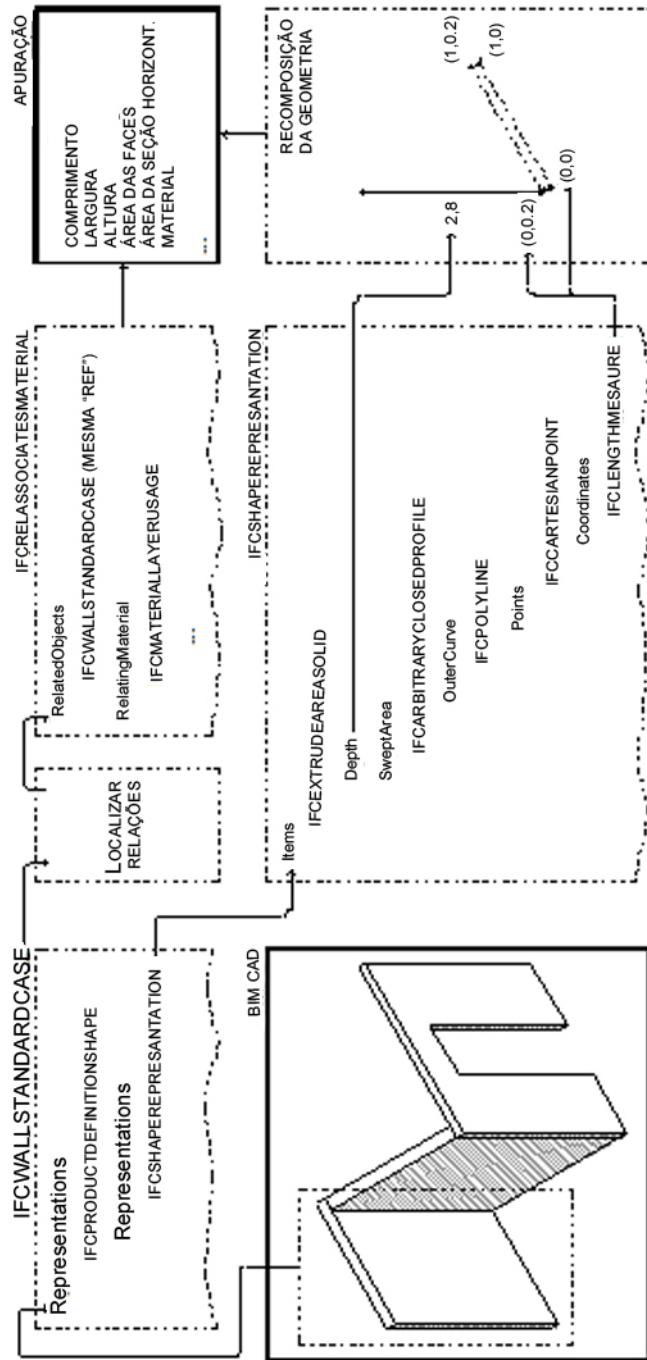


Fig. 2: etapas necessárias para reconstrução da informação a partir de esquemas ifcXML.

A exportação do modelo de um sistema BIM CAD para o formato ifcXML é um processo de mapeamento do modelo de dados proprietário (interno ao

sistema) para o padrão neutro IFC. Os diferentes objetos paramétricos são convertidos em entidades IFC descritas através do esquema XSD. Objetos paramétricos representando paredes simples, de seção contínua, como as mostradas na figura 2, são convertidos em entidades IfcWallStandardCase. Para identificar o seu volume, é necessário acessar o atributo Representation, o que retorna duas referências a entidades IfcShapeRepresentation. No esquema IFC, diferentes representações podem ser atribuídas a uma entidade, e no caso da IfcWallStandardCase há no mínimo duas: uma para o eixo da parede, representado no plano horizontal, e outra para o volume. A IfcShapeRepresentation pode ser formada por diferentes entidades de construção geométrica, reunidas no atributo Items. Neste exemplo, há apenas uma entidade de representação, a IfcExtrudedAreaSolid, que constrói sólidos a partir da extrusão de um polígono. O atributo Depth é o valor geométrico mais facilmente acessado desta entidade, e representa a altura da parede. Para identificar as outras dimensões, é necessário localizar os pontos cartesianos que formam o polígono que dá origem a operação de extrusão, e calcular as distâncias entre eles. Cada ponto é desmembrado em dois números reais que formam a abscissa e a ordenada, e é armazenado em uma entidade IfcLengthMeasure separada. As expressões abaixo, que acessam a representação e em seguida a componente x de um dos pontos da base da parede dão uma idéia da tarefa necessária:

```
IfcShapeRepresentation shape = (IfcShapeRepresentation)
    wall.getRepresentation().getIfcProductRepresentation().getRepresentations().
        getIfcRepresentationArray(0);
    [...]
    IfcExtrudedAreaSolid extruded = (IfcExtrudedAreaSolid)
        shape.getItems().getIfcRepresentationItemArray(0);
    [...]
    IfcPolyline poly = (IfcPolyline)
        extruded.getSweptArea().getIfcArbitraryClosedProfileDef().
            getOuterCurve().get(0);
    Real x1 = poly.getPoints().getIfcCartesianPointArray(0).getCoordinates().
        getIfcLengthMeasureArray(0).getDoubleValue();
```

Vale lembrar que essas operações são intercaladas por rotinas de identificação

dos tipos contidos nos atributos, porque conjuntos que comportam mais de um tipo de entidade são abstratos, e não fornecem os métodos necessários para acessar os dados. Também é preciso fazer buscas no arquivo pelas entidades correspondentes, porque os resultados das duas primeiras expressões são referências, e não uma entidade.

Depois de reunir toda a informação e elaborar uma expressão para calcular o volume resultante a partir da área formada pelos quatro pontos e a altura da extrusão, o programador precisa realizar uma outra série de buscas por entidades relacionadas, para identificar o material associado à parede. Esse segundo grupo de operações traz uma desvantagem: a entidade IfcWallStandardCase não tem um atributo para descrever o material. Esta informação é relacionada indiretamente, na entidade IfcRelAssociatesMaterial, em outra parte do arquivo. Depois de uma sequência de expressões parecidas com as já mostradas e operações de localização de entidades referenciadas, obtém-se o nome e outras características do material.

Estas limitações das classes geradas pela XMLBeans demonstram claramente que o processo de binding padrão, que utiliza apenas o esquema XSD, não atende adequadamente as necessidades dos programadores durante o desenvolvimento de aplicações para a BIM. Acessar a informação dos esquemas IFC no seu nível mais baixo, com a maior decomposição possível das entidades é útil em algumas situações, mas na maioria das vezes o programador precisará de níveis de acesso mais altos. As classes disponibilizadas pelas fabricantes de BIM CADs para acesso aos seus modelos de dados proprietários, como os formatos de arquivo do Revit ou do ArchiCAD, possuem métodos mais diretos, facilitando o trabalho de programação. A mesma informação obtida pelos processos acima exigiria poucas expressões – por exemplo, wall.getVolume() e wall.getMaterial().getName(). Por outro lado, modelos de dados proprietários são rígidos demais para acomodar a diversidade de visões sobre os dados que é inerente ao ambiente de interoperabilidade entre múltiplas aplicações.

Uma possível solução é a associação das vantagens das duas abordagens: a liberdade de descrição de dados e a robustez do modelo neutro IFC e as classes com métodos mais diretos oferecidas pelas APIs (Application Programming Interfaces) dos fabricantes de softwares.

3. Sugestões para uma Ferramenta mais adequada

Durante o desenvolvimento de aplicações típicas para a BIM, o programador necessita de métodos diretos, que facilitem o acesso aos dados do modelo em um nível razoavelmente alto. Expressões desejáveis seriam semelhantes a estas:

```
real x = wall.getLength;  
real vol = wall.getVolume;  
real material = wall.getVolume * wall.getComponentsVolume("cement");  
...
```

Uma solução para isso seria criar manualmente classes com funcionalidades mais finamente sintonizadas com as informações que são usualmente mais importantes para o desenvolvimento de aplicações para a indústria da construção, e reuni-las em uma biblioteca. Entretanto, há mais de 600 entidades no esquema IFC, com milhares de atributos a serem revistos, e a dificuldade de atualização da biblioteca resultante quando o esquema IFC fosse atualizado surge como séria desvantagem nesta abordagem manual.

Uma outra solução, mais robusta, seria criar essas classes automaticamente, através de um processo de metacompilação, como faz o próprio XMLBeans, ou ainda o Java Compiler Compiler . Porém, como foi demonstrado na seção anterior, as classes resultantes precisam ter métodos mais diretos, para facilitar a tarefa de desenvolvimento de aplicações para a BIM. Para isso, seriam necessários dois esquemas: o esquema original ifcXML, que contém as unidades de informação (entidades, atributos e relacionamentos) e um esquema complementar, para fornecer relacionamentos adicionais entre as entidades e atributos, para a geração dos métodos de acesso em nível mais alto.

Semântica é a questão chave para a criação automática dessas classes. O esquema original fornece a natureza dos elementos construtivos e seus componentes, e o esquema complementar fornece o conhecimento sobre como combinar seus elementos para produzir as informações em alto nível. Por exemplo, para originar o método de acesso “getVolume”, para uma classe que represente a entidade IfcWallStandardCase, a compilação combinaria as definições do esquema ifcXML original com outro contendo associações entre os atributos necessários para calcular o resultado.

Idealmente, o processo de geração do esquema complementar deveria ser completamente automatizado, a partir de um conjunto de ontologias que

definissem claramente, por exemplo, o que é uma parede, o que compõe uma parede, e como o conhecimento sobre a sua construção é agregado ao modelo ifcXML. Por exemplo, os recentes desenvolvimentos das bibliotecas IFD (International Framework for Dictionaries) estendem o significado das associações de entidades IFC e criam um esquema sobreposto que descreve de maneira mais fiel os objetos dos modelos BIM, além de relacionar grupos de entidades que representam diferentes conceitos em países diferentes (IAI, 2008b; 2008a). Esquemas IFD poderiam ser utilizados como complementação semântica ao esquema IFC, porém apenas dados, por mais claramente definidos que sejam, não são suficientes. É necessário também incluir os procedimentos a serem realizados sobre esses dados pelas classes geradas, o que exigiria um esquema mais completo. Ontologias em formato OWL tornar-se uma resposta para esta necessidade de complementação do esquema IFC com procedimentos, mas desenvolvimentos nesse sentido ainda são muito preliminares e antes que venham a permitir automatização completa da geração do esquema complementar, essa operação poderia ser realizada de forma parcialmente automatizada, em duas etapas.

3.1. Etapa automatizada

Grande parte das dificuldades apresentadas pelo uso das classes geradas a partir de processos de binding padrão é a estrutura rígida e hierárquica produzida. O escopo limitado das classes não lhes permite reconhecer relacionamentos transcendentais – ou seja, os métodos das classes que são referenciadas por outras classes. O escopo da entidade IfcWallStandardCase não inclui referência alguma à entidade IfcPolyline, por isso não é possível obter diretamente as polilinhas que representam a base de uma parede. A questão fundamental para criação de métodos mais diretos, portanto, é “informar” às classes quais são as entidades que podem ser referenciadas a ela, dentro de um contexto pré-determinado de níveis hierárquicos.

Uma possibilidade seria converter o esquema IFC ou o ifcXML para a linguagem OWL, e extrair da ontologia resultante os relacionamentos transcendentais entre as entidades, por inferência. Porém esse tipo de conversão já foi testado e gerou discrepâncias (SCHEVERS e DROGEMULLER, 2006), o que poderia comprometer a validade da informação contida nos modelos gerados pelas aplicações.

Outra abordagem, mais direta, seria incluir estes relacionamentos adicionais diretamente no arquivo XSD. Uma rotina recursiva levaria os descritores, reconheceria os relacionamentos hierarquicamente inferiores, e geraria descritores adicionais

nos níveis superiores, dando origem a um esquema aumentado. Estes descritores simulariam a presença das estruturas de dados que ocorrem somente nos níveis inferiores, e quando a metacompilação fosse realizada (em qualquer ferramenta binding), o escopo das classes incluiria métodos correspondentes aos descritores adicionais. Por exemplo, a entidade IfcWallStandardCase teria um descritor para acomodar a entidade ifcShapeRepresentation, que no esquema original encontra-se 4 níveis hierárquicos abaixo.

Evidentemente, os descritores adicionais não tem por objetivo redefinir a estrutura de dados da IFC, eles seriam apenas atalhos para acessar a informação de modo mais direto. Por isso, devem ser desenvolvidas estratégias para separar os descritores adicionais dos originais, por exemplo, inserindo um prefixo antes do nome do descritor adicional. Outra questão a ser avaliada é o nível de recursividade desta operação, ou seja, até que ponto compensa fazer o “escalamento” dos métodos, já que podem surgir situações de referência circular.

Os métodos gerados pelos descritores adicionais passariam parâmetros para uma rotina genérica de identificação e localização de entidades referenciadas, retornando-as diretamente, de modo transparente para o programador. Essa rotina genérica seria o núcleo da biblioteca de classes e eliminaria as enormes cadeias de métodos “get” que são necessárias quando se utiliza classes produzidas por um processo de binding padrão, baseado apenas no esquema ifcXML original. Além disso, os métodos adicionais poderiam retornar coleções de entidades relacionadas, agrupadas por atributos de relacionamento. Por exemplo, a classe correspondente à entidade IfcWallStandardCase poderia ter um método chamado getReferencedIfcCartesianPoints, que retornasse uma coleção contendo toda e qualquer entidade IfcCartesianPoint relacionada, em qualquer nível hierárquico dentro da entidade principal. Esses pontos poderiam conter parâmetros simulando os relacionamentos inversos, que não são providos pelo esquema ifcXML, indicando ao programador a sua procedência.

3.2. Etapa manual

Por melhor que sejam descritos os dados, algumas situações mais especializadas requerem também procedimentos. Como não há esquemas disponíveis para contemplar esta necessidade, seria necessário fornecer aos desenvolvedores a possibilidade de refinar as classes manualmente. Por exemplo, a criação automática de um método chamado “getVolume()” para a IfcWallStandardCase dependeria de um esquema semântico que associasse implicitamente as entidades que contém a informação necessária e a operação matemática a ser realizada a partir delas. Na falta deste esquema, uma aplicação

poderia ser criada para associar manualmente os dados necessários, e para permitir a definição dos procedimentos em um ambiente de programação. Em uma interface gráfica, semelhante às utilizadas em ferramentas de definição de esquemas RDF ou EXPRESS-G, o desenvolvedor selecionaria entidades e atributos que pretendesse associar, seja no esquema IFC original ou em esquemas complementares, que se sobreponem ao esquema original e reorganizam as suas entidades para se adequar a visões específicas sobre os dados (incluem-se aí diferenças entre disciplinas ou entre países). A figura 3 mostra um esquema básico da ferramenta sugerida.

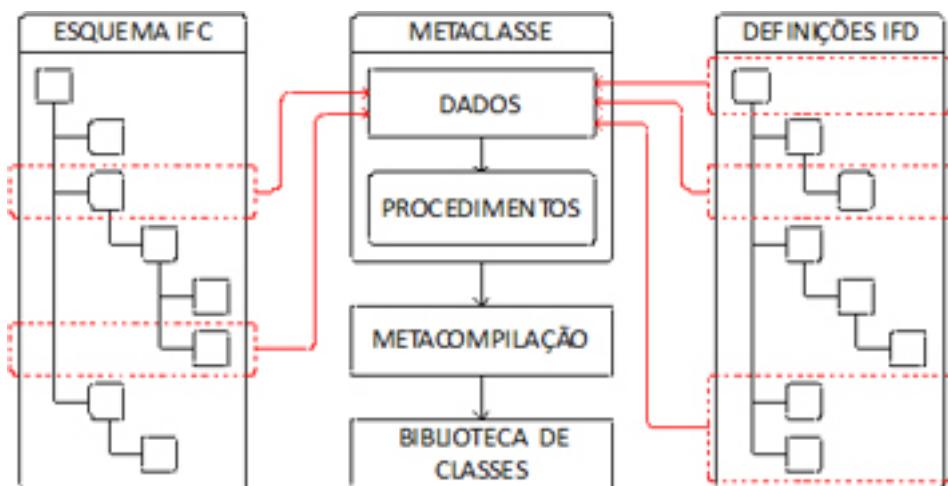


Fig. 3: diagrama da ferramenta de metacompilação de classes proposta.

Depois da definição dos dados, é criado o código para processá-los. A melhor linguagem para isso seria a própria linguagem na qual as classes seriam geradas. Uma eficiente abordagem seria utilizar os recursos já disponíveis no ambiente de programação Eclipse, e criar um plug-in ou mesmo uma interface complementar (benchwork) ao invés de uma aplicação nova. Neste ambiente, as classes geradas automaticamente na primeira fase seriam utilizadas ou refinadas, dando origem a ferramentas mais refinadas.

Desse modo, garante-se a flexibilidade dos esquemas, e ao mesmo tempo automatiza-se consideravelmente a geração de classes. A biblioteca de classes pode obtida ser utilizada em várias aplicações, reduzindo o trabalho de programação. De fato, não é necessário que todos os programadores realizem estas etapas. Pode-se imaginar vários níveis de acesso à metacompilação, e o desenvolvimento de bibliotecas modulares, que atendam as diferentes necessidades dos desenvolvedores de aplicações para as diferentes disciplinas

da construção.

Por exemplo, pode ser desenvolvida uma biblioteca genérica para acesso a geometria em alto nível, que pode ser utilizada por aplicações orientadas para qualquer disciplina da indústria. Ou então bibliotecas especializadas, para atuar em conjunto com as primeiras e fornecer funcionalidades próprias de cada disciplina. Pode-se imaginar uma biblioteca de classes que atuassem como pré-processador para aplicações de desempenho físico, por exemplo.

Desenvolvedores poderiam acessar essas bibliotecas em nível intermediário, fazendo ajuste nas associações ou refinando os processamentos, dando origem a uma biblioteca mais adequada para as suas necessidades. Finalmente, um número maior de programadores sequer precisaria realizar a tarefa de metacompilação, pois um grande número de bibliotecas de classes de acesso em alto nível poderia ser disponibilizado, e a sua combinação seria suficiente para a maioria dos desenvolvimentos de aplicativos de acesso ao modelo.

4. Conclusão

Neste trabalho foram relatadas brevemente algumas observações sobre as dificuldades encontradas no desenvolvimento de aplicações para acessar modelos no formato ifcXML. A complexidade das estruturas de dados da IFC é um resultado direto da complexidade dos objetos a serem representados, e a decomposição da informação ao nível dos primitivos é uma estratégia de flexibilização que garante a robustez do padrão de dados. Porém, para as situações cotidianas de desenvolvimento de aplicações – principalmente em desenvolvimentos rápidos – é necessário prover formas de acessar as informações em um nível mais alto, agilizando a geração do código.

O processo de binding de classes é uma solução convencional para estas situações, entretanto resulta em ferramentas com funcionalidades muito simples, que não se adequam às especificidades do acesso de dados em modelos ifcXML. Foram propostas sugestões para o desenvolvimento de uma biblioteca de classes com métodos de acesso mais diretos, em um processo semi-automatizado. A partir da varredura do esquema XSD da ifcXML seriam incluídos descritores adicionais, resultando em um esquema aumentado, que seria metacompilado em uma ferramenta binding. Em seguida, as classes geradas poderiam ser refinadas em um ambiente com interface gráfica que permitisse a seleção de entidades do esquema ifcXML e esquemas complementares, como os IFD. As classes geradas teriam uma funcionalidade mais adequada às necessidades diferenciadas do desenvolvimento de aplicações para a indústria da construção,

colaborando para a disseminação do padrão IFC.

Referências

APACHE. **XMLBeans** (página da internet).2008. <http://xmlbeans.apache.org/>, acessado em 12.2008.

ARANDA-MENA, G. e WAKEFIELD, R. Interoperability of building information: myth or reality? In: European Conference of Product and Process Modelling, 2006, Valencia. eWork and eBusiness in Architecture, **Engineering and Construction**. London: Taylor & Francis, 2006. Disponível em <http://mams.rmit.edu.au/lrss7jid7nd4.pdf>, acessado em 12.2008.

EASTMAN, C. M. **Building Product Models**: Computer Environments Supporting Design and Construction. Boca Raton: CRC Press, 1999, 424 p.

EASTMAN, C. M., et al. Functional modeling in parametric CAD systems. In: **ACADIA Conference** 2004, 2004, Toronto. Disponível em http://bim.arch.gatech.edu/data/reference/Functional%20modeling%20in%20parametric%20CAD%20systems_GCAD2004.pdf, acessado em 12.2008.

HOWARD, R. e BJÖRK, B.-C. Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment. **Advanced Engineering Informatics**, v. 22, n. 2, 2008, p. 271-280. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2007.03.001>, acessado em 11.2008.

IAI. **IFD Library** (página da internet).2008a. http://dev.ifd-library.org/index.php/Main_Page, acessado em 12.2008.

IAI. **IFD Library White Paper**. IAI, 2008b, 9 p. Disponível em http://www.ifd-library.org/images/IFD_Library_White_Paper_2008-04-10_I_.pdf. Acessado em: 12.2008.

IBRAHIM, M., et al. Two Approaches to BIM: A Comparative Study. In: eCAADe Conference, 22, 2004, Copenhagen. **Proceedings**. p. 610-616. Disponível em http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works>Show?2004_610, acessado em 12.2008.

KIM, I. e SEO, J. Development of IFC modeling extension for supporting drawing information exchange in the model-based construction environment. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 22, n. 3, 2008, p. 159-169. Disponível em [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2008\)22:3\(159\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2008)22:3(159)), acessado em 12.2008.

KIVINIEMI, A. **Ten years of IFC development** - why are we not yet there? Espoo: VTT, 2006, 43 p. Disponível em http://cic.vtt.fi/projects/vbe-net/data/20060615_Ten_Years_of_IFC_Development @_CIB-W78_Montreal_Keynote.pdf. Acessado em: 12.2008.

LIEBICH, T. e WIX, J. **IFC Technical Guide**. IAI, 2000, 46 p. Disponível em <http://www.iai-international.org/>. Acessado em: 12.2008.

NIBS. **National Building Information Modeling Standard**. National Institute of Building Sciences, 2007, 183 p. Disponível em http://nbims.opengeospatial.org/files/?artifact_id=742. Acessado em: 12.2008.

PAZLAR, T. e TURK, Z. Interoperability in practice: geometric data exchange using the IFC standard. **International Journal of Production Research**, v. 13, 2008, p. 362-380. Disponível em http://www.itcon.org/data/works/att/2008_24.content.00881.pdf, acessado em 12.2008.

SAXPROJECT. **SAX - Simple API for XML** (página da internet).2008. <http://www.saxproject.org/>, acessado em 12.2008.

SCHEVERS, H. e DROGEMULLER, R. Converting the Industry Foundation Classes to the Web Ontology Language. In: International Conference on Semantics, Knowledge and Grid, 1, 2006, Beijing. **Proceedings**. IEEE, 2005. p. 73-75. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1109/SKG.2005.59>, acessado em 12.2008.

W3C. **DOM - Document Object Model** (página da internet).2008a. <http://www.w3.org/DOM/>, acessado em 12.2008.

W3C. **Extensible Markup Language - XML - 1.0**, Fifth Edition (página da internet).2008b. <http://www.w3.org/TR/REC-xml/>, acessado em 12.2008.

W3C. **XML Schema** (página da internet).2008c. <http://www.w3.org/XML/Schema>, acessado em 12.2008.

Explorando softwares com código aberto para visualização e geração de quantitativos a partir de modelos IFC

Fabiano Rogerio Corrêa
Sérgio Leal Ferreira
Daniel dos Reis Neto
Eduardo Toledo Santos

Resumo

O objetivo deste trabalho é demonstrar que, a partir da utilização de bibliotecas com código- aberto, é possível criar softwares para explorar as informações presentes em modelos IFC. Para tanto, desenvolveu-se um programa para visualização da geometria tridimensional e a extração de quantitativos destes modelos. A biblioteca mais importante para o desenvolvimento realizado neste trabalho é a IfcOpenShell, que processa um arquivo contendo um modelo IFC, carregando em memória todas as informações nele contidas, por meio de uma estrutura de dados que reflete a própria hierarquia do modelo. Além disso, foi utilizada uma das funcionalidades desta biblioteca, que extrai a geometria implícita do modelo e a transforma em geometria explícita que pode ser visualizada no computador. Para a geração dos quantitativos, os valores bases como altura, comprimento e largura de cada objeto foram calculados diretamente da geometria obtida e as demais quantidades foram calculadas a partir destes valores. Os quantitativos escolhidos e a metodologia dos cálculos seguiram o padrão utilizado pela ferramenta Revit da Autodesk, como um estudo de caso. As informações extraídas do modelo IFC foram posteriormente armazenadas num banco de dados orientado a objetos, que é uma maneira mais natural de lidar com o tipo de informação de um modelo BIM.

Originalmente publicado em: CORREA, F. R.; FERREIRA, S. L.; REIS NETO, D.; SANTOS, E. T. Explorando softwares com código aberto para visualização e geração de quantitativos a partir de modelos IFC. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, São Paulo. **Anais do XIV ANTAC**. Juiz de Fora: UFJF, 2012. p. 2142-2147.

1. Introdução

A utilização do BIM como modelo de informações da construção pressupõe a possibilidade de gerenciamento, compartilhamento e troca de informações de forma colaborativa entre as diferentes disciplinas envolvidas no ciclo de vida da edificação. Desta forma surge a demanda pela troca de informações entre distintos programas de computador que suportam BIM e programas de apoio às atividades de projeto, gerenciamento e orçamento. Dentro deste cenário, a interoperabilidade é essencial para a otimização do projeto e a viabilização da cooperação entre os diversos agentes envolvidos.

Visando à interoperabilidade, foi desenvolvido o esquema IFC (Industry Foundation Classes) que define um conjunto de classes para o domínio da AEC (Arquitetura, Engenharia Civil e Construção) que permite representar um edifício por meio de um conjunto de objetos interrelacionados. Sendo o pilar da iniciativa OpenBIM (OPEN BIM, 2012) da buildingSmart (antiga International Alliance for Interoperability), o IFC permite que aplicativos BIM importem ou exportem o modelo da edificação num formato neutro, permitindo a troca de informações entre softwares de diferentes fabricantes.

Além disso, durante a colaboração entre os diferentes profissionais que manipulam o modelo BIM, cada qual tem um interesse particular em partes do modelo (ZHANG e ISSA, 2011). É necessário então prover meios para extrair e processar as informações do modelo que lhe são relevantes. Muitas aplicações podem utilizar-se dos dados presentes no modelo IFC.

Portanto decidiu-se desenvolver um software, utilizando bibliotecas de código aberto, capaz de ler um modelo IFC, exibir a sua geometria tridimensional e disponibilizar os quantitativos de alguns de seus elementos, para demonstrar que é possível explorar o modelo IFC, atendendo a demanda de funcionalidades pelos profissionais da AEC.

2. O Arquivo .IFC

Na Tabela 1 está representada parte da estrutura de um arquivo .ifc. O arquivo é composto por linhas numeradas (ex:#893), contendo classes específicas (ex: IFCWALLSTANDARDCASE) seguidas de alguns parâmetros (ex: '117653'). As informações pertinentes a um determinado objeto do edifício estão espalhadas em diversas linhas do arquivo, ligadas entre si por referências. Objetiva-se

processar essas informações para extrair a geometria e calcular quantitativos. Maiores detalhes sobre o esquema IFC estão disponíveis em EASTMAN et al., (2008) e BUILDINGSMART (2012).

```
...
#893=IFCWALLSTANDARDCASE('37ijgimhnBwQPpGBsMWWJi',#34
,'Basic
Wall:Foundation - 305 Concrete:117653',,$,'Basic Wall:Foundation -
305
Concrete:29243',#880,#892,'117653');
#894=IFCQUANTITYLENGTH('Height',$$,6727.778863182019);
...
```

Tabela 1 – Parte do conteúdo de um arquivo IFC

2.1. Geometria

A geometria do edifício encontra-se implicitamente definida nos modelos IFC. Tome-se como exemplo uma parede: um meio de defini-la é representar seu perfil (que pode ser um retângulo), e indicar sua construção como sólido por meio da extrusão deste perfil até uma determinada altura (seguindo uma direção normalmente vertical). Além disso, é necessária a definição de sistemas de coordenadas locais para o posicionamento do perfil e, consequentemente, da parede no edifício.

Assim, a geometria de uma parede necessita de várias classes diferentes para sua representação em IFC: IfcShapeRepresentation, IfcExtrudedAreaSolid, IfcRectangleProfileDef, IfcAxis2Placement2D, IfcCartesianPoint, IfcLocalPlacement, IfcAxis2Placement3D, IfcRelContainedInSpatialStructure, IfcDirection, IfcWallStandardCase.

2.2. Quantitativos

As quantidades exportadas em IFC encontram-se principalmente nas classes IfcQuantityArea, IfcQuantityCount, IfcQuantityLength e IfcQuantityVolume. Além disso, no caso da exportação do modelo IFC pelo aplicativo Autodesk Revit, é associado aos objetos um conjunto de propriedades (Pset_Revit_XXX) do qual

é possível obter suas dimensões principais.

Para demonstrar a manipulação de dados do modelo IFC, decidiu-se calcular as mesmas quantidades que o programa Autodesk Revit avalia quando opta-se pela exportação de quantidades no modelo em IFC. Isto implica na necessidade de se calcular as três dimensões principais de cada objeto (altura, largura e comprimento de uma parede, por exemplo) a partir da geometria encontrada para, destes valores, determinar-se grandezas como área lateral e volume. Os valores contidos nos conjuntos de propriedades do Revit não foram utilizados para os cálculos, mas apenas para validação dos resultados.

3. Bibliotecas de Manipulação

A biblioteca essencial para o funcionamento do programa proposto é a IfcOpenShell (2012), que permite o tratamento das informações de um modelo IFC. No entanto, para obter outras funcionalidades, como visualização e armazenamento de dados, outros programas/bibliotecas foram utilizados.

Em resumo, foram empregadas as seguintes bibliotecas abertas:

- **Open CASCADE:** é uma plataforma de desenvolvimento de software, disponibilizada gratuitamente por meio de seu código-fonte. Inclui componentes para modelagem 3D de superfícies e sólidos, visualização e troca de dados, especificados na linguagem C++ (OPEN CASCADE, 2012);
- **IfcOpenShell:** é uma biblioteca de código aberto, também em C++, que auxilia usuários e desenvolvedores a trabalhar com os modelos IFC. Ela usa internamente o Open CASCADE para converter a geometria implícita no modelo IFC para uma geometria explícita que qualquer software CAD ou pacote de modelagem possa interpretar. Duas classes destacam-se em importância: IfcParse e IfcObj;
- **OpenGL:** é uma biblioteca gráfica aberta, disponível para uso em várias linguagens de programação, que facilita o desenvolvimento de aplicativos para visualização computacional (OPENGL, 2012);
- **Db4o:** é um banco de dados orientado a objetos, que possui duas versões, uma delas gratuita. Basta adicionar as bibliotecas ao seu projeto de desenvolvimento para adquirir as funcionalidades de armazenamento e manipulação de objetos. Possui uma versão desenvolvida para .NET e outra em Java.

A seguir, são apresentados detalhes sobre a utilização de cada uma delas

neste trabalho.

3.1. Manipulação das informações do modelo IFC

No site da Open BIM Network (2012), estão disponíveis programas com código aberto para auxiliar na modelagem e visualização das informações da construção. O IfcOpenShell é um destes programas. Foi criado para interpretar arquivos IFC e permitir o rápido desenvolvimento de aplicativos que fazem uso das informações contidas nestes arquivos, como, por exemplo, a extração da geometria implícita (no formato Wave OBJ).

A interpretação do arquivo IFC é feito por objetos da classe IfcParse, da biblioteca **IfcOpenShell**, que procura pelo caractere # indicando o início de uma linha no arquivo. Para cada classe encontrada, é montada uma lista incluindo o ID (#ID) e o local na memória referente ao arquivo, onde esta linha se encontra.

Depois de processado todo o arquivo, é possível consultar os objetos por meio de suas classes. Existem três maneiras de acessar os objetos vindos do arquivo IFC:

- EntitiesByType: permite o acesso às entidades do modelo a partir de um tipo específico de objeto.

Por exemplo, `Ifc::EntitiesByType<Ifc2x3::IfcWallStandardCase>()` permite o acesso a uma lista das entidades IfcWallStandardCase presentes no modelo IFC;

- EntitiesByReference: a partir da identificação de um objeto específico, permite o acesso a uma lista de todas as entidades que fazem referência à identificação utilizada.

Por exemplo, a partir de uma parede é possível recuperar todas as suas propriedades, espalhadas em diversas classes.

- EntitiesById: retorna o objeto que possui determinada identificação;

As entidades obtidas (`IfcUtil::IfcBaseClass`) desta maneira precisam ser convertidas para classes específicas (`Ifc2x3::IfcWallStandardCase`) para uma manipulação adequada e para a utilização de todas as funcionalidades do objeto. Isto pode ser feito através de uma conversão de tipos:

```
reinterpret_pointer_cast<IfcUtil::IfcBaseClass, Ifc2x3::IfcWallStandardCase>
```

Objetos da classe IfcObj desta biblioteca são um exemplo do uso do IfcParse (interpretador) para obter a geometria. A extração da geometria utiliza o Open CASCADE que contém inúmeras operações de construção de sólidos e superfícies, para recriar qualquer geometria no formato Wave OBJ.

As informações mais importantes do formato Wave OBJ utilizado pela biblioteca são uma lista de vértices (v -2.27006 -19.3556 0), uma lista de normais nos vértices (vn 0 0 - 1) e uma lista de faces que referenciam um conjunto de vértices (f -23/-23 -24/-24 - 22/-22), em sequência, para cada objeto. O número negativo significa que a numeração dos vértices é contada a partir do último, e as barras separam a informação: vértice, textura, normal. Como o arquivo não contém a textura, nota-se a presença de duas barras uma ao lado da outra.

3.2. Visualização Computacional

A grande maioria das aplicações que incluem modelos tridimensionais a serem visualizados num computador empregam a biblioteca OpenGL. Para a visualização da geometria do modelo IFC criou-se um programa em C++ que transforma o arquivo OBJ em dados para a biblioteca OpenGL. Cada face do objeto é representada por um conjunto de triângulos, definidos por seus vértices.

3.3. Banco de dados orientado a objetos

Dentro da mesma iniciativa que produziu a biblioteca IfcOpenShell, existe o programa BIMServer, para gerenciamento de modelos BIM. Ele implementa um banco de dados relacional, que é o tipo mais largamente utilizado pela maior parte das empresas e aplicações.

Decidiu-se avaliar uma solução alternativa, e testar um banco de dados orientado a objetos, já que a própria estrutura do IFC é de objetos e relações entre eles.

Assim, as informações foram armazenadas num banco de dados orientado a objeto, o Db4o (2012), também gratuito. Ele possui um plug-in que pode ser instalado no ambiente de desenvolvimento Visual Studio, permitindo abrir uma conexão com um banco de dados, visualizar os objetos armazenados e

recuperar objetos específicos por meio de buscas.

Existem três mecanismos para se realizar uma busca (query) no banco de dados: busca por exemplos (QBE – Query By Example), buscas nativas, e a LINQ. Todas elas usam a API SODA para interagir com o banco de dados.

4. Programa Desenvolvido e Resultados Obtidos

O ambiente de desenvolvimento utilizado para a construção do programa foi o Visual Studio C++ 2010, da Microsoft. A versão Express deste ambiente pode ser obtida gratuitamente no site da empresa. Tendo os códigos fonte de todas as bibliotecas, é necessário compilar para um sistema em particular.

Foram implementadas as seguintes funcionalidades: visualização da geometria e extração de quantitativos.

Para a extração dos quantitativos, é necessário analisar a relação entre diferentes objetos para determinar os valores que são calculados pelo Revit.

Por exemplo, considere-se o caso de uma planta simples, com quatro paredes e um piso. Dados os comprimentos de cada uma das paredes, tem-se o seguinte arranjo entre elas:

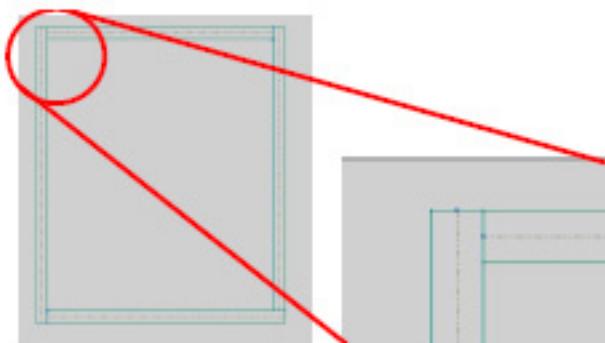


Figura 1-Detalhes do arranjo entre as paredes.

As linhas internas às paredes correspondem ao comprimento das mesmas. Ao juntar uma parede na outra, as paredes interiores tem um comprimento diferente.

Os cálculos são feitos considerando a linha média das paredes. Apesar das

conexões entre as paredes serem as mesmas - IfcRelConnectsPathElements (ATSTART, ATEND) - a ordem das conexões faz com que a primeira e a última parede acabem recebendo duas conexões iguais, ficando uma com comprimento maior e a outra, menor.

A parede à esquerda perde 200 mm (espessura das paredes), a de baixo e à direita perdem e ganham 100 mm, ficando com o mesmo tamanho, e a parede de cima acaba ganhando 200 mm. São estes os valores obtidos para os cálculos de área lateral bruta, volume bruto, e área bruta da base. A Tabela 2 contém os quantitativos extraídos de cada objeto considerado.

Classes	Quantitativos
IfcBeam	GrossVolume,OuterSurfaceArea,
IfcColumn	CrossSectionArea, Length
IfcDoor	Height, Width
IfcWindow	
IfcWallStandardCase	GrossVolume, GrossSideArea, GrossFootprintArea,Width,Length, Height
IfcSlab	CrossArea, GrossVolume, Perimeter, Width

Tabela 2 – Quantitativos extraídos referentes aos objetos testados

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

As bibliotecas que estão disponibilizadas gratuitamente na Internet permitem o desenvolvimento de softwares profissionais. Não é necessário muito esforço para trabalhar adequadamente com as mesmas. Compatibilizar todas elas com um sistema operacional específico, no entanto, pode trazer dificuldades iniciais. Neste trabalho, consegui-se visualizar modelos IFC com centenas de objetos, e extrair de diferentes objetos seus quantitativos.

Atualmente, os trabalhos estão concentrados numa implementação deste programa para dispositivos móveis, que rodam o sistema operacional Android, do Google, que também é aberto. Apesar de o desenvolvimento para este sistema ser feito em linguagem Java, é possível combinar a ele código nativo em C/C++. Assim, há uma versão do Open CASCADE já pronta para este sistema. O banco de dados Db4o possui uma versão para Java, e o OpenGL também tem uma versão específica, OpenGL ES, para dispositivos móveis. Resta apenas criar uma versão do IfcOpenShell para o Android.

O direcionamento deste trabalho será a manipulação das informações do modelo IFC para atender a diversas demandas dos usuários de ferramentas BIM. Planos para o futuro incluem tanto um estudo mais aprofundado sobre a interação com um banco de dados orientado a objetos quanto a transformação do modelo IFC numa ontologia (BARBAU et al., 2012; BEETZ et al., 2009), para que seja possível inferir informações por meio de uma linguagem lógica.

Referências

BARBAU, R., et al. OntoSTEP: Enriching product model data using ontologies. In **Computer-Aided Design**, 44, pg. 575-590, 2012.

BEETZ, J.; LEEUWEN, J. V.; DE VRIES, B. IfcOWL: a case of transforming EXPRESS schemas into ontologies. In: **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, 23, pg 89-101, 2009.

BUILDINGSMART. **IFC Standard**. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview/ifc-overview-summary>. Acesso em: 01 Jun 2012

DB4O. **Versant**. Disponível em:< <http://www.db4o.com>>. Acesso em: 01 Jun 2012

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

IFCOPENSHELL. Disponível em:< <http://ifcopenshell.org>>. Acesso em: 01 Jun 2012

OPEN BIM. **buildingSmart**. Disponível em: <<http://buildingsmart.com/openbim>>. Acesso em: 01 Jun 2012

OPEN BIM NETWORK. Disponível em:<http://osbim.org>. Acesso em: 01 Jun 2012

OPEN CASCADE. Disponível em:<http://opencascade.org>. Acesso em: 01 Jun 2012

OPEN GL. Disponível em:< <http://www.opengl.org/sdk/>>. Acesso em: 01 Jun 2012

ZHANG, L., ISSA, R. R. A. Ontology based partial building information model extraction. In: **Proceedings of the CIB W78-W102**, 2011.

Capítulo 4. BIM, eficiência energética e sustentabilidade ambiental em edificações

Artigo 1

A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído

Márcia Rebouças Freire
Arivaldo Leão de Amorim

Resumo

Esse artigo discute como a abordagem da Modelagem da Informação da Construção (BIM), ao sofisticar e facilitar o processo de projeto arquitetônico, poderá contribuir para a melhoria do ambiente construído no que diz respeito ao seu desempenho térmico, e consequentemente à sua eficiência energética. Traz uma visão sobre o estado da arte das ferramentas de simulação de desempenho térmico utilizadas atualmente no Brasil e de que forma elas podem ser adaptadas para uma abordagem BIM. Aponta também dificuldades ainda encontradas para a plena utilização das tecnologias BIM, como o acesso à informação e a interoperabilidade de dados. Mostra que a abordagem BIM exige do projetista uma definição prévia e precisa de certas estratégias projetuais, o que demanda um apurado nível de conhecimento sobre as tecnologias da construção para a formulação do modelo, assim como sobre suas implicações no desempenho térmico da edificação. Isso amplia o espectro de análise sobre as soluções adotadas, sugerindo a necessidade de uma visão abrangente sobre a atividade projetual.

Originalmente publicado em: FREIRE, M. R.; AMORIM, A. L. A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: FAUFBA, 2011.

1. Introdução

A busca da eficiência energética nas edificações está em grande parte no projeto arquitetônico que, orientado por princípios bioclimáticos, pode tornar desnecessário o uso de condicionamento artificial do ar, ou reduzi-lo. Embora, em tese, a abordagem do conforto ambiental seja inerente ao processo de projeto, a produção arquitetônica que se vê nas cidades mostra que muitas questões relacionadas ao desempenho térmico dessas edificações não são contempladas. A relação entre as circunstâncias (condicionantes climáticas, uso da edificação, inserção no meio urbano) e as soluções arquitetônicas adotadas não são evidentes, o que indica a falta de preocupação de muitos arquitetos com essas questões, ou mesmo o desconhecimento em lidar com todas as variáveis.

Por sua vez, o recente avanço das ferramentas computacionais de modelagem na arquitetura veio para revolucionar o processo de projeto do edifício, o que pode contribuir para a melhoria da qualidade das construções, e em particular do seu desempenho térmico. Hoje já se lida com a modelagem do produto, cuja principal característica é a conjunção das informações geométricas, tais como forma, posição e dimensões, com as não-geométricas, que incluem propriedades térmicas dos componentes construtivos, entre outras abordagens. Tudo isso compõe o que se tem chamado de Modelagem da Informação da Construção (BIM).

Na fase de projeto, mais do que uma ferramenta de representação, a tecnologia BIM propicia ao arquiteto a possibilidade de conceber um modelo parametrizado, o que permite que visualize a volumetria, verifique os impactos da incidência solar, quantifique e qualifique o material aplicado, observando e ajustando variáveis do conforto ambiental e outros aspectos associados. Isso pressupõe uma nova abordagem para o projeto arquitetônico, exigindo uma atualização na qualificação dos profissionais de arquitetura para a correta aplicação dessas ferramentas ao longo de todo o processo de projeto e observando os requisitos relacionados a essa aplicação.

Esse artigo traz uma reflexão sobre o uso das tecnologias BIM em prol do incremento da eficiência energética no ambiente construído através de ferramentas de simulação e análise de desempenho térmico ao longo do projeto arquitetônico. A princípio, apresenta uma sistematização de diversas abordagens na busca do desempenho térmico desejado, em todas as fases do projeto arquitetônico. Em seguida é feito um mapeamento, baseado em depoimentos de pesquisadores, de experiências na área de desempenho térmico das edificações, considerando as tecnologias utilizadas, os resultados alcançados, seus avanços e limitações. Por fim, verifica-se o estado da arte das ferramentas de simulação

de desempenho térmico utilizadas atualmente no Brasil, e de que forma essas ferramentas podem ser adaptadas numa abordagem BIM. Com isso pretende-se contribuir para o desenvolvimento de massa crítica nesta área do conhecimento.

2. A Busca do Desempenho Térmico nas Diversas Etapas do Projeto Arquitetônico

A busca do bom desempenho térmico das construções deve estar diluída nas diversas fases da projetação arquitetônica, partindo da escala macro, representada pelo meio urbano, para a escala micro, correspondente aos ambientes da edificação.

Os estudos preliminares prevêem o levantamento do programa de necessidades, das condicionantes climáticas e características geográficas e urbanísticas do ambiente onde se insere. As condicionantes climáticas se baseiam em normas climatológicas que caracterizam o comportamento dos elementos climáticos ao longo do ano, a saber, a temperatura do ar e radiante, a umidade relativa, os índices pluviométricos e a ventilação. Isso indica, em linhas gerais, as diretrizes de projeto para adequação da edificação ao clima do lugar, que por sua vez devem se alinhar ao uso da edificação, assim como às restrições legais. É ainda desejável que se possa prever horizontes futuros baseados na lei de ordenamento e uso do solo do lugar.

Todas essas informações estabelecem os parâmetros que influenciarão o processo criativo do arquiteto. Na fase de esboço, a implantação, a orientação e a volumetria do edifício influenciam no grau de exposição ao sol de toda a sua envoltória, assim como do potencial de distribuição de pressão dos ventos nas fachadas, levando-se em consideração a frequência de incidência da ventilação, assim como as interferências do entorno. Durante o desenvolvimento e detalhamento do projeto são configurados os diversos ambientes da edificação, e então definidas as suas dimensões, aberturas e materiais empregados nos componentes construtivos. Essas decisões projetuais influenciam diretamente no desempenho térmico de cada ambiente, que devem estar de acordo com as atividades a serem realizadas, quantidade de ocupantes e período de ocupação.

3. O Uso de Ferramentas Computacionais para Análise do Desempenho Térmico

O crescente aperfeiçoamento dos programas computacionais para simulação do comportamento térmico e energético de edificações vem contribuindo significativamente para o avanço e a consolidação dessa área de conhecimento. Até então, as primeiras pesquisas sobre o tema dependiam da construção e do monitoramento de protótipos, cujos altos custos e longos prazos restringiam muito a possibilidade de comparação entre os comportamentos térmicos de diferentes soluções construtivas, com diferentes cargas de ocupação e submetidas a diferentes climas (RORIZ et al, 2009).

Hoje, muitos programas de simulação computacional já estão sendo desenvolvidos com o intuito de tornarem-se mais acessíveis aos usuários, ampliando as oportunidades de avaliação de desempenho. Porém, ainda assim, a maior parte dessas ferramentas está distante do cotidiano de escritórios de arquitetura, ficando seu uso ainda restrito aos especialistas do setor. Além disso, há ainda muita resistência por parte dos projetistas em utilizar ferramentas de avaliação, principalmente aquelas que tratam das variáveis apenas por valores numéricos. Como consequência, as avaliações acontecem de maneira isolada e estanque, sem estarem integradas ao processo de projeto, portanto desvinculadas das demais questões envolvidas.

Essa falta de integração da simulação computacional para avaliação do desempenho térmico ao processo projetual consiste numa barreira para a aceitação destas ferramentas na prática arquitetônica. Os complexos programas, que precisam ser alimentados com uma grande quantidade de variáveis, tendem a se distanciar do processo da criação arquitetônica, principalmente nas fases iniciais, nas quais o enfoque é a forma e a orientação da edificação. Assim, os aspectos negligenciados nas primeiras etapas dificilmente poderão ser corrigidos nas fases posteriores, quando se torna inviável realizar modificações significativas no projeto. Com isso, geralmente as simulações são realizadas apenas para testar a proposta final, levando ao uso tardio da avaliação de desempenho, que se limita a apontar o sucesso ou fracasso de todo o processo (CUNHA, 2009).

Por definição, toda simulação computacional representa uma simplificação da realidade que, em função dos parâmetros adotados, pode levar a resultados mais ou menos precisos. Comumente, muitas variáveis precisam ser desconsideradas ou simplificadas com o objetivo de reduzir a quantidade de simulações para torná-las exequíveis. Porém, a possibilidade de testar modelos simplificados referentes a esboços desenvolvidos em programas de simulação

computacional é uma importante estratégia, uma vez que permite a comparação das alternativas possíveis como auxílio nas decisões projetuais.

Existem diversas possibilidades de utilização de ferramentas computacionais, em vários níveis de complexidade, que podem ser aplicadas nas diversas fases do projeto arquitetônico, tais como recomendações quanto a estratégias de projeto, análises de incidência solar, simulações de comportamento termoenergético e análises de ventilação. Algumas dessas possibilidades serão comentadas a seguir.

3.1. Recomendações quanto a estratégias de projeto

Como já comentado, na fase de estudos preliminares é importante haver orientações quanto a estratégias de projeto que possam ser adotadas para uma adequação da edificação ao clima onde se insere. Já existem estudos que sistematizam esses conhecimentos, como a Carta Bioclimática de Givoni (1992) que traz nove estratégias de projeto para edificações condicionadas naturalmente. O software Analisis Bio 2.1 (LAMBERTS et al., 2003) traz uma versão dessa Carta Bioclimática, onde é possível plotar dados de temperatura e umidade relativa num diagrama psicométrico. Essa ferramenta utiliza arquivos de dados climáticos anuais e horários na forma de normais climatológicas. A idéia é que, a partir do cruzamento de valores de temperatura do ar e da umidade relativa de uma determinada localidade, o arquiteto poderá obter indicações de estratégias a serem adotadas no projeto do edifício, para alcançar o conforto térmico.

- 1 - zona de conforto
- 2 - zona de ventilação
- 3 - zona de resfriamento evaporativo
- 4 - zona de massa térmica para resfriamento
- 5 - zona de ar-condicionado
- 6 - zona de umidificação
- 7 - zona de massa térmica para aquecimento
- 8 - zona de aquecimento solar passivo
- 9 - zona de aquecimento artificial

Janeiro	julho
Fevereiro	Agosto
Março	Setembro
Abril	Outubro
Maior	Novembro
Junho	Dezembro

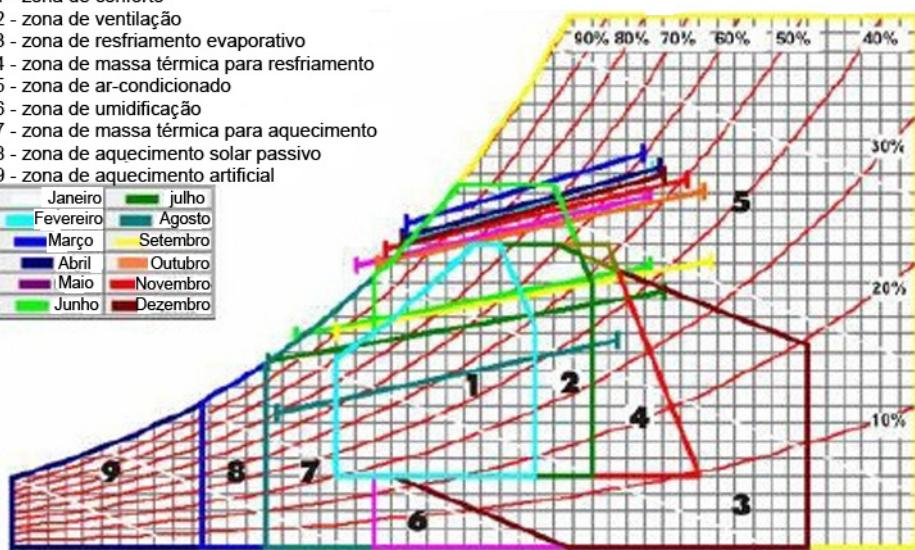


Figura 1 – Exemplo de carta psicométrica gerada no software AnalysisBio
Fonte: FREITAS, 2010

3.2. Análise da incidência solar

Os programas que tratam da geometria solar são precisos e de fácil visualização e compreensão. Uma vez modelada a forma da edificação, baseiam-se apenas em informações quanto à latitude do lugar e orientação, simulando a incidência solar nas diversas épocas do ano e horas do dia, e identificando as interferências da sua própria geometria nessa incidência. Essa visualização viabiliza uma avaliação do potencial de ganho solar através da sua envoltória, auxiliando nas tomadas de decisão quanto ao posicionamento, dimensionamento e configuração das aberturas, assim como da escolha dos materiais mais adequados, levando-se em conta o uso do ambiente. Servem também para verificar os impactos que a geometria do edifício projetado causará no seu entorno, o que costuma ser contemplado em Estudos de Impacto de Vizinhança, já previsto em legislação.

A maioria das ferramentas para projeto com recursos para modelagem geométrica tridimensional, ainda que não sejam específicos para simulação de desempenho, traz essas possibilidades de análise, independentemente da complexidade da forma modelada. Essa facilidade de operação e utilização de dados supostamente familiares aos projetistas viabilizam a inserção dessas análises em todas as etapas do desenvolvimento do projeto. No entanto, apesar disso, em geral essas ferramentas ainda são subutilizadas.

Neste sentido, um software que se presta muito bem à análise de incidência

solar desde a fase de estudos preliminares e esboços é o SketchUp, da Google, pela possibilidade que oferece de modelagem amigável da solução proposta, inclusive do entorno.



Figura 2 – Estudos para o Centro Cultural em Palmas – TO, no SketchUp
Fonte: FREITAS, 2010

3.3. Simulação termoenergética

Comparados com aqueles que operam com a geometria solar, os programas de simulação termoenergética, ainda que fundamentais para análise de desempenho térmico, não são tão precisos nem de fácil visualização e compreensão. Eles requerem a inserção de dados climáticos, nem sempre disponíveis para qualquer localidade, e de informações sobre as propriedades térmicas dos materiais e dos componentes construtivos empregados. Além disso, os resultados geralmente aparecem em forma de gráficos e tabelas, o que representa um fator de resistência por parte daqueles encararam o projeto arquitetônico apenas com uma representação da forma da edificação.

O Energy Plus, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, é uma ferramenta para a simulação do desempenho térmico, com grande aceitação entre os especialistas no Brasil, sendo usado em muitas das pesquisas realizadas no país. O software permite a análise das cargas térmicas em componentes construtivos, possibilitando a verificação do desempenho térmico de diferentes tipologias de edificações, inclusive aquelas não condicionadas, considerando-se as condições ambientais onde as mesmas encontram-se inseridas. Como exemplo, Baptista et al, (2005) utilizou o Energy Plus para simular e investigar a influência de diferentes tipos de componentes

construtivos no desempenho térmico de uma edificação localizada na cidade de Brasília.

Outro exemplo é a pesquisa realizada por Castanheira e Corbella (2009), que buscou a proporção ideal para edifícios prismáticos (paralelepípedos) no sentido de minimizar a captação de energia solar. A determinação dessa proporção representa um parâmetro interessante do projeto, pois orienta os estudos e as pesquisas para a redução da energia solar incidente no edifício. Os valores estimados da carga térmica de resfriamento para os edifícios ideais, baixos e esbeltos também foram calculados através do Energy Plus.

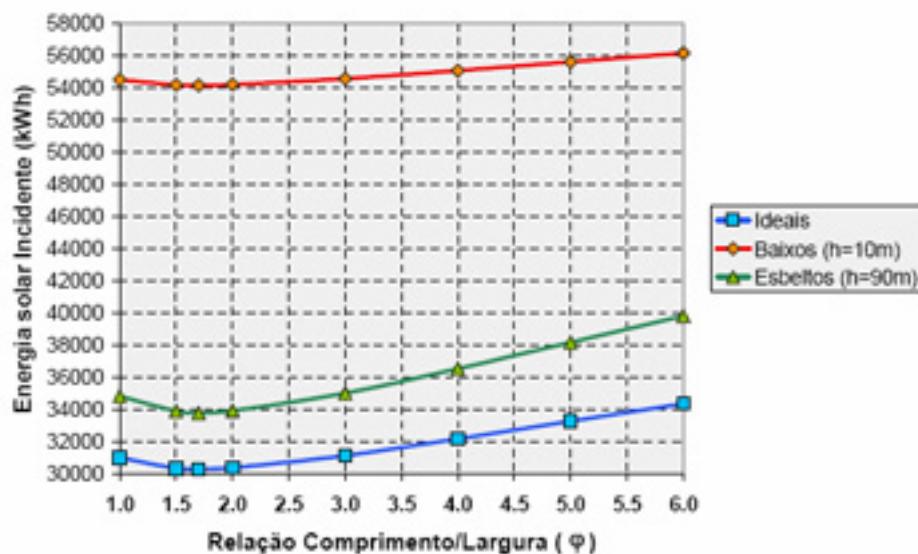


Figura 3 – Exemplo de gráfico que mostra a energia solar incidente em função da relação comprimento/largura da base dos edifícios

Fonte: CASTANHEIRA e CORBELLA, 2009

Apesar de todas as pesquisas em andamento, o que ainda se percebe é que o aprendizado, a operação e a seleção das variáveis envolvidas nessas simulações termoenergéticas exigem um conhecimento mais apurado do fenômeno físico, pouco compatível com a prática projetual e a formação do arquiteto no Brasil.

3.4. Análise da ventilação

De forma semelhante aos programas para simulação termoenergética, a predição do comportamento da ventilação natural, tanto externa quanto interna

ao edifício, apesar de imprescindível, ainda carece de métodos compatíveis com o processo projetual, principalmente no que se refere à quantificação do impacto das decisões tomadas nas diversas fases de elaboração do projeto arquitetônico. Em geral, a ventilação natural é encarada apenas em abordagens sobre as direções predominantes dos ventos, que em alguns casos são considerados no zoneamento das atividades e posicionamento das aberturas, por sua vez dimensionadas de acordo com o código de obras local ou normas de desempenho. Porém, essas abordagens tendem a ser superficiais, em virtude da necessidade de restringir as variáveis que influenciam na ventilação, minimizando assim a complexidade dessas avaliações.

O conhecimento da distribuição de pressão sobre a envoltória do edifício é importante para auxiliar na escolha da orientação e a posição mais adequada para a localização das aberturas nas fachadas. Esse potencial de distribuição de pressão nas fachadas, por sua vez, pode ser quantificado pelo coeficiente de pressão, obtido através de tabelas, gráficos, equações simplificadas ou até mesmo da simulação computacional.

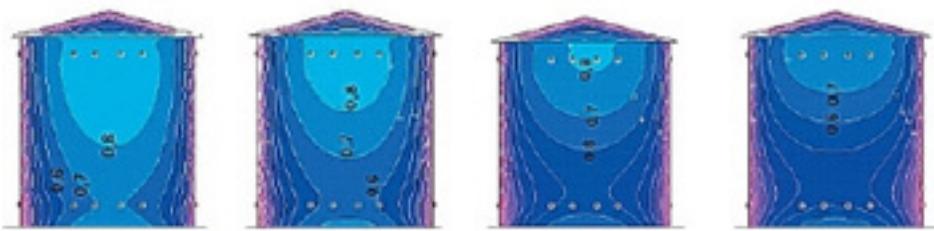


Figura 4 – Exemplo de representação da distribuição de coeficiente de pressão para diferentes perfis de vento correspondentes a diferentes rugosidades

Fonte: CÓSTOLA e ALUCCI, 2009

Outra abordagem possível é a velocidade média modular, que representa relativamente bem o fluxo de ar dentro do ambiente, podendo ser utilizada em uma análise qualitativa, na configuração de aberturas para a ventilação, dentre outras possíveis aplicações. Cunha (2010) propõe uma planilha eletrônica baseada na velocidade modular, que agiliza a comparação de múltiplas alternativas de orientação e de tamanho das aberturas, fornecendo argumentos quantitativos às decisões tomadas.

A simulação computacional baseada na dinâmica dos fluidos (Computational Fluid Dynamics - CFD) é outra abordagem possível de aplicação para auxiliar na predição no desempenho da ventilação da edificação. Porém, é um método que ainda exige conhecimento técnico e experiência do operador para a sua plena utilização. O CFD tem sido usado em muitas pesquisas, como por exemplo,

para definição de coeficientes de pressão externos de um edifício (COSTOLA; ALUCCI, 2009). Já Motezuki, e Cheng (2009) propõem o uso de índices de ventilação para análise da ventilação natural em 3D, obtida por simulação computacional utilizando uma ferramenta com base em CFD.

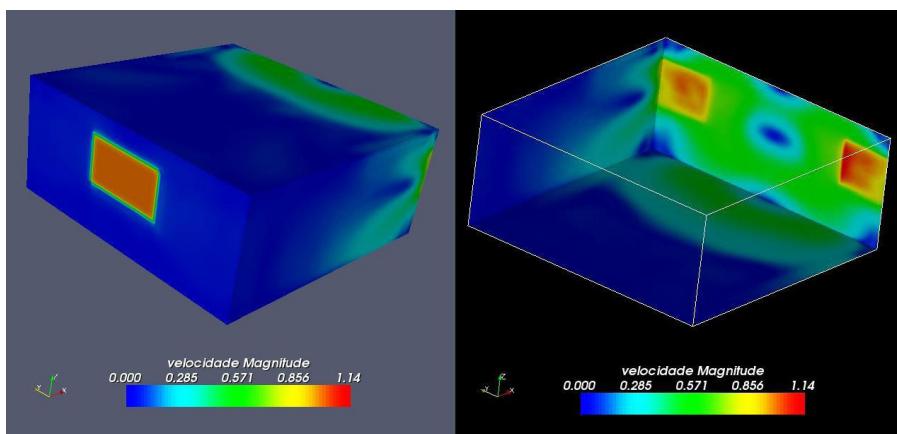


Figura 5 – Modelo geométrico simplificado simulado por Motezuki e Cheng
Fonte: MOTEZUKI e CHENG, 2009

De fato, a constante melhoria da interface e da usabilidade das ferramentas que utilizam CFD, tornando-os mais amigáveis ao usuário, tenderá reduzir o tempo de processamento e a exigência de conhecimentos avançados de mecânica dos fluidos. Além disto, a redução dos custos, tanto dos computadores de alto desempenho, quanto das ferramentas de simulação, têm aumentado o interesse pelo uso de programas baseados em CFD.

4. Simulação de Desempenho Térmico no Contexto BIM

O conceito de Modelagem da Informação da Construção (BIM) prevê a existência de um conjunto de ferramentas integradas e complementares, capazes de realizar diversos tipos de operação sobre um modelo único da edificação para realização de tarefas específicas, facilitando a interação entre as diversas disciplinas. O modelo BIM abrange geometria, relações espaciais, informações sobre propriedades dos materiais, dentre outras abordagens. A idéia é que a partir do momento em que se projeta um componente arquitetônico, toda a informação necessária para a sua validação se encontre, previamente, associada a cada

um dos seus elementos. Isto viabiliza a avaliação do seu desempenho térmico, dentre outras possibilidades.

Um exemplo de ferramenta desenvolvida no conceito de BIM é o software Revit, da Autodesk, um modelador paramétrico com habilidade de trabalhar com o conceito de modelo único, onde as informações e a documentação do edifício configuram um modelo holístico. Além de criar relações entre os elementos do edifício para simplificar a projetação, todos os componentes construtivos usados pelo Revit deverão possuir informações associadas. Essa informação deverá contemplar o código do produto, o material utilizado, suas propriedades térmicas, nome dos fabricantes etc.

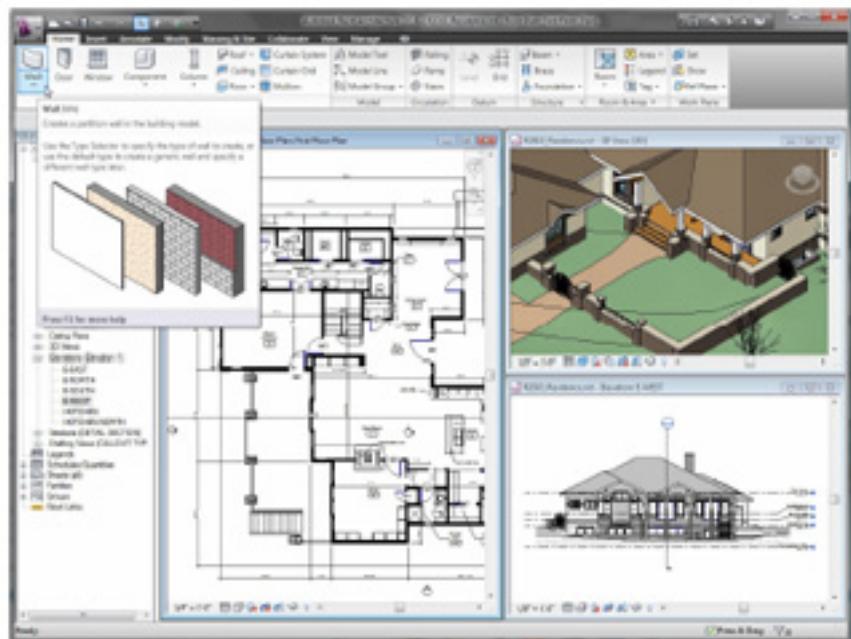


Figura 6 – Interface do Revit mostrando aspectos da sua utilização

Fonte: <http://4.bp.blogspot.com/_l8mM760cToE/S92S7QtXJRI/AAAAAAAAMA/Dy5cZuXHC8/s1600/Autodesk%2520Revit%2520Arch%25202010_02_User_Interface_Full.jpg>

Existem também ferramentas para projetação de edificações que incorporam a análise bioclimática e integram uma plataforma de modelagem em 3D com habilidades para análises e simulações de ambientes. Aos modelos são atribuídos dados das características construtivas, atividades e ocupações, tendo como feedback resultados tanto em termos de cálculo (gráficos e tabelas de análises) como de design. É também possível a importação e a exportação de

dados e arquivos em diversos formatos, em associação com outras plataformas de modelagem 2D e 3D. São exemplos os softwares Ecotect e Design Builder.

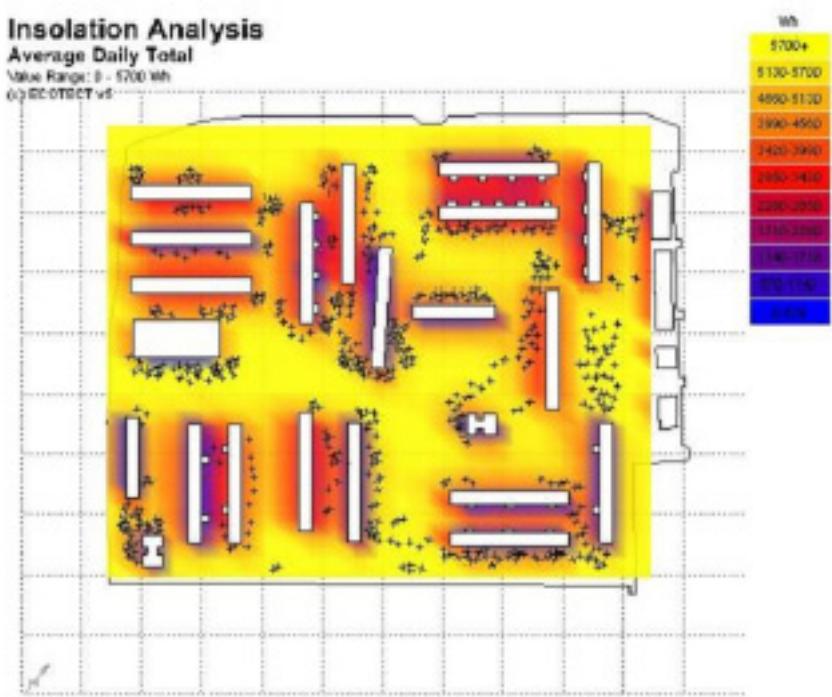


Figura 7 – Análise da exposição à radiação solar em espaço residencial na cidade de Brasília, realizada através do software Ecotect
Fonte: ROMERO, 2009

O Ecotect surgiu como uma demonstração de idéias contidas na tese do Dr. Andrew Marsh na Faculdade de Arquitetura e Belas Artes da Universidade da Austrália Ocidental. O primeiro lançamento comercial ocorreu em 1996, e em 2009 o software foi adquirido pela Autodesk. Já

o Design Builder foi criado como uma interface do Energy Plus e, segundo Martins et al (2009), permite uma rápida e fácil introdução de geometrias e um conjunto de ferramentas que tornam mais simples a modelagem de edifícios. Permite ainda a simulação do acionamento de diversos dispositivos (janelas, cortinas, brises etc) através de padrões de uso e de valores de variáveis ambientais internas e externas.

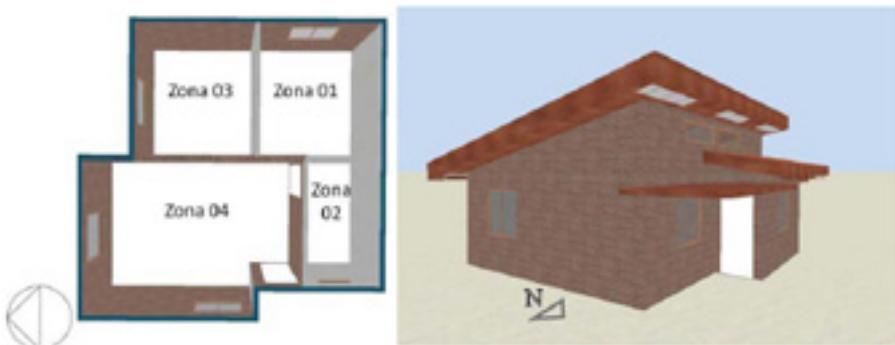


Figura 8 – Modelo elaborado no Design Builder para ensaio sobre a utilização de automação de aberturas em simulação de desempenho térmico

Fonte: MARTINS et al, 2009

Com efeito, muitas ferramentas já vêm sendo utilizadas em simulações de desempenho térmico, e algumas delas caminham para se tornarem ferramentas BIM. Entretanto, o seu uso ainda requer uma evolução para superar algumas limitações no que diz respeito, por exemplo, à disponibilidade de dados de entrada e à interoperabilidade.

4.1. Questões relativas ao acesso à informação

Um aspecto que tem sido enfrentado para avaliação de desempenho térmico através de ferramentas BIM é aquele relativo ao acesso a informações sobre dados de propriedades térmicas de materiais construtivos. Grande parte dos fabricantes não dispõe desses dados ou apresentam informações com algum tipo de erro ou incongruência. Muito menos são encontradas informações sobre os métodos utilizados para mensurar as propriedades físicas informadas.

Segundo Souza et al (2009), a situação ideal para a definição dos elementos de projeto seria que os fornecedores disponibilizassem seus catálogos num formato neutro, de forma que fosse possível acessar todas as especificações, incluindo-as diretamente no projeto. Isso permitiria a inserção de objetos mais detalhados e alinhados aos produtos efetivamente disponíveis no mercado. Além disso, os fabricantes seriam responsáveis pela consistência das informações fornecidas, que poderiam estar sendo atualizadas constantemente (SOUZA et al, 2009, apud IBRAHIM et al, 2004).

Alguns pesquisadores já manifestaram preocupação em relação a essas

questões, como é o caso de Gonçalves e Mendes (2009), que propuseram, através da criação de um catálogo técnico, estudar, sistematizar e contribuir para melhorar o acesso às informações sobre os materiais e componentes construtivos produzidos no Brasil, com uso voltado ao conforto ambiental e eficiência energética das edificações. Para isso, foi produzida uma interface computacional específica para a catalogação de dados pesquisados, que abrangem propriedades térmicas, óticas e acústicas. Como resultado, a interface do catálogo permite o cadastro e a consulta por tipo de material ou fabricante, e a saída em tabelas e gráficos diversos, possibilitando comparar o desempenho dos materiais estudados, permitindo ainda a visualização do material instalado, seus detalhes executivos, acesso aos dados técnicos e aos websites dos fabricantes.

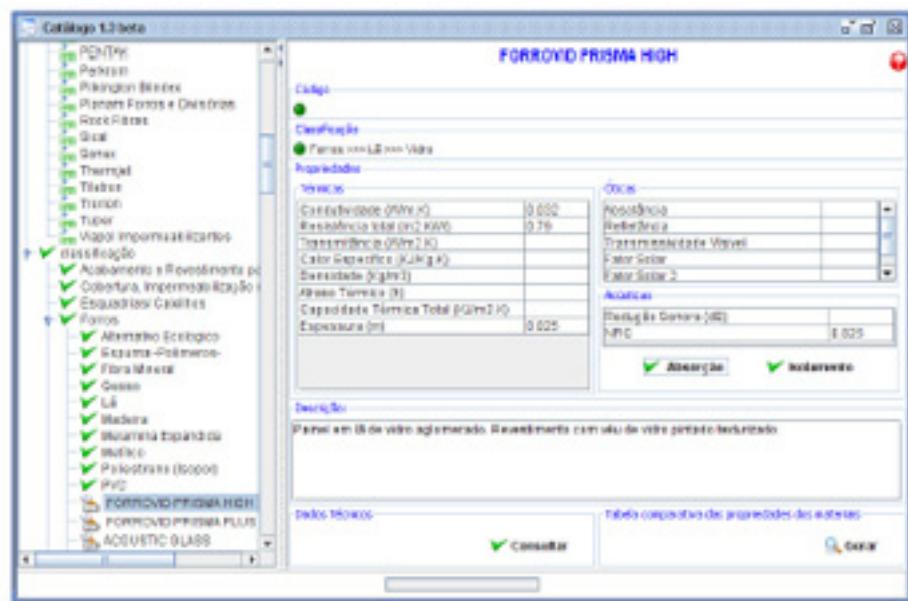


Figura 9 – Tela do módulo “Consulta” do catálogo proposto por Gonçalves e Mendes
Fonte: GONÇALVES e MENDES, 2009

Outra limitação comumente encontrada é quanto ao acesso a dados climáticos. O Laboratório de Eficiência Energética das Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina disponibiliza uma biblioteca virtual com arquivos climáticos de referência para a simulação energética em 17 cidades brasileiras, incluindo dados de frequência e velocidade dos ventos. Porém grande parte do território nacional ainda carece de levantamento sistemático de dados climáticos.

4.2. Questões relativas à interoperabilidade

Um requisito imprescindível na Modelagem da Informação para Construção é a interoperabilidade, ou seja, a capacidade de comunicar e executar programas através de várias unidades funcionais, utilizando-se de linguagens e protocolos comuns. Este é um desafio a ser enfrentado quando se trata da avaliação do desempenho térmico, seja em relação à falta de homogeneidade nas nomenclaturas dos componentes construtivos, na incompatibilidade de formatos de arquivos, ou na falta de integração entre simulações.

A exemplo disto, a indústria da construção civil brasileira incorpora uma vasta variedade de materiais, serviços e equipamentos, oriundos de diferentes setores, com características próprias, e que refletem em linguagens técnicas específicas. Ao longo dos anos, alguns setores definiram suas terminologias, as quais não são homogeneamente disseminadas ou aceitas pelo setor da Construção Civil e, em alguns casos, são até conflitantes. Essa situação precisa ser corrigida para garantir a consistência na troca de dados referentes aos componentes construtivos.

Outra dificuldade encontrada é quando parte das informações de projeto se perdem com a realização de trocas de arquivos em diversos formatos. Essa situação se confirma num ensaio sobre a utilização da automação de aberturas na simulação do desempenho térmico de edificações, onde, segundo depoimento de Martins et al (2009), o arquivo em formato EPW, relativo a dados climáticos da cidade de Porto Alegre, “não rodou” no Design Builder, pois não apresentava algumas informações requeridas pelo programa.

Finalmente, também importante é a busca da interação entre simulações. Como exemplo, as simulações de CFD e de desempenho termoenergético costumam ser realizadas separadas e através de ferramentas distintas. Porém, a integração entre essas duas simulações incrementa substancialmente a representação do fenômeno real. Alguns programas apontam para a realização de ambas numa mesma plataforma, como é o caso do Design Builder, na versão 2.0 em diante. Contudo, as simulações ainda são realizadas em módulos distintos, sem integração entre si, sendo a simulação termoenergética horária e a de CFD estática (CUNHA, 2010).

Ou seja, a simulação em CFD ainda é realizada de maneira estática o que significa que a configuração das condições de contorno exige a adoção de valores fixos para a velocidade, a direção e a temperatura do ar. Além disso, esses estudos normalmente consideram o regime permanente de escoamento. A possibilidade de simular a ventilação em regime transitente dependerá do avanço dos programas e da capacidade de processamento das máquinas. Segundo

Cunha (2009), esta simulação dinâmica poderá inclusive ser incorporada pelas ferramentas de simulação do desempenho termoenergético, que costumam tratar a ventilação de forma incipiente.

5. Conclusões

As ferramentas computacionais representam mecanismos essenciais para avaliação de um projeto ou de uma edificação existente. Ainda que haja um grau de incerteza das previsões elas são importantes para orientar as soluções de projeto. Entretanto, a integração entre avaliação do desempenho térmico e arquitetura só será efetiva se esta ocorrer nas diversas fases do processo projetual. Nesse sentido, a Modelagem da Informação da Construção permite que a busca do bom desempenho térmico possa ser cumprida desde as primeiras etapas do projeto. Hoje já existem diversos programas com variados graus de complexidade e possibilidades de interfaces que podem e devem ser utilizadas ao longo do processo de projeto. Entretanto, apesar de muitas ferramentas virem sendo utilizadas em simulações de desempenho térmico, e de algumas delas já serem consideradas como ferramentas BIM, o seu pleno uso ainda requer uma evolução para superar algumas limitações. Existem aspectos de ordem prática a serem trabalhados e melhorados para que essas simulações de desempenho sejam introduzidas no processo projetual com maior naturalidade.

Espera-se que à medida que houver propagação dessa abordagem BIM, surgirão mudanças em diversos aspectos referentes à projecção e ao projeto. As ferramentas BIM de primeira geração demandam dos projetistas uma definição prévia e precisa de certas estratégias projetuais, o que requer um bom nível de conhecimento sobre as tecnologias da construção para a formulação do modelo, assim como sobre suas implicações no desempenho térmico da edificação. Isso amplia o espectro de análise das soluções adotadas, sugerindo a necessidade de uma visão abrangente sobre a atividade de projeto, o que trará benefícios na produção arquitetônica em geral, com destaque para a sua eficiência energética.

Referências

BAPTISTA et al. Avaliação do desempenho térmico de componentes construtivos utilizando o Energyplus. In: Encontro Nacional e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 8., 2005, Maceió. **Anais...**

Maceió: UFAL, 2005. p. 145-154.

CASTANHEIRA, R.; CORBELLA, O. Incidência mínima de energia solar nos edifícios prismáticos (paralelepípedos). In: Encontro Nacional e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 10., 2009, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2009. p.690-699.

CÓSTOLA, D.; ALUCCI, M. Utilização de CFD para definição de coeficientes de pressão externos de um edifício. In: Encontro Nacional e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 10., 2009, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2009. p. 837-844.

CUNHA, L. J. B. F. **Análise de métodos para aplicação de ventilação natural para projeto de edificação em Natal-RN**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

FREITAS et al. Estudos bioclimáticos e tecnologias para elaboração de projeto arquitetônico em Palmas (TO). In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 13., 2010, Canela. **Anais eletrônicos...** Canela: UFRGS, 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/52087788/entac2010>>. Acesso em: 2 mai. 2011.

GIVONI, B. **Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines**. Energy and Building, 1992.

GONÇALVES, W.; MENDES, R. Elaboração de catálogo técnico de materiais e componentes nacionais para construção civil aplicáveis ao conforto ambiental e à eficiência energética das edificações. In: Encontro Nacional e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 10., 2009, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2009. p. 932-941.

MARTINS, D. J. et al. Ensaio sobre a utilização da automação de aberturas na simulação do desempenho térmico de edificações. In: Encontro Nacional e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 10., 2009, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2009. p. 865-874.

MOTEZUKI, F. K.; CHENG, L-Y. Uma ferramenta baseada em CFD para simulação e análise da ventilação natural. In: Encontro Nacional e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 10., 2009, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2009. p. 747-756.

RORIZ, M. et al. Sistemas construtivos de baixa resistência térmica podem proporcionar mais conforto. In: Encontro Nacional e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 10., 2009, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2009. p. 700-707.

ROMERO, M. A. B. Encontro Nacional e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 10., 2009, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2009. p. 238-247.

SOUZA, L. et al. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2, p. 26-51, 2009.

Estudo de viabilidade do uso de BIM para mensurar impactos ambientais de edificações por energia incorporada e CO2 incorporado

Helena Fernanda Graf

Micheline Helen Cot Marcos

Sergio Fernando Tavares

Sérgio Scheer

Resumo

A eficiência energética nas edificações é um assunto de relevância mundial, uma vez que, com o aumento da população, mais espaços urbanos foram surgindo e o meio ambiente foi cada vez mais sendo impactado para atender à demanda por edificações. O cálculo da energia incorporada é uma forma de mensurar o impacto ambiental das construções. É um fator importante para a tomada de decisões de projeto e escolha de materiais. Uma vez mensurada a energia incorporada, é possível obter a emissão de CO₂ equivalente. No presente artigo, é feito um estudo de viabilidade para mensurar os impactos ambientais de uma edificação pela ferramenta Revit Architecture 2012. Esta utiliza o conceito BIM - Building Information Modeling – para apoio à concepção de projeto, o qual compreende o processo de construção do modelo do edifício com informações atribuídas. Um modelo de teste foi construído na ferramenta, no qual foram inseridos dados de energia incorporada e CO₂ incorporado (ou emissão de CO₂), previamente calculados, através da criação de parâmetros compartilhados. Em comparação aos resultados obtidos com o apoio de uma planilha eletrônica, os resultados fornecidos pelo Revit Architecture 2012 apresentam-se coerentes. Dessa forma, a ferramenta pode ser um recurso útil para a obtenção dos resultados dos impactos ambientais de uma edificação, visando apoiar as decisões de projeto em busca da sustentabilidade.

Originalmente publicado em: GRAF, H. F.; MARCOS, Micheline H.C.; TAVARES, Sergio Fernando; SCHEER, S.. Estudo de viabilidade do uso de BIM para mensurar impactos ambientais de edificações por energia incorporada e CO₂ incorporado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. *Anais ENTAC2012...* Juiz de Fora: UFJF e ANTAC, 2012. v. 1. p. 3571-3577.

1. Introdução

Todos os materiais são processados de alguma maneira, o que impacta o meio ambiente. Não existem regras absolutas para a escolha dos materiais e de como o impacto ambiental deve ser avaliado, porém, alguns fatores podem ser determinados, como a energia necessária para produzir o material, a emissão de CO₂ resultante da fabricação, o impacto local de extrações (exemplos: pedra, madeira, petróleo), a toxicidade, o transporte do material para a fabricação e para a entrega do produto, o grau de poluição resultante no final de sua vida útil. O impacto ambiental, além de depender da escolha dos materiais, é influenciado por decisões de projeto, como localização e detalhamento dos elementos de arquitetura, manutenção, redução da energia necessária pelo correto posicionamento em relação ao sol, flexibilidade de projeto para acomodar diferentes usos ao longo do tempo, vida útil dos elementos e possibilidade de reutilização na demolição. A eficiência energética nas edificações é um assunto de relevância mundial, uma vez que, com o aumento da população, mais espaços urbanos foram surgindo e o meio ambiente foi cada vez mais sendo impactado para atender aos vários tipos de demanda da população, inclusive por edificações. A preocupação mundial em fazer construções ambientalmente conscientes vem do fato de que os edifícios consomem mais da metade de toda a energia usada nos países desenvolvidos e que produzem mais da metade dos gases poluentes ao meio ambiente. No Brasil, o consumo energético do setor residencial representa 9.8% do consumo energético nacional, enquanto o setor comercial representa 2.7% e o setor público apenas 1.5%, justificando a necessidade de pesquisas sobre eficiência energética para edificações e de análises nas fases projetuais. A energia incorporada é uma forma de mensurar o impacto ambiental das construções, sendo um fator importante para a tomada de decisões quanto à escolha de materiais. Pode chegar a 40% de toda aquela consumida durante a vida da edificação (tomando por base um ciclo de vida de 50 anos). É usada como um indicador de sustentabilidade das edificações, já que a fabricação de materiais de construção é frequentemente a principal fonte de emissões de gases poluentes. A discriminação dos insumos energéticos por fontes específicas e, destas, para a geração de CO₂ correspondentes são pontos importantes de interpretação em uma análise energética. Assim, é possível estabelecer um parâmetro de sustentabilidade a partir do CO₂ incorporado na edificação. Apesar da importância de se mensurar a energia incorporada e o CO₂ incorporado equivalente para a tomada de decisões de projeto, esse é um processo demorado e que demanda um conhecimento específico do projetista. Visando apoiar processos de projeto de diversas disciplinas, o conceito BIM - Building Information Modeling - para concepção de projeto abrange o processo

de construção do modelo do edifício, atribuindo-lhe informações. Assim como é usado para a obtenção de informações de custos e planejamento, especificações de materiais e elementos construtivos, e demais informações conforme a necessidade do projeto e nível de detalhamento, pode vir a ser útil para mensurar o impacto ambiental das edificações. BIM é um dos processos mais promissores da AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção, pois simula virtualmente a construção de uma edificação e, com isso, pode prever conflitos e problemas. Com a tecnologia BIM, um modelo preciso do edifício é construído digitalmente. Quando concluído, o modelo gerado contém a geometria e os dados relevantes necessários para apoiar as atividades de fabricação, construção e aquisição necessárias para realizar a construção. Estudos empregando o conceito BIM - Building Information Modeling – se justificam pela rápida e constante disseminação do conceito e pela necessidade de se conhecer as contribuições que as ferramentas que o utilizam podem oferecer. O uso de ferramentas e conceitos para construção de modelos, as quais podem ser usadas para facilitar a análise de sustentabilidade de uma edificação, permitem um maior acesso ao conhecimento dos impactos causados. Uma vez verificada a viabilidade do BIM para mensurar impactos ambientais, o qual pode aproveitar modelos já utilizados em outras disciplinas da construção civil, torna-se mais fácil incentivar os profissionais para projetar com consciência ambiental (ROAF; FUENTES; THOMAS, 2006; EDWARDS, 2008; MME, 2011; ABEYSUNDARA; BABEL; GHEEWALA, 2008; TAVARES, 2006; EASTMAN et al., 2008).

2. Metodologia

Visando estudar a viabilidade do uso de BIM para mensurar impactos ambientais de edificações, é utilizado um modelo geométrico criado na ferramenta Revit Architecture 2012 contendo informações atribuídas aos elementos construtivos que o formam, ou seja, utilizando o conceito BIM - Building Information Modeling. Dados de energia incorporada e de CO₂ incorporado são utilizados na ferramenta e transformados em informações relacionadas aos impactos ambientais da edificação. Esses dados são oriundos, em sua maioria, de bases de dados e pesquisas nacionais e são inseridos nas propriedades dos elementos arquitetônicos, permitindo que os resultados possam ser observados por elemento ou para a edificação como um todo. O modelo de teste criado (objeto de estudo) é composto por fechamentos em paredes de alvenaria com acabamento em argamassa e pintura tinta látex, laje inferior em concreto com revestimento de piso cerâmico e forro de madeira peroba-rosa. Para permitir a comparação dos resultados e verificar a viabilidade do uso do BIM para mensurar

impactos ambientais de edificações, cálculos analíticos são realizados, com o auxílio de uma planilha eletrônica, para o mesmo objeto de estudo. Os resultados dos dois estudos (com apoio de uma planilha e com o apoio do Revit Architecture 2012) são comparados. Sendo o estudo pelos cálculos com planilha eletrônica o método convencionalmente utilizado, a comparação permite validar o estudo pela ferramenta Revit Architecture 2012.

2.1. Dados de energia incorporada e CO₂ incorporado

Para fins de cálculos, foram considerados os dados de energia incorporada e CO₂ incorporado obtidos de pesquisas anteriores (Tabela 1), sendo que os materiais discriminados são os que foram utilizados no modelo de teste criado para essa pesquisa. A compilação de dados de energia incorporada obtidos de Graf (2011) são, em sua maioria, nacionais e apresentados por volume (MJ/m³), a partir da conversão dos dados obtidos por massa (MJ/Kg) através das densidades dos materiais. Os valores relativos à emissão de CO₂ foram extraídos por fontes de energia através da relação de consumo para materiais de construção fabricados no Brasil. A partir da energia incorporada, pode ser feita a desagregação dos valores de consumo de energia em fontes primárias. Mais informações referentes à metodologia de cálculo de energia incorporada e CO₂ incorporado podem ser encontrados em Tavares (2006).

Material	Energia incorporada (MJ/m ³)	CO ₂ incorporado (Kg/m ³)
Tijolos furados	3770	313
Argamassa de cal, cimento e areia	3990	477
Tinta látex PVA	84500	10108
Concreto simples	2880	339
Lajotas cerâmicas	9000	186
Madeira peroba-rosa	395	27

Tabela 1 – Energia incorporada e CO₂ incorporado dos materiais
Fonte: Os autores (2012), a partir de GRAF (2011), TAVARES (2006).

2.2. Modelo de teste

Para permitir o estudo, um modelo de teste (Figura 1) foi criado, primeiramente, na ferramenta Revit Architecture 2012 e, posteriormente, o mesmo objeto de estudo foi utilizado para realizar os cálculos analiticamente (com apoio de uma planilha eletrônica), permitindo a comparação e validação da ferramenta em estudo para mensurar os impactos ambientais.

O modelo de teste não visa representar uma edificação propriamente dita, pois considera apenas alguns elementos construtivos para testar a ferramenta, não pretendendo ser funcional do ponto de vista arquitetônico, assim como, suas espessuras, dimensões e composição dos elementos são apenas para teste da ferramenta. Contém superfícies laterais (paredes), superfície superior (forro) e superfície inferior (piso). As paredes têm espessura de 15 cm, comprimento de 3 m pela face interna e altura/pé direito de 2,4 m. São quatro paredes, sendo duas com aberturas de 1 m por 1 m. São compostas por camadas de tinta látex PVA (0,5 cm), argamassa de cal, cimento e areia (2 cm), tijolos furados (10 cm) e, novamente, argamassa de cal, cimento e areia (2 cm) e tinta látex PVA (0,5 cm). O forro tem espessura de 3 cm, e largura e comprimento iguais de 3,3 m (considerando que avança sobre as paredes). É composto por única camada de madeira peroba-rosa (3 cm). O piso tem espessura de 13 cm, e largura e comprimento iguais de 3,3 m (considerando que avança sob as paredes). É composto por camadas de concreto simples (10 cm), argamassa de cal, cimento e areia (2 cm), lajotas cerâmicas (1 cm).

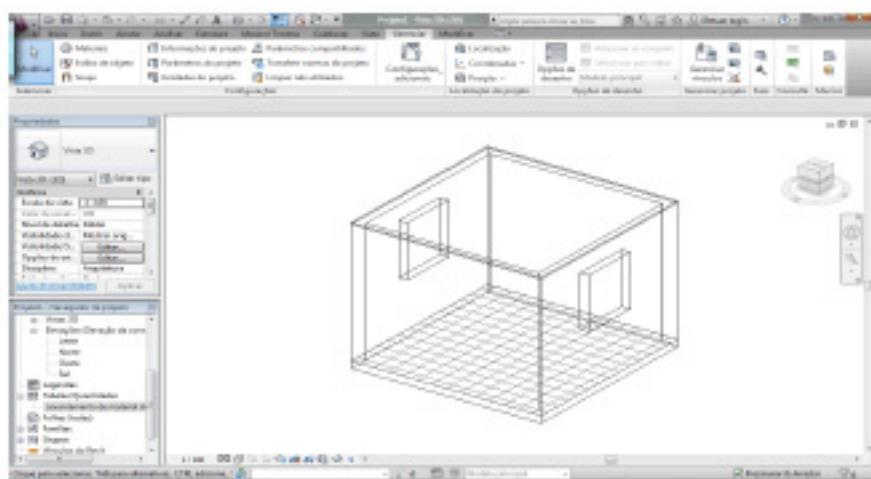


Figura 1 – Modelo de teste exibido na ferramenta Revit Architecture 2012
Fonte: Os autores (2012).

2.3. Parâmetros de energia incorporada e CO2 incorporado no Revit Architecture 2012

Existe a possibilidade da criação de parâmetros (nomenclatura da ferramenta) para o Revit Architecture 2012. Desta forma, foram criados parâmetros compartilhados através de um novo documento nomeado Sustentabilidade.txt salvo no diretório dos documentos do Revit Architecture 2012. O novo grupo de parâmetros foi nomeado como Impacto ambiental e os parâmetros criados foram nomeados como CO2 incorporado e Energia incorporada. A ferramenta permite a criação de tabelas de elementos. Após criadas as tabelas de paredes, piso e forro na ferramenta, os parâmetros compartilhados recém criados foram inseridos como campo de dados nas três tabelas, como uma propriedade do genótipo da edificação, ou seja, uma propriedade que será mantida para todos os objetos daquele mesmo tipo. Dessa forma, foi possível obter um arquivo configurado para receber a entrada dos dados de energia incorporada e CO2 incorporado para cada metro quadrado de superfície, ou seja, por área. Considerando que cada elemento construtivo tem a composição de materiais definida e a espessura estabelecida através da soma das espessuras das camadas que compõem a estrutura da superfície (parede, forro ou piso), os valores por volume (m^3) apresentados na Tabela 1 puderam ser usados para a obtenção dos valores por área de superfície (m^2). Após obtidos os resultados para cada tipo de elementos de superfície, estes puderam ser inseridos no modelo. Ainda na criação dos campos de cada tabela, foram criados mais dois novos nas propriedades das tabelas como valor calculado. São eles Energia incorp. Total e CO2 incorp. Total e visam obter o resultado da multiplicação entre a área de superfície do modelo e o valor unitário (por m^2) de CO2 incorporado e Energia incorporada, respectivamente.

Na ferramenta em estudo, Revit Architecture 2012, os valores unitários de energia incorporada e CO2 incorporado foram inseridos como propriedade do elemento construtivo, ou seja, não foram inseridos os dados para cada um dos materiais que os compõem, mas dados da composição dos materiais para os elementos. Como exemplo, a parede é composta por camadas, mas os dados inseridos já contemplam 1 m^2 de parede (Figura 2). Os dados são preparados considerando a proporção de cada material no elemento.

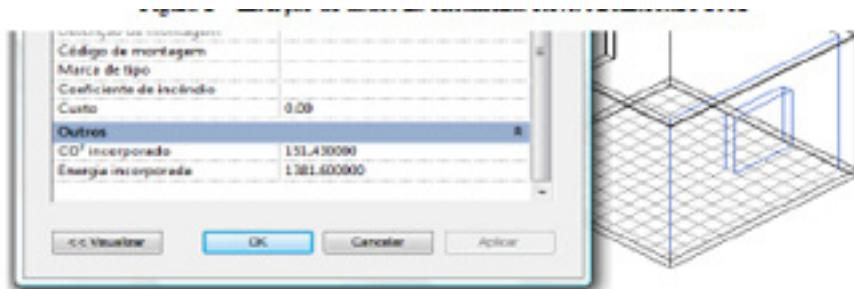


Figura 2 – Inserção de dados na ferramenta Revit Architecture 2012
Fonte: Os autores (2012).

3. Resultados

A partir dos cálculos feitos com auxílio de uma planilha eletrônica, foi possível obter os resultados de energia incorporada e CO₂ incorporado, para cada elemento construtivo por área de superfície (MJ/m² e Kg/m², respectivamente). Entende-se por área de superfície a área que contempla o invólucro da edificação, a qual é diferente da área projetada (usualmente utilizada em pesquisas de diferentes disciplinas). Os valores unitários foram utilizados tanto para o cálculo pela planilha como para alimentar a ferramenta Revit Architecture 2012. A área de superfície de cada elemento construtivo que faz parte do modelo foi obtida pelas dimensões da geometria do projeto para, então, permitir o cálculo da energia incorporada total por elemento construtivo e para o modelo como um todo. O mesmo foi feito para CO₂ incorporado total (Tabela 2).

Elemento constr.	Composição de materiais	Esp. (cm)	Energia incorp. (MJ/m ² de sup.)	CO ² incorp. (Kg/m ² de sup.)	Área (m ²)	Energia incorp. Total (MJ)	CO ² incorp. Total (Kg/MJ)
Paredes	Tinta látex PVA	0.50	422.50	50.54	151.43	39016.38	4276.44
	Arg. de cal, cimento e areia	2.00	79.80	9.55			
	Tijolos furados	10.00	377.00	31.26			
	Arg. de cal, cimento e areia	2.00	79.80	9.55			
Piso	Tinta látex PVA	0.50	422.50	50.54	45.28	4985.44	493.07
	Concreto simples	10.00	288.00	33.87			
	Arg. de cal, cimento e areia	2.00	79.80	457.80			
	Lajotas cerâmicas	1.00	90.00	1.86			
Forro	Madeira peroba-rosa	3.00	11.85	11.85	0.82	10.89	129.05

Fonte: Os autores (2012), a partir de cálculos feitos com os dados da Tabela 1 e dados de geometria de projeto.

Tabela 2 - Cálculo da Energia incorporada e CO₂ incorporado pelo volume dos materiais
Fonte: Os autores (2012), a partir de cálculos feitos com os dados da Tabela 1 e dados de geometria de projeto.

Pela composição dos materiais (Tabela 2), foram encontrados os valores unitários (por m² de superfície) de energia incorporada de 1381,6 MJ para a parede, 457,8 MJ para o piso e 11,85 MJ para o forro; e de CO₂ incorporado de 151,43 Kg para a parede, 45,28 Kg para o piso e 0,82 Kg para o forro. Esses mesmos dados unitários foram inseridos no Revit Architecture 2012 (Figura 3). Após isso, as áreas foram calculadas com apoio da planilha, obtendo-se 28,24 m² de paredes, 10,89 m² de piso e 10,89 m² de forro (Tabela 2); e extraídas da ferramenta, as quais, se somadas, resultam no mesmo valor. No entanto, para a obtenção dos valores por elemento, são apresentados valores diferentes para objetos iguais: as paredes com áreas de 7,92 m² e de 7,56 m² são iguais em todas as dimensões, assim como, as paredes com áreas de 6,56 m² e de 6,20 m². Essas diferenças são refletidas nos resultados, apesar de não ter uma significância considerável para o resultado total do modelo de teste.

Tabela de parede				
Energia Incorporada	CO ₂ Incorporado	Área	Energia Incorp. Total (MJ)	CO ₂ Incorp. Total (Kg/MJ)
1381,6	151,43	7,82 m ²	10942,27	1189,33
1381,6	151,43	6,56 m ²	9063,30	893,38
1381,6	151,43	7,56 m ²	10444,90	1144,81
1381,6	151,43	6,20 m ²	8585,92	938,87

Tabela de piso				
Energia Incorporada	CO ₂ Incorporado	Área	Energia Incorp. Total (MJ)	CO ₂ Incorp. Total (Kg/MJ)
457,8	45,28	10,89 m ²	4985,44	493,10

Tabela de forro				
Energia Incorporada	CO ₂ Incorporado	Área	Energia Incorp. Total (MJ)	CO ₂ Incorp. Total (Kg/MJ)
11,85	0,82	10,89 m ²	129,05	8,93

Figura 3 – Visualização de tabelas na ferramenta Revit Architecture 2012

Fonte: Os autores (2012).

Os valores totais encontrados usando o Revit Architecture 2012 para energia incorporada foram de 39016,39 MJ para as paredes, 4985,44 MJ para o piso e 129,05 MJ para o forro.

Pelos cálculos feitos com apoio de uma planilha, foram obtidos os mesmos valores, salvo por pequenos arredondamentos do Revit Architecture 2012.

Para os valores totais de CO₂ incorporado, foram obtidos os resultados, com o uso do Revit Architecture 2012, de 4276,39 Kg para as paredes, 493,10 Kg para o piso e 8,93 Kg para o forro. Pelos cálculos feitos com apoio de uma planilha, foram obtidos os resultados de 4276,44 Kg para as paredes, 493,07 Kg para o piso e 8,93 Kg para o forro.

Dessa forma, uma diferença entre os resultados da planilha eletrônica e da ferramenta Revit Architecture 2012 foi encontrada para CO₂ incorporado total do piso, 0,03 Kg, o que representa um erro de 0,006084308%, não sendo considerado significante para esse tipo de análise.

4. Considerações Finais

Partiu-se para realização dos cálculos pelo elemento construtivo, considerando os valores já previamente calculados, uma vez que não foi possível calcular a energia incorporada a partir do volume do material na ferramenta Revit Architecture 2012, como é feito para o cálculo do custo. Essa situação permite alterar a composição espacial (layout) da edificação com atualização automática dos resultados de impactos ambientais, porém, não permite alterar a composição dos materiais (exemplo: aumentar a espessura da argamassa na parede). Para isso, novo elemento construtivo teria que ser criado e os valores de energia incorporada e CO₂ incorporado, previamente calculados fora da ferramenta, inseridos nesse elemento do modelo.

Apesar das limitações e da necessidade de uma planilha eletrônica como apoio, o uso do Revit Architecture 2012 pode ser de grande valia para as decisões de projeto que visam diminuir os impactos ambientais e, uma vez criados os elementos construtivos, uma edificação pode ter o seu layout alterado e, automaticamente, serem obtidos resultados novos quanto aos impactos. Pode-se experimentar a troca de tipos de elementos (cada qual com sua composição de materiais) até a obtenção de um resultado satisfatório.

Os resultados obtidos pela ferramenta Revit Architecture 2012 e, principalmente, a comparação dos mesmos com o método tradicionalmente usado para cálculo da energia incorporada e CO₂ incorporado de edificações comprovam que é possível utilizar o conceito BIM para mensurar impactos ambientais a contribuir para a concepção de projetos ambientalmente conscientes.

Na continuação desse estudo, se pretende saber se é possível realizar o cálculo pelo material, atribuindo as informações aos materiais e, uma vez definida a estrutura do elemento construtivo, a atualização dos dados unitários de energia incorporada e CO₂ incorporado seriam automáticas. Pretende-se, ainda, realizar semelhante estudo em outras ferramentas, entre elas, o ArchiCAD (GrafiSoft – Pini), para verificar qual a melhor opção entre as ferramentas disponíveis.

Referências

ABEYSUNDARA, U. G. Y; BABEL, S.; GHEEWALA, S. A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka. **Building and Environment**. v. 44, ed. 5, p. 997-1004, 2008.

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, Inc., 2008.

EDWARDS, Brian. **O Guia Básico para a Sustentabilidade**. 2.ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

GRAF, Helena Fernanda. **Transmitância térmica & energia incorporada na arquitetura**: sua relação nas superfícies do invólucro de uma edificação residencial unifamiliar conforme a Norma NBR 12721. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil - PPGCC, Área de Concentração: Ambiente Construído, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

MME - Ministério das Minas e Energia (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2011**: Ano base 2010. Rio de Janeiro : EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2011.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS Stephanie. Ecohouse – A Casa Ambientalmente Sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

TAVARES, Sergio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2006.

BIM como instrumento de apoio à introdução da ecoeficiência em projetos de biotérios

Silvia Maria Soares de Araujo Pereira
Sérgio Roberto Leusin de Amorim

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta de utilização da tecnologia BIM visando contribuir para a introdução da ecoeficiência no processo de projeto e na concepção arquitetônica de biotérios. Para tal, estuda-se a possibilidade de criação de um template de projeto para biotérios no qual se estabeleçam as diretrizes específicas relativas a compartimentos, componentes e configurações prévias, com as diversas características pertinentes e as famílias que poderão ser usadas em projetos subsequentes. Neste gabarito de projeto, os objetos e suas propriedades são relacionados segundo regras e há também a associação dos níveis de biossegurança exigidos, seguindo as normatizações pertinentes. Os requisitos para o projeto de biotérios são apresentados com a proposta de padronização dos compartimentos e de seus conteúdos, a fim de possibilitar a automatização do processo de projeto destes espaços, com o apoio da tecnologia BIM. Os meios para a criação do modelo de documento são apresentados em tese para futura implementação prática, com verificação dos resultados e indicação de suas reais possibilidades, vantagens e desvantagens.

Originalmente publicado em: PEREIRA, S. M. S.; AMORIM, S.R.L. BIM como instrumento de apoio à introdução da ecoeficiência em projetos de biotérios. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: FAUFBA, 2011.

1. Introdução

Biotérios constituem instalações onde se pode produzir e manter espécies animais destinadas a servir como elementos biológicos, para atender às necessidades dos programas de pesquisa, ensino, produção e controle de qualidade nas áreas biomédicas, ciências humanas e tecnológicas segundo a finalidade da instituição (CARDOSO apud MAJEROWICZ, 2005).

Para atender de forma simultânea às legislações, às questões de biossegurança, ao bem estar animal e à promoção da melhoria do desempenho de biotérios, entende-se necessária a introdução dos princípios de ecoeficiência no processo de projeto e na concepção arquitetônica. Na visão do World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), combinar desempenho econômico e ambiental, reduzir os impactos ambientais, usar mais racionalmente matérias-primas e energia, reduzir os riscos de acidentes e melhorar a relação da organização com as partes interessadas são alguns destes princípios.

A ecoeficiência dos biotérios pode ser obtida através da competitividade na produção e colocação no mercado de bens ou serviços que satisfazem às necessidades humanas, o que traz qualidade de vida, minimiza os impactos ambientais e o uso de recursos naturais, ao considerar o ciclo inteiro de vida da produção. Outro aspecto relevante da ecoeficiência em biotérios é a relação ideal entre o atendimento aos requisitos de biossegurança e os custos (de implementação, operação e manutenção) para que se promova a proteção adequada às pessoas e ao ambiente.

A introdução de novas tecnologias, como a tecnologia BIM (Building Information Modeling⁸), para a elaboração de projetos de engenharia e arquitetura, onde se trabalha com a parametrização dos objetos, funciona como apoio a melhor visualização de conflitos e proporciona uma busca mais ágil para a solução pretendida.

Segundo Justi (2010), a utilização da tecnologia BIM promove uma economia de cerca de 70% do tempo de projeto em relação ao uso dos sistemas CAD (computer-aided design, desenho assistido por computador) ao permitir que em um único banco de dados central possua todas as informações pertinentes a um projeto. Há facilidade para realizar as alterações e as compatibilizações decorrentes do processo de projeto. Há, entre as suas vantagens com relação aos outros sistemas: economia de tempo e dos custos, maior produtividade,

⁸ Para este artigo, adotamos como referência teórica básica para o BIM, o texto de EASTMAN et al. (2008), BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.

menos erros e aumento da qualidade do produto.

A Diretoria de Administração do Campus⁹ (Dirac), da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), estima que nos projetos e construções de biotérios implementados pela instituição nos últimos 10 anos, ocorreram aditivos de prazo e custo para a execução dos serviços em torno de 90% dos casos.

Além disso, a dificuldade de previsão do desempenho global, por conta do atual processo adotado para o desenvolvimento de projetos de engenharia e de arquitetura para biotérios, acarreta, como é visto em muitos casos nas instituições públicas, em biotérios com alto impacto financeiro para a sua construção e para o seu funcionamento. Por conta disso, há deficiências nos processos de manutenção corretiva e até impossibilidade ou extrema dificuldade de ser executada a manutenção preventiva (gestão dos biotérios).

2. Requisitos de Projeto para Biotérios

Segundo Pessoa (2006), o ambiente edificado para biotérios deve atender aos níveis de biossegurança apropriados para propiciar condições adequadas de trabalho. As instalações para trabalho em contenção necessitam obedecer a um gradiente de segurança de acordo com os patógenos manipulados. O papel das barreiras de contenção é de separar as áreas contaminadas das outras dependências, através de antecâmaras, autoclaves com dupla-porta, e outros artifícios que são imprescindíveis para situações de risco de contaminação.

Na fase da concepção arquitetônica dos biotérios a adoção de cuidados específicos evitará grande parte dos problemas detectados na execução, uso e manutenção das edificações. A relação do projeto de arquitetura e de engenharia com os conceitos de segurança ocupacional e ambiental, associados aos riscos biológicos deve ser estabelecida.

Requisitos apresentados pelo NIH Design Requirements Manual (2010) referem-se à questão da sustentabilidade para a produção dos ambientes de pesquisa com animais e são citados: projeto integrado, eficiência energética, proteção e conservação dos recursos hídricos, ventilação e conforto térmico, controle da umidade, utilização da luz natural, proteção da qualidade do ar interior durante a construção, utilização de materiais reciclados, dentre outros.

Neste mesmo documento são apresentados os requisitos de projeto de biotérios como a economia da construção, a conservação da energia, a avaliação

9 Segundo levantamento interno e parcial da Dirac (Fiocruz).

do custo do ciclo de vida da edificação, a qualidade arquitetônica, a operação eficiente da edificação, a flexibilidade, o design modular, as rotas claramente definidas para pessoas, equipamentos, materiais, animais e manutenção, e a consideração de futuras expansões.

Acredita-se que todos estes requisitos podem ser atendidos de forma eficiente com a utilização da tecnologia BIM no processo de projeto e na concepção arquitetônica dos biotérios.

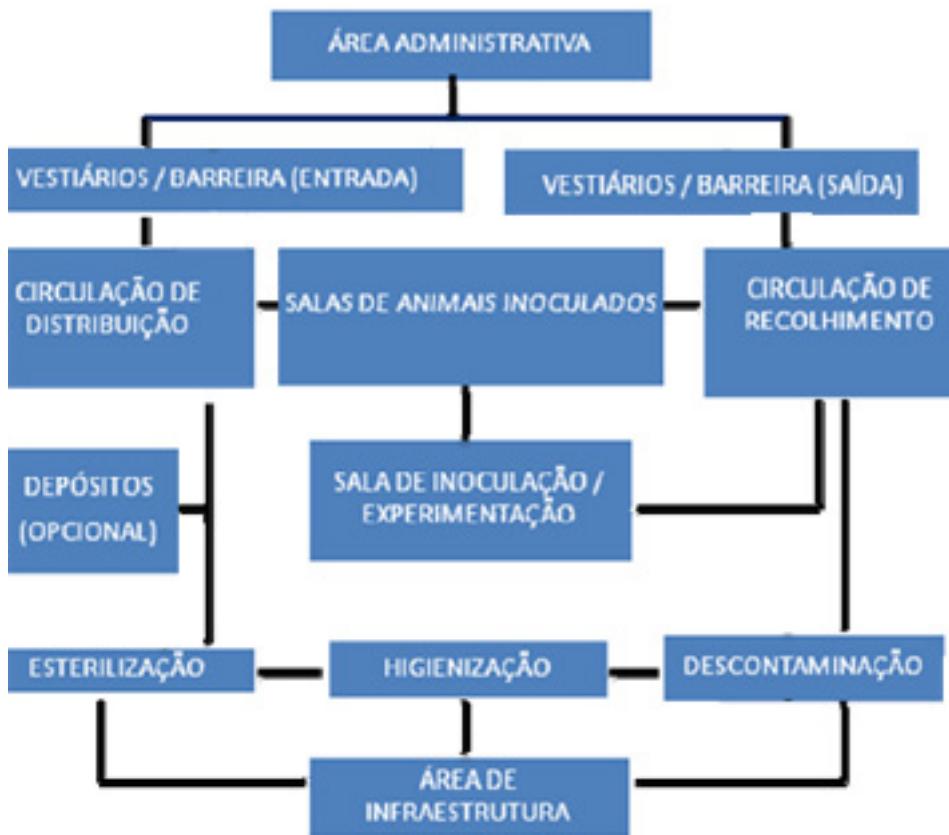


Figura 1 – Estrutura de um biotério de experimentação
Fonte: PESSOA, 2006

Na Figura 1, tem-se a estrutura típica de um biotério de experimentação animal. Com a utilização da tecnologia BIM, pode-se estabelecer para cada compartimento as propriedades físicas necessárias, os equipamentos e os requisitos pertinentes. Alguns desses dados podem, inclusive, fazer parte de bancos de dados externos.

No Revit¹⁰, por exemplo, o room book permite a introdução parâmetros externos e a associação dos mesmos aos compartimentos. Pode-se discriminar, por exemplo, a qualidade do ar requerida na sala dos animais, na circulação, na higienização e em todos os demais compartimentos, cada qual com o seu valor característico. Assim, o processo de projeto de biotérios pode ser significantemente padronizado e reduzido.

NÍVEL DE BIOSSEGURANÇA ANIMAL	AGENTES	PRÁTICAS	BARREIRAS PRIMÁRIAS	BARREIRAS SECUNDÁRIAS
			EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA	INSTALAÇÕES
1	Não são conhecidos por causarem doenças aos seres humanos adultos sadios	Padrão convencional dos animais Práticas de gerenciamento, incluindo programas de vigilância / inspeção de saúde apropriados	Necessários aos cuidados normais para a manutenção de cada espécie EPIs: Utilização de luvas e jalecos, proteção aos olhos e face, adequados aos riscos	Convencionais para cuidados e manejo de animais Não recirculação do ar Recomendação para fluxo de ar unidirecional Pia para a lavagem das mãos
2	Agentes associados a doenças em seres humanos Risco: exposição cutânea, ingestão ou exposição da membrana da mucosa	Práticas do NBA-1 acrescidas de: Acesso limitado Sinalização de biossegurança Avisos sonoros de precaução Manual de Biossegurança Descontaminação de todos os materiais infectados e recintos dos animais antes da lavagem	Equipamentos do NBA-1 acrescidos de: Equipamento de contenção apropriado para a espécie de animal EPIs: Utilização de luvas e jalecos, proteção aos olhos, face e respiração, adequados aos riscos	Instalações do NBA-1 acrescidas de: Autoclave disponível Pia para a lavagem das mãos Lavagem mecânica das gaiolas Pressão do ar negativa dentro das salas de animais e de procedimentos é recomendada

¹⁰ Revit é uma plataforma da Autodesk que usa a tecnologia BIM. É um software completo de design de projeto de arquitetura e engenharia e um sistema completo de documentação do projeto que suporta todas as fases do processo (JUSTI, 2010). Este é referência para este trabalho, por ser o mais conhecido pela autora.

		Práticas do NBA-2 acrescidas de:	Equipamentos do NBA-2 acrescidos de:	Instalações do NBA-2 acrescidas de:
3	Agentes nativos ou exóticos que podem causar sérios danos à saúde através da inalação ou exposição a aerossóis	Acesso controlado Descontaminação das roupas antes de serem lavadas Descontaminação das gaiolas antes do forramento ser removido para descarte. Necessidade de descontaminação dos calçados, através de pedulúvio com desinfectante	Equipamentos de contenção para animais alojados nas gaiolas (microisoladores e fluxos laminares) Cabinas de segurança biológica classe I, II ou III para procedimentos que geram aerossóis infecciosos EPIs, proteção respiratória apropriada	Separação física entre salas de animais, corredores de acesso e áreas de apoio Acesso por dupla porta Aberturas, frestas e janelas vedadas Autoclave disponível dentro do biotério Entrada através de ante-câmara ou <i>air-lock</i> Pressão do ar negativa dentro das salas de animais e de procedimentos é recomendada
				Pia para a lavagem das mãos próximo à saída das salas de animais ou de procedimentos
4	Agentes perigosos ou exóticos que exponham o indivíduo a alto risco de infecções que podem ser fatais, além de apresentarem um potencial elevado de transmissão por aerossóis ou de agentes relacionados com um risco de transmissão desconhecido	Práticas do NBA-3 acrescidas de:	Equipamentos do NBA-3 acrescidos de:	Instalações do NBA-3 acrescidas de:
		Acesso rigorosamente controlado Entrada através de vestiário, troca de roupas completa, vestimenta especial, banho na saída Descontaminação de todos os materiais antes do descarte	Equipamentos de contenção máxima: cabine de segurança Classe III ou equipamento de proteção parcial em combinação com o uso de vestimenta especial pressurizada positivamente para todos os procedimentos	Edificação separada ou área isolada Sistemas exclusivos para ventilação, exaustão, vácuo e descontaminação, entre outros requisitos

Quadro 1: Resumo dos níveis de biossegurança recomendados para atividades com animais vertebrados naturalmente ou experimentalmente infectados

Fonte: CDC, 2009

Outro exemplo dos requisitos pertinentes para a construção de biotérios é a identificação da espécie animal que irá habitar o espaço físico. Em seguida, deve-se avaliar o nível de biossegurança requerido para a manipulação dos agentes de risco. Deve-se levar em conta a classificação do risco potencial do agente biológico e a natureza da pesquisa.

No Quadro 1 são apresentados os níveis de biossegurança de acordo com os agentes biológicos a serem manipulados nas pesquisas. Com o uso da tecnologia BIM, cada compartimento apresentado na estrutura da Figura 1 pode ter as suas propriedades associadas, de acordo com o nível de biossegurança requerido.

3. A Ecoeficiência dos Biotérios

A oferta de bens e serviços a preços competitivos no caso dos biotérios refere-se à velocidade das respostas das pesquisas efetuadas a partir de seus produtos. Reduzem-se os custos envolvidos nas pesquisas e com a aceleração dos resultados para a sociedade, há avanço no desenvolvimento de ciência e tecnologia do País, minimizando a dependência de tecnologias do exterior muitas vezes de custo elevado.

A satisfação das necessidades humanas está ligada ao sucesso das pesquisas e ao progresso dos estudos em saúde, o que contribui para o aumento da qualidade de vida da população em geral. Para os biotérios ainda há a questão da promoção do bem estar animal e da qualidade de vida de seus usuários, entre pesquisadores, bioteristas e mantenedores dos espaços.

Na construção de novos biotérios, para a redução progressiva do impacto ecológico e da intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, deve-se entender que a qualidade sanitária e genética dos animais é fundamental para a diminuição do número de animais utilizados nas pesquisas, que terão estas, portanto, maior qualidade.

A ecoeficiência envolve ainda os conceitos de redução da quantidade de material empregado, redução do consumo energético, redução da liberação de substâncias tóxicas, aumento da reciclagem, otimização do uso de materiais renováveis e prolongamento do ciclo de vida do produto. O modelo arquitetônico do biotério, na tecnologia BIM, pode ser submetido a simulações, como as realizadas pelo software Autodesk Ecotect Analysis, para a avaliação das propriedades dos materiais e componentes da construção. Os indicadores para a avaliação de desempenho ambiental cuja elaboração é recomendada pela

NBR 14031: 2004 (Gestão Ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes) e pelo WBCSD podem também ser introduzidos como parâmetros na avaliação da ecoeficiência.

Assim, simulações podem comprovar a eficiência de espaços menores, principalmente para criação de animais, que poderão ser efetivamente controlados, o que deve gerar resultados de maior valor com menos impacto. A utilização da tecnologia BIM pode promover o desenvolvimento mais ágil de soluções que favoreçam a minimização dos riscos às pessoas e ao ambiente, bem como, pode antecipar os custos de construção, operação e manutenção do biotério, o que contribui para a tomada de decisão mais eficiente.

4. BIM no Processo de Projeto

No atual processo de projeto adotado na Dirac (Fiocruz), o arquiteto idealiza a sua construção em três dimensões, mas a representa em duas dimensões. Repassa esta representação a outros projetistas e também ao usuário/demandante, que mesmo sendo bem explicada, irá produzir em cada indivíduo uma visualização tridimensional idealizada em suas mentes (não exatamente a mesma do arquiteto). Para o construtor ocorre o mesmo com as informações de projeto. E o resultado da execução do projeto pode virar um enigma.

Segundo César Jr. (2010), a definição geométrica de modelos continua sendo transferida em CAD 2D. Normalmente, na forma de desenho impresso. Suas linhas, arcos e círculos não estão associados a paredes, tubulações e armaduras, o que permite a perda de informações relevantes para o desenvolvimento do processo de projeto.

Estima-se que há um desperdício de 30% do custo total das obras, boa parte dele atribuído à descrição e à comunicação do projeto por meio de desenhos. (BERNSTEIN apud CÉSAR JR., 2010). Estes são, muitas vezes, incompletos, não consistentes e ausentes de informações relevantes.

Com a utilização da tecnologia BIM é possível a troca de informação através de um arquivo padronizado e neutro. Todas as informações relativas a todos os componentes do edifício são especificados e descritos através desse formato previamente discutido e padronizado.

Assim, todos os intervenientes do processo de projeto detêm a possibilidade de visualizar o mesmo modelo (BIM) e antecipar as incompatibilidades, os custos e os prazos da construção, conforme apresentado na Figura 2 por César Jr. (2010).

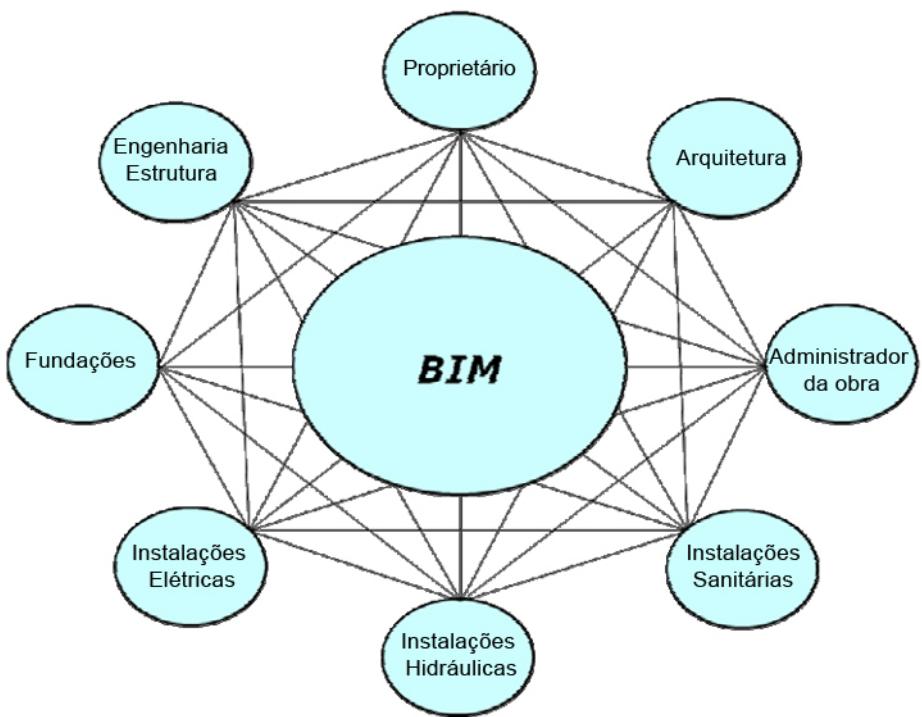


Figura 2 – Integração dos intervenientes do projeto a partir da utilização de padrão neutro de arquivo

Fonte: CÉSAR JR, 2010, adaptado pela autora

A utilização da tecnologia BIM promove o desenvolvimento do projeto de maneira integrada, com a possibilidade de envolvimento de todos os intervenientes no projeto de biotérios (usuários, construtores, diretorias demandantes, arquitetos, engenheiros de estruturas, engenheiros de instalações, engenheiros mecânicos). A tecnologia contribui no processo de projeto para todos os envolvidos.

5. BIM na Concepção Arquitetônica de Biotérios

5.1. Objetos e Propriedades / regras relacionais

Objetos da edificação são as partes para a constituição da mesma. Objetos podem ser agregados e parametrizados formando as famílias. Geralmente, um objeto é qualquer elemento da edificação que possui propriedades associadas

a ele. Espaços na edificação são também objetos. Elementos ou componentes podem ser usados como sinônimos para objeto (EASTMAN et al., 2008).

Os objetos criados no Revit, por exemplo, muitas vezes estão nas famílias. Para selecioná-los basta aproximar o mouse sobre um objeto qualquer e o programa mostrará a família e o tipo desse objeto. Os parâmetros desse objeto selecionado são encontrados no quadro de propriedades, ao clicar no objeto com o botão direito do mouse ou no menu superior (ribbon) Element Properties.

Dentro do quadro de propriedades, há dois quadros e um deles não é acessível diretamente. O primeiro quadro chama-se Instance Properties. Nele, as alterações dos parâmetros serão responsáveis por mudanças apenas no objeto selecionado, mantendo os objetos do mesmo tipo intactos. O segundo quadro é o Type Properties, que só é acionado ao clicar no botão Edit/Type. Esses parâmetros são para o tipo criado ou selecionado. As alterações feitas nesse quadro são responsáveis por alterarem os objetos baseados nesse tipo.

As tabelas fazem parte do banco de dados que constitui a base de todo o projeto. Cada objeto criado está separado em categorias e subcategorias. Além de possuírem diversos parâmetros com informações de tamanhos, tipos, materiais e até mesmo valores, se forem preenchidos dados no quadro de propriedades. Com o comando de tabelas (schedules) podem-se criar planilhas sobre as diversas categorias existentes (JUSTI, 2010).

As tabelas são famílias de sistemas e estão vinculadas diretamente ao projeto, podendo ser importadas de bancos de dados externos como o Microsoft Excel, Microsoft Access, Oracle e outros, dependendo da utilização dos drivers ODBC para fazer a ligação (JUSTI, 2010). Outras tabelas podem ser inseridas em parâmetros e fases de projeto criados. Pode-se inclusive definir fórmulas entre os parâmetros.

As regras relacionais estabelecem como os objetos podem ser inseridos. Por exemplo, a inserção de uma janela será sempre em uma parede e daí pode-se determinar uma altura de peitoril padrão para cada tipo de janela.

Para o projeto de biotérios, a idéia é a de criar os compartimentos, a partir dos diversos objetos pertencentes a eles e estabelecer as suas propriedades, os seus requisitos específicos. Com o auxílio das tabelas que podem ser internas ou externas, podem-se caracterizar os objetos. Com o auxílio das famílias, onde os objetos podem ser separados por categorias, este processo pode ser simplificado.

5.2. Famílias / famílias de componentes

As famílias são elementos chave dos projetos, cuja classificação pelo BIM se faz de acordo com o seu uso/função. Com elas, os objetos separados por categorias podem ser usados quando for preciso. As famílias possuem diversas informações, tornando cada objeto inteligente, podendo ser parametrizadas para melhorar a flexibilidade de tamanhos e quantidades. Cada família assume dados específicos como cor, textura, tamanho, espessura, altura, distância entre níveis, custo, fabricante, modelo, entre outros.

Há três tipos básicos de famílias: famílias de sistema, pré-definidas dentro do projeto e não podem ser alteradas ou apagadas (paredes, lajes, escadas, corrimãos, telhados, cotas, textos, cortinas de vidro / divisórias, forros); famílias de componentes; e famílias in-place, semelhantes à família de componentes, porém desenvolvidas apenas dentro de projeto e não são salvas externamente.

No Revit, por exemplo, as famílias de componentes dependem de templates externos que são encontrados no diretório Metric Template para a sua criação. Depois de salvos, são transformados em arquivos (.RFA). As famílias de componentes são salvas externamente, de preferência, dentro do diretório Metric Library e constituem os miniprojetos. Como são salvas externamente, podem ser inseridas em qualquer projeto no futuro.

Há famílias de componentes que usam hospedeiros e outras famílias que não usam hospedeiros. No caso de famílias com hospedeiros, eles funcionam como ímãs e associam os objetos a eles. Além disso, facilitam a colocação de objetos já recortados ou arremata os locais onde são inseridos.

Cada família criada, seja de sistema ou de componentes, pode ter tipos diferentes. Esses tipos são responsáveis por manter o modelo intacto, porém, criando flexibilidade em dimensões. A Figura 3 apresenta os cinco tipos de elementos que podem ser encontrados nas famílias.

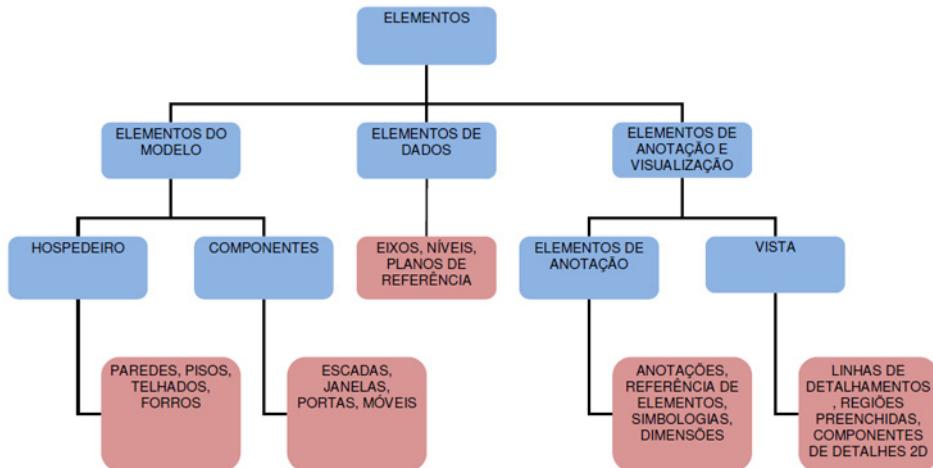


Figura 3 – Organograma geral de tipologia

Fonte: Justi, 2010

Para o projeto de biotério, a partir da associação dos objetos e da criação das famílias de componentes, os compartimentos podem ser caracterizados quanto aos diversos requisitos: materiais, equipamentos com dados funcionais, número de usuários, nível de iluminação, qualidade do ar, pressão, nível de biossegurança, propriedades dos fechamentos de vãos (portas e janelas), entre outros.

Padronização dos compartimentos / propriedades e conteúdos / níveis de biossegurança associados

Propõe-se a padronização dos compartimentos necessários aos biotérios, a fim de serem inseridas as informações pertinentes aos mesmos, como propriedades e conteúdos. Assim, cada compartimento é caracterizado quanto às dimensões, o número de usuários, os animais a serem criados/experimentados, os materiais de fechamento e de acabamento, as famílias existentes, tipo de luminárias, tomadas e outros dispositivos, todos os equipamentos com suas características e a associação ao nível de biossegurança requerido. Nas propriedades dos níveis de biossegurança são descritos os requisitos de qualidade do ar interior e todos os seus desdobramentos, contenções primárias e secundárias necessárias. Características de higienização e de manutenção dos espaços e equipamentos são também incluídas.

O OmniClass é um sistema para classificação da informação da construção, para utilização da indústria da construção, inclusive de ambientes construídos, para bibliotecas de materiais, informações de projetos e bancos de dados.

Atualmente há proposta de normatização nacional pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com a CEE 134 – Modelagem da Informação da Construção. Este projeto de norma está em desenvolvimento e trará a estrutura para classificação da informação, na qual haverá tabelas com as padronizações dos nomes dos compartimentos. Tal padronização é necessária para viabilizar ou facilitar a automatização do processo de projeto para tipos específicos de edificação, como é o caso dos biotérios.

Simulações podem ser realizadas a partir da introdução dos parâmetros legais, de bem estar animal e de ecoeficiência dos compartimentos. A partir deste conjunto de informações pode ser estabelecido um gabarito para projeto (template) de biotérios, com a introdução de regras relacionais entre os mesmos para a conformação do modelo da edificação.

5.4. Criando um template de projeto para biotério

A tecnologia BIM permite criar um arquivo com diretrizes específicas relativas a compartimentos, componentes e configurações prévias para o projeto de biotério, com as diversas características pertinentes e as famílias que poderão ser usadas em projetos subsequentes.

Outras configurações podem ser adicionadas ao arquivo template posteriormente. Há uma configuração básica inicial. Depois da sua criação, podem ser adicionados tipos, novas famílias, de forma a ampliar o template para diversas situações e atualizações de normas, por exemplo. Segundo Justi (2010), não é necessária a criação de nenhum projeto dentro do template. Este arquivo é baseado somente em configurações. Porém, pode-se partir de um projeto padrão dentro do template.

No Revit, por exemplo, os arquivos de template (modelo), sejam de projeto (.RTE) ou de famílias de componentes (.RFA), encontram-se no diretório Metric Templates. Esses arquivos são a base de criação de qualquer família ou projeto dentro do Revit. Há templates específicos para cada categoria que precisa ser criada.

O template para o projeto de biotério pode ser construído a partir da criação dos compartimentos padronizados com seus objetos caracterizados a partir de suas propriedades e requisitos específicos. As famílias serão utilizadas para facilitar a separação dos objetos por categoria. Cada compartimento, com sua base de dados interna e externa, pode ser inserido no projeto de acordo com regras relacionais que poderão ser estabelecidas a partir da estrutura típica do biotério (organograma) e do nível de biossegurança.

Por exemplo, para o acesso a salas de inoculação / experimentação, para níveis de biossegurança 2, 3 e 4, é necessário uma antecâmara e para cada nível destes, há requisitos específicos para a mesma. A adoção obrigatória ou não de portas com sistema de intertravamento, bem como a obrigatoriedade ou não de pressurização do ambiente, com chuveiro e vestiário são alguns destes requisitos.

As regras relacionais podem ser estabelecidas entre compartimentos, conforme exemplo anterior e entre materiais e compartimentos. Entre materiais e compartimentos, por exemplo, o revestimento em aço inoxidável da porta da sala dos animais é necessário para o nível de biossegurança 3.

A possibilidade de verificação de atendimento às normas e o modo relacional com um banco de dados externo, o que facilita a atualização dos dados e requisitos das normas pode constituir outra vantagem para a criação do template para o projeto de biotérios. Além disso, o template pode otimizar outras simulações ligadas ao funcionamento da edificação e às questões de sustentabilidade durante o processo de projeto e a concepção arquitetônica dos biotérios, quando da inserção dos compartimentos e de suas associações.

6. Conclusões

Os resultados esperados com a proposta de utilização da tecnologia BIM para a introdução da ecoeficiência no processo de projeto e na concepção arquitetônica de biotérios são: facilitar e proporcionar a integração dos intervenientes no processo de projeto de biotérios; antecipar as interferências e incompatibilidades; antecipar os custos e prazos de execução durante a modelagem inicial e apoiar a concepção arquitetônica de biotérios; reduzir os custos de retrabalho e da procura das soluções durante o período de obra; diminuir a incidência de aditivos de prazo e de custo nas obras de biotérios públicos; aumentar a qualidade do projeto e dos espaços executados; possibilitar a simulação da acessibilidade e dos escapes em situações emergenciais; racionalizar o dimensionamento dos compartimentos com modulação e previsão de expansão; proporcionar maior controle de ambientes menores (racionais); aumentar a qualidade sanitária e genética dos animais; aumento da qualidade das pesquisas; diminuição do número de animais nas pesquisas; diminuição do impacto ambiental; entre outros.

Espera-se com este trabalho que outros templates possam ser propostos para outros tipos de projetos de edificação, a fim de otimizar e difundir de forma mais incisiva a utilização da tecnologia BIM. E que assim, todo o potencial

dos softwares baseados nesta tecnologia possa ser aproveitado com o intuito inclusive de subsidiar as decisões de projetos para a produção de edificações mais eficientes, gerando menos impacto ambiental, social e econômico, ou seja, mais sustentáveis.

Referências

- _____; LAPA, Renata Cristina Coutinho; VIEIRA, Valéria Michelin. Arquitetura e Biossegurança. In: MOLINARO, E. M.; VALLE, S.; MAJEROWICZ, J. (Org.). **Biossegurança em Biotérios**. Rio de Janeiro: Interciênciac, 2008. p. 19-33.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14031: Gestão Ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro, 2004.
- BIOSAFETY in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL). Disponível em: <<http://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/index.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2010.
- CÉSAR JR, Kléos M. Lenz. **Interoperabilidade, BIM e IFC**. Apresentação, 2010.
- EASTMAN, Chuck et al. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- JUSTI, Alexander Rodrigues. **Revit Architecture 2010**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010.
- MAJEROWICZ, Joel. **Procedimentos de biossegurança para as novas instalações do laboratório de experimentação animal (Laean) de Bio-Manguinhos**. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Imunobiológicos) - Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.
- NIH Design Requirements Manual, biomedical laboratories & animal research facilities. Disponível em: <<http://orf.od.nih.gov>>. Acesso em: 06 out. 2010.
- OMNI Class 13, 2010-06. Disponível em: <<http://www.omniclass.org>>. Acesso em: 11 out. 2010.
- PESSOA, Maria Cristina Troncoso Ribeiro. **Impacto das condicionantes locacionais no projeto de laboratório de pesquisas biomédicas**

pertencentes a classes de risco 2, 3 e 4 sob a ótica da biossegurança.

Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

WBCSD (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT). **A ecoeficiência:** criar mais valor com menos impacto. Disponível em: <<http://www.wbcsd.org>>. Acesso em: 10 out. 2010.

ZAMBRANO, Letícia Maria de Araújo. **Integração dos princípios da sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Capítulo 5. Aplicações em Realidade Virtual e modelos em IFC

Realidade Virtual e visualização científica aplicadas em treinamento técnico na construção brasileira

Fabiano P. Stange
Sergio Scheer

Resumo

Atualmente a industria da construção civil está em franca atividade atraindo muitos jovens. Esses profissionais buscam aprender as técnicas do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção. Eles pertencem a uma geração que não é mais somente receptora passiva de conteúdos transmitidos, mas produtora se seu próprio conhecimento através das diversas mídias interativas atuais. A educação de profissionais em AEC é ainda baseada em um paradigma onde reina a figura central do docente. O educador brasileiro ainda não explora os recursos existentemente que são tão familiares a esta nova geração. É preciso mudar o paradigma endereçando a tecnologia de informação como suporte ao aprendizado. Pesquisar novos contextos de aprendizagem nesta área leva a perceber a Realidade Virtual (RV) como uma poderosa ferramenta neste sentido. Este artigo descreve o desenvolvimento de um ambiente de RV que visa complementar o processo de ensino-aprendizagem é apresentado um protótipo deste ambiente baseado em computador de mesa ou portátil orientado a tarefas típicas em um canteiro de obras, como a montagem de uma forma de madeira para um pilar de concreto armado. Moderadores geométricos como o Autodesk 3ds Max foram usados para criar o canteiro de obras virtual e exportá-lo em um formato apropriado para aplicar mecanismos de interação usando bibliotecas de desenvolvimento como a Kitware VTK. Espera-se que com a possibilidade de uma experiência interativa em um ambiente virtual, o aprendiz possa entender a tarefa simulada de um modo menos opressivo que as metodologias tradicionais de uma sala de aula. Também se pretende encorajar educadores a buscar pedagógicas mais inovadoras e motivantes.

Originalmente publicado em: STANGE, F. P. ; SCHEER S . Virtual Reality and Scientific Visualization applied to technical training in Brazilian construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION APPLICATIONS OF VIRTUAL REALITY, 12., 2012, Taipei. **Proceedings...** Taipei: National Taiwan University Press, 2012. v. 1. p. 476-485. (traduzido)

1. Introdução

A construção civil brasileira e o setor imobiliário estão num ritmo de aquecimento econômico graças às ações do governo federal por meio de estratégias de interesse social como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV). Um dos efeitos deste fenômeno que pode ser notado são as profissões que envolvem arquitetura, engenharia e construção (AEC) que atualmente são alvo dos jovens que aspiram ingressar no mercado de trabalho brasileiro. Isto pode ser confirmado, por exemplo, quando se observa o aumento da procura do curso de Engenharia Civil chegando ao ponto de ser o curso mais concorrido em certas instituições de ensino (CEF 2012, Correio Braziliense 2012, Téchne 2012, Tribuna do Norte 2012, Veja 2009, Veja 2011).

Estes aprendizes pertencem a uma geração onde a informática está presente em suas vidas, facilitando o acesso à informação e ao conhecimento. O sujeito dessa geração não é mais um receptor passivo do conteúdo transmitido, mas um produtor do seu conhecimento através de mídias interativas, que outrora eram de acesso exclusivo e hoje estão se tornando triviais. Eles estão mais preparados para serem influenciados por novas tecnologias, pois cada dia recebem uma quantia considerável de novos dispositivos eletrônicos e aplicativos de última geração.

Mas o ensino brasileiro em AEC continua baseado num paradigma onde o conhecimento é centralizado exclusivamente na figura do educador/instrutor/professor e este geralmente não explora os atuais recursos que essa geração está familiarizada. Ainda, os campos da AEC não são mais os mesmos que 30 anos atrás, o que realça a necessidade de um aprendizado mais interativo, a construção do pensamento crítico, a motivação da criatividade para resolver problemas em contrapartida de uma aprendizagem com uma perspectiva passiva. Tais requisitos ou habilidades nem sempre são adquiridos numa universidade, mas quando o aprendiz já está inserido no mercado de trabalho. Então há uma necessidade de mudar esse paradigma, sendo que uma possível abordagem reside na informática como suporte ao aprendizado. O processo educativo deve se atualizar para combater a discrepância entre ensinamento e aprendizagem, devendo estar precavido às diferenças entre interatividade homem/homem e homem/máquina e no diálogo entre educador/instrutor/professor e o aprendiz através do bom uso da tecnologia, almejando maior qualidade ao próprio profissional, a instituição e ao curso (Carvalho 2003, Hutchinson et al 2003, Pompeu 1999).

Paralelo a este contexto estão os Ambientes Virtuais (AV) que utilizam

os recursos da Realidade Virtual (RV) e estão se tornando mais acessíveis graças aos avanços na indústria da computação e possibilitando seu uso no ensino voltado a AEC. Os AV apresenta tudo que os outros programas gráficos oferecem, porém com mais motivação através da busca do estímulo ao aprendiz, provendo a este o exame mais próximo do objeto contido no AV, a participação de deficientes físicos, a maior liberdade de tempo para o aprendiz em contrapartida de horas fixas com aulas, a participação ativa ao invés da passiva e permite uma experiência de aprendizado multiperceptiva. Vale lembrar que a RV não vai solucionar todos os problemas de educação, mas é possível mostrar ao educador/instrutor/professor que a existem opções além da sala de aula (Pasqualotti 2000, Seabra e Santos 2005).

Este trabalho estuda o desenvolvimento de um AV protótipo como ferramenta complementar de aprendizagem adaptada a essa nova geração. O AV protótipo é voltado a RV world on window ou desktop (através de um notebook) onde um usuário por vez pode experimentar um treinamento virtual de uma atividade típica da construção civil brasileira: a sequência de montagem de uma fôrma para moldar um pilar de concreto armado. A escolha deste tipo de RV está no fato do custo elevado em construir um AV imersivo, proporcionar certa facilidade ao educador/instrutor/professor e/ou aprendiz em programar somente a atividade simulada ao invés de se gastar horas em programação/sincronização de malhas de física com dispositivos de interatividade mais avançados. Porém o ambiente protótipo pode ser adaptado uma RV semi-imersiva (acoplando o notebook a um projetor 3D, por exemplo). O uso de uma biblioteca de visualização científica como o VTK pode proporcionar a visualização de grandezas relacionadas ao tema de AEC além da própria simulação. A validação do AV ocorrerá através da exposição deste aos alunos dos primeiros anos de graduação em AEC que irão avaliar o AV.

Este artigo está organizado da seguinte forma: no capítulo 1 foi apresentada a justificativa da pesquisa, no capítulo 2 serão apresentados conceitos relacionados à pedagogia em AEC e sua relação com RV, o capítulo 3 discute como foi desenvolvido o AV protótipo e a metodologia que será usada para a validação na aprendizagem e uma conclusão será apresentada no capítulo 4.

2. Aprendizagem e Ensino em AEC

2.1. Perspectiva construtivista no uso de AV como ferramenta de aprendizagem

O construtivismo tem sua base fundamentada nas pesquisas do biólogo suíço Jean W. F. Piaget e faz parte do conjunto de correntes teóricas comprometidas em ilustrar como a inteligência humana se desenvolve. Parte do princípio que o incremento da inteligência humana é um resultado das ações recíprocas entre o indivíduo e o meio. Considera a hipótese do homem não nascer inteligente e também não é um indivíduo passivo diante da influência que o meio pode proporcionar, ou seja, ele responde aos estímulos externos que atuam sobre ele para construir o seu próprio conhecimento, cada vez mais organizado e elaborado (Lopes 1996). No construtivismo o instrutor ou educador não é visto como um condutor do aprendizado, mas um facilitador que pode provocar situações que irão contribuir para o enriquecimento do meio ao qual o aprendiz irá interagir para desenvolver o seu conhecimento (Weiss and Cruz 2001).

Conforme esta teoria o indivíduo pode construir seu conhecimento através das suas ações físicas ou mentais sobre os objetos que estão contidos no meio e isto provoca um desequilíbrio neste indivíduo. Como resultado acontece o processo de assimilação dessas ações ou os processos de acomodação e assimilação para então o indivíduo construir suas estruturas mentais denominadas de esquemas. Em outras palavras, uma vez que o indivíduo não consegue captar e organizar o objeto (cognitivamente) do meio para ampliar seus esquemas, ou seja, proceder com a assimilação, ele tenta fazer uma modificação ou acomodação de um esquema em função das peculiaridades do objeto para depois proceder com o processo de assimilação e finalmente, atingir o equilíbrio. O indivíduo constrói e reconstrói sucessivamente seus esquemas cognitivos para chegar cada vez mais ao equilíbrio (Lopes 1996, Moraes 2003).

McLellan (1996) comenta que os AV são uma poderosa ferramenta educacional para o aprendizado quando se utiliza a perspectiva construtivista, pois os dados não são percebidos como uma lista numérica oriunda de uma simulação, mas sim como um ambiente que envolve o indivíduo ou aprendiz de tal forma a contribuir no processo da construção do seu conhecimento através da exploração intuitiva. Num AV o indivíduo faz o mundo e cuida dele, pode interagir e aprender por meio de tentativas e de forma segura e ainda, experimentar as possíveis consequências para então construir seu conhecimento, tanto individual como coletivo. Este conhecimento pode ganhar maior potencialidade quando os próprios aprendizes se empenham em criar AV, pois conforme Flannery e

Krauchunas (2000) os aprendizes provavelmente criam novas ideias quando estão comprometidos ativamente em criar novos projetos e compartilhar com outros, sendo uma importante experiência no sentido de poderem confirmar ou não suas hipóteses.

O emprego de um AV como ferramenta de aprendizagem é sugerido quando ocorrem as seguintes situações: a) quando o ensino ou o treinamento no mundo real oferece um perigo tanto para o aprendiz como para o meio ambiente, há inconveniência de ensinar ou treinar no mundo real, ou quando é impossível por em prática; b) um modelo irá treinar ou ensinar com a mesma eficiência quando se dispõe de uma aprendizagem no mundo real; c) a interatividade proporcionada pelo AV pode ser considerada motivadora; d) desenvolver um AV é objeto de importância para a construção da aprendizagem; e) vencer algumas barreiras como introspeção ou dar oportunidade aos aprendizes que tenham alguma deficiência para fazerem experimentos e tarefas ao qual não poderiam realizar ou participar (Pantelidis 1998).

2.2. Trabalhos relacionados a aprendizagem em AEC através de RV

Haque (2001) da Universidade de Texas A&M, nos EUA, desenvolveu um AV não-imersivo para o ensino de estruturas de concreto armado a ser aplicado aos alunos do curso de Engenharia Civil usando os recursos da internet combinados com a linguagem de programação JAVA e os formatos HTML e VRML. O AV desenvolvido foi estruturado e modulado conforme conteúdo e nível de conhecimento do usuário sobre o tema e dividido em cinco conceitos de visualização, sendo eles: apresentação do material didático em HTML, visualização e animação tridimensional de estruturas usando o formato GIF, imagens manipuladas com indicações e informações, simulação interativa proporcionada ao usuário quando este pode alterar a intensidade de certas ações sobre uma estrutura virtual, navegação em ambientes que representam algumas peças estruturais.

Santos e Duarte (2005) na Universidade de São Paulo, Brasil pesquisaram o impacto de tecnologias de RV, em particular a Realidade Aumentada, interatividade com datagloves e visualização estereoscopia para se desenvolver um AV onde alunos dos primeiros anos de cursos como Engenharia e Arquitetura, em especial aqueles que cursam a disciplina de Geometria Descritiva pudessem desenvolver a capacidade de visualizar elementos tridimensionais e assim não abandonassem tais cursos.

Na Universidade da Califórnia, nos EUA, foi desenvolvida uma sala de aula conceitual chamada de vizclass que utilizava algumas tecnologias de RV para serem aplicadas ao processo de aprendizagem da disciplina de método dos elementos finitos aos alunos de engenharia civil, num período entre 2003 e 2005. Este ambiente de aprendizagem contava com um software de simulação de terremotos em sistemas de engenharia, um software de visualização para os resultados do método dos elementos finitos, três telas touch screen whiteboard 2D de 72 polegadas, um projetor estereoscópico, um cluster de 8 núcleos, um trackball, um teclado wireless e um sistema de som surround. Foi adotada a seguinte metodologia para avaliar a pedagogia: os alunos e o professor foram submetidos a um questionário avaliando o processo de aprendizagem. Os resultados obtidos apontam um melhor desempenho por parte dos alunos, gerando melhores trabalhos, mais interesse e comprometimento com os deveres propostos pelo professor da disciplina. Ainda, o professor da disciplina relatou uma melhoria na abordagem da disciplina, aumentando a capacidade de expor o conteúdo, além de acréscimo do estímulo às discussões dentro e fora da sala de aula e um entusiasmo ao usar o whiteboard e desconforto ao usar o trackball (Grimes et al, 2006).

A Escola de Construção da Universidade do Mississippi do Sul, nos EUA, usou ferramentas de RV e games 3D para auxílio pedagógico no ensino de arquitetura ao introduzir aos alunos duas disciplinas: modelagem 3D e animação e RV aplicada. O objetivo era evoluir as habilidades destes alunos na visualização tridimensional com o uso de fotorrealismo em navegação em tempo real através do ensino de ferramentas como engine C4Engine (Theraton Software), SketchUp (Google) para modelagem geométrica e Artlantis (Abvent Group) para gerar de fotorrealismo e animação e uma ferramenta para criação de ambientes virtuais desenvolvida sobre a engine C4Engine (Theraton Software) chamada BuildIT4. O estudo focalizou no feedback dos alunos depois de cursarem as disciplinas já citadas, tendo como resposta a motivação e capacidade dos alunos em usar RV em exemplos de arquitetura e ainda, necessidade de melhores hardwares e certo desconforto no uso das ferramentas por estarem acostumados com softwares CAD (Shiratuddin e Fletcher, 2007).

Sampaio (Sampaio, Henriques e Martins 2008) aponta a necessidade de novas formas de ensino para os cursos de engenharia civil, visando proporcionar aos alunos uma melhor forma de entendimento sobre a relação entre etapas, tarefas, prazos e processo construtivos envolvidos numa construção real. Através de dois modelos virtuais, uma parede típica de um edifício e uma construção de uma ponte, especialistas nestas áreas foram consultados para auxiliar no desenvolvimento dos modelos buscando a acurácia bem como a eficiência para a didática. A pesquisa aplicava softwares para RV (EON Studio) e modelagem tridimensional por computador (AutoCad) para explicar a evolução dos modelos

reais usando RV. Alunos dos cursos de desenho técnico, processos construtivos e pontes podiam interagir com os modelos selecionando quantidades, alterando dimensões, controlando cronogramas e prazos e a maneira de construção.

A concessionária de energia paranaense COPEL em parceria com a Universidade Federal do Paraná e o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) desenvolveram um ambiente virtual cujo objetivo era o desenvolvimento e modelagem de um treinamento de atividades de manutenção em linha viva utilizando técnicas de RV, estabelecendo um novo modelo de treinamento ao complementar o processo existente. O ambiente foi desenvolvido usando o toolkit de código aberto chamado OpenSceneGraph, a simulação de física foi implementada usando Bullet Physics, duas TV Mitsubishi de 72", modelagem geométrica usando o 3D Studio Max (Autodesk) e dispositivos de interatividade através do Wiimote (Nintendo) (Buriol et al, 2009).

Na Universidade Pennsylvania State, EUA foi desenvolvida experiência com AV em torno de um estudo de caso, o hotel de MGM Grand em Las Vegas, Nevada. Através do desenvolvimento de um software chamado Virtual Construction Simulator 4D (VCS4D) com base na engine Deep Creator (conhecida atualmente como Esperient Creator), dez grupos de estudantes de engenharia foram solicitados para desenvolver uma cronograma com o caminho crítico da produção para um piso do hotel e seus componentes, incluindo paredes, assoalhos, peças e conexões estruturais. Como conclusão a interatividade adicionada no VCS4D ajudou estudantes em desenvolver cronogramas com mais qualidade e forneceu uma experiência de aprendizagem agradável. A execução de VCS4D provou também incentivar o trabalho colaborativo em grupo e promovendo maior geração de soluções com a melhor visualização de processos da construção (Nikolic, Messner e Anumba 2010).

O curso de arquitetura e o curso de ciência da computação da Universidade Federal do Ceará, Brasil estão desenvolvendo um projeto de ensino chamado de imagem espaço – imagem objeto. Através da RV imersiva procura-se envolver o aluno no exercício de explorar soluções para projetar espaços arquitetônicos. O projeto está configurado para pesquisas de novas estratégias para percepção de espaços imersivos, o uso de modeladores tridimensionais, metodologia BIM e oficina para prototipagem da construção (Cardoso et al 2010).

Um sistema está em desenvolvimento como um recurso de aprendizagem e de ensino com um grande grupo de estudantes de gerência da construção da Universidade de New South Wales, Austrália. A análise é usada para investigar um dado projeto específico e as opções da construção. Através da modificação da engine CryENGINE 2, os alunos exploram a possibilidade de diversas ferramentas para a construção de residências (Newton e Lowe, 2011).

Lin et al (2011) propõe um AV detalhado para treinamento de segurança em canteiros de obra onde estudantes de AEC assumem o papel de inspetores da segurança e andam o local do jogo para identificar perigos potenciais. O jogo foi projetado com as características tais como realismo, self-learning, não linearidade, interatividade através do uso da engine do Torque 3D para executar o sistema do jogo, modelagem geométrica usando 3DS MAX (Autodesk) assim como MilkShape 3D (Chumbalum Soft) foi usado para criar os objetos 3D não disponíveis. Os resultados de testes com alunos indicaram que com jogo aumentou o interesses de aprendizagem, apreciaram a aprendizagem em si e foram motivados a atualizar seus conhecimentos em segurança.

3. Implementação do Protótipo do Ambiente Virtual

3.1. Considerações iniciais

Para a implementação do AV protótipo foi usado o compilador Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition que serviu como IDE e a biblioteca Visualization Toolkit (VTK) versão 5.4 (Kitware Inc.) para gerar a visualização e criar a interatividade na cena no AV protótipo. O VTK é uma biblioteca orientada a objetos com mais de 700 classes pré-compiladas em linguagem C++ e vem se destacando no campo da visualização científica. A modelagem geométrica do canteiro de obras foi desenvolvida usando 3DS Max (Autodesk) que permitem a criação de cenas virtuais com certa facilidade além de oferecer ferramentas para exportar a malha geométrica dos objetos da cena num formato que seja compatível com o VTK. Por último, o AV protótipo foi testado em um notebook equipado com um processador Intel Core i7-2630 2 GHz, memória RAM de 6GB, sistema operacional Microsoft Windows 7 64 bits, uma placa de vídeo NVIDIA GeForce GT 540M.

O AV protótipo inicializa com uma tela de apresentação e demais telas surgem em sequência para informar ao usuário sobre as características da atividade através de ilustrações e texto informativo (figura 1). Por último, é carregada a cena com o canteiro de obras virtual. No canto superior direito da janela de visualização da cena existe uma legenda que informa ao aprendiz o que ele deve fazer durante a atividade, indicando qual a peça na sequência e sua localização no canteiro de obras virtual (Figura 2). Durante a simulação, usa-se o mouse para navegar e escolher uma peça relacionada à sequência de montagem. Para cada peça selecionada, existe outra peça idêntica na cena, em cor magenta, que indica ao usuário a posição que a peça escolhida deve ser locada. Sucedem-

se com estes passos até o término da simulação da atividade de montagem da fôrma.



Figura 1: Exemplo da tela de apresentação (esquerda) e tela informativa (direita).



Figure 2: View of the virtual construction site and the legend with information about the sequence of activity

3.2. Descrição da cena virtual

A cena consiste em um canteiro de obras cercado por edificações e ruas. Este é delimitado por um tapume. No canteiro de obras possui um alojamento, um almoxarifado e uma estrutura em concreto armado que está em execução. A estrutura é composta por oito pilares sendo que sete já se encontram prontos. A simulação consiste em montar uma fôrma para moldar o último pilar de concreto conforme as técnicas de construção. As peças da fôrma estão no canteiro de

obras.

3.3. Simulação da tarefa a ser executada

Um empreendimento relacionado à construção civil relaciona um conjunto de atividades conforme a finalidade do empreendimento, da equipe responsável pelo empreendimento e quais técnicas construtivas serão eficientes para resultar num produto com maior qualidade. Mesmo quando se procura padronizar as atividades de construção em função de normas e padronizações conceituadas cientificamente, é difícil verificar uma única abordagem para certas atividades. Durante a implementação do AV protótipo foram encontrados pelo menos seis formas de execução de fôrmas de madeira conforme as recomendações do boletim técnico n. 50/1943 da Associação Brasileira de Concreto Portland (ABCP) e suas diretrizes são: a) execução das fôrmas conforme as dimensões das peças de concreto descritas no projeto estrutural; b) a fôrma deve possuir rigidez suficiente para não ocasionar defeitos na moldagem das peças de concreto; c) evitar perda do cimento durante o molde da peça com concreto (concretagem) observando a estanqueidade da fôrma; d) as fôrmas devem estar projetadas para permitir a retirada das partes da mesma com facilidade, devem ser executadas permitindo o maior número de reutilizações (Junior et al 2000).

A metodologia adotada para simular o procedimento construtivo foi baseada no sistema GETHAL (Junior et al 2000, Yazig 2009), no qual são utilizadas chapas de madeira compensada com espessuras de 18 mm para painéis e retos e 12 mm para painéis curvos, havendo alguns procedimentos de execução: a) painéis enrijecidos por sarrafos duplos de 1"x4" ou caibros de 3"x3" e travados por barras de ancoragem (tirantes); b) gravatas moduladas por sarrafos e encaixes metálicos; c) placas com peças metálicas e revestida com madeira compensada. Foi adotado para a simulação o modo de execução descrito em (a). A sequência de montagem implementada no AV é a seguinte: posicionar o gastalho (peça que serve de gabarito conforme dimensões do pilar), posicionar um painel, travar este painel com travas de madeira, posicionar os dois painéis que são perpendiculares ao primeiro painel, posicionar a armadura, fechar com o último painel, travar a fôrma com os demais painéis, travar os painéis com tensores (peças metálicas para dar rigidez à fôrma quando ocorre o lançamento do concreto).

3.4. Implementando o ambiente virtual

A modelagem geométrica dos objetos que pertencem à cena emprega o uso de malha com elementos triangulares para superfícies curvas e malha com elementos quadrilaterais para objetos com superfícies não curvas. Foi usado o formato OBJ (Wavefront Technology) para exportar as malhas dos objetos. A classe vtkOBJReader do VTK permite importar objetos geométricos neste formato porém não foi achado uma método para importar o material relativo ao objeto. Esta classe é um source object cuja saída é um polygonal data que será mapeado através do vtkPolyDataMapper que transforma os dados em primitivas gráficas. Cabe a classe vtkActor representar as primitivas gráficas na cena renderizada. Apesar de o VTK suportar o formato VRML (Virtual Reality Modeling Language é um formato típico usado em RV) através da classe vtkVRMLImporter, não há suporte para todos os nodes do VRML, especialmente o node ImageTexture responsável pela aplicação da textura. O VTK oferece ainda a classe vtk3DSImporter que herda os métodos da classe vtkImporter para gerenciar importação de arquivos em formatos típicos do 3DS Max (geometria e material). Mas como é uma instância da classe vtkRender ele direciona o dataset direto para renderer e dificulta o uso das classes para gerenciar e sincronizar a interatividade.

As texturas são representadas por imagens 2D no formato JPEG (Joint Photographic Experts Group) essas importadas através da classe vtkJPEGReader que é também um source object. O mapeamento das coordenadas da imagem para o modelo geométrico são feitas através da classe vtkTexture. Algumas propriedades da textura podem ser ajustadas usando: SetInterpolateOn() para interpolação da textura durante o render, EdgeClampOn() para adaptação da imagem quando ultrapassa o intervalo paramétrico [0,1], SetQualityTo32Bit() para a qualidade da textura. Atualmente o VTK suporta apenas texturas 2D. As instâncias do vtkTexture estão associadas com os atores através do método SetTexture().

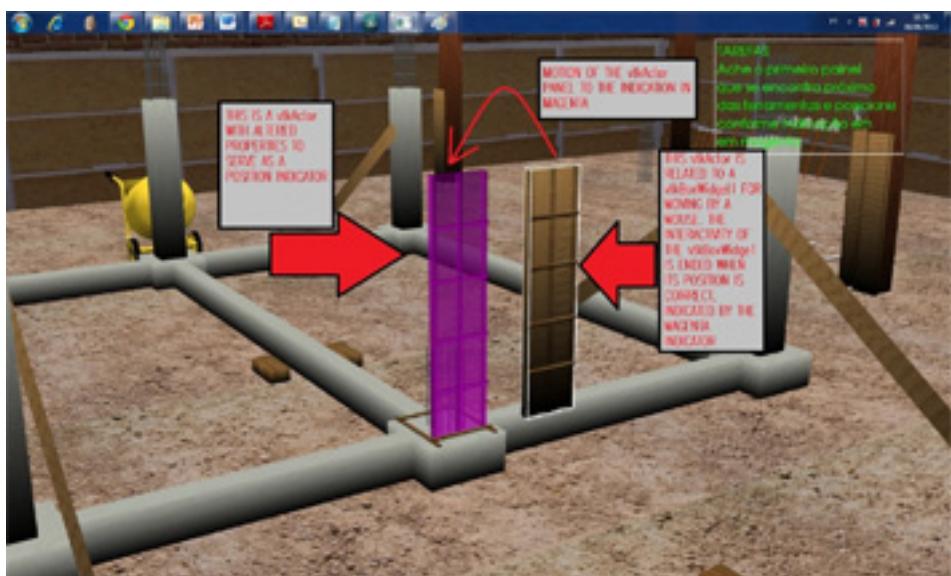
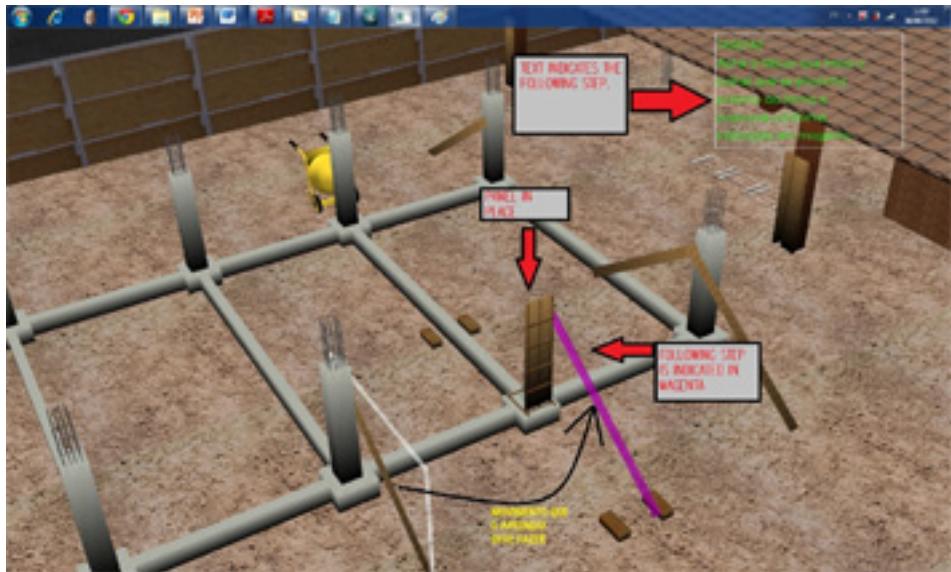
A câmera virtual e a iluminação utilizam as classes vtkCamera e vtkLight respectivamente. Para manipular a câmera virtual através do mouse (rotação, zoom, pan) é utilizada a classe vtkInteractorStyleTrackballCamera. Durante a sincronização entre os objetos modelados e as rotinas de interface e interatividade foram testados os recursos oferecidos pelo VTK na manipulação da câmera virtual. Optou-se por aquele que simula uma navegação fly, pois oferece ao aprendiz maior liberdade tanto para explorar a cena como para executar a atividade ao facilitar a movimentação e locação das peças através das possíveis posições que o usuário pode aproveitar para o seu campo de visão.

Objetos da cena que necessitam de interatividade, como as peças da fôrma, utilizam as classes do 3DWidget. Estas classes são subclasses de vtkInteractor, uma classe abstrata responsável por observar os eventos invocados na janela da classe vtkRenderWindow. Os widgets possuem representação própria na cena renderizada e oferecem diversos tipos de interatividades ao respectivo ator da cena, sincronizados através do método SetProp3D(). Cada widget deve usar o SetInteractor() para especificar qual widget será renderizado.

No AV protótipo foi criado uma classe que herda vtkBoxWidget chamada vtkBoxWidget1 para manipular as peças que servem para montar a fôrma do pilar de concreto. Algumas características da classe: os widget não são visíveis na cena para não atrapalhar a identificação das peças; não são visíveis e não estão ativados os handles e os outlinecursores que alteram escala e rotações indesejáveis; a classe já inicializa a posição do widget na cena.

A movimentação das peças acontece através da interatividade provida por vtkInteractor, vtkCommand, além de 3Dwidgets. Um 3Dwidgets através da classe vtkObject pode observar um evento qualquer através de uma das suas instâncias. Quando observa um evento ao qual está relacionado invoca um comando associado. E o vtkInteractor ao contrário dos 3DWidgets, não possui representação gráfica. Esta classe é a base para o suporte de eventos de controle de atores e câmeras virtuais numa cena, possuindo a maioria das rotinas de controle, tais como interatividade com mouse, joystick, trackball.

A classe criada para interatividade no ambiente protótipo chama-se vtkMyCallback e herda a classe vtkCommand . Possui ponteiros para os atores e widget que representam as peças da fôrma, para os atores que indicam onde a peça deve estar posicionada na cena, chamados de ator indicador e para a legenda, atualizando as informações. Quando uma peça está sendo selecionada ocorre uma comparação entre o widget da cena com o ponteiro da sequência de montagem. Se a comparação resulta em verdadeiro a interatividade é iniciada e a movimentação da peça acontece. Caso retorne falso não existe interatividade com a peça. As coordenadas são salvas por um array conforme a matriz linear de transformação do widget selecionado. Ao posicionar a peça próximo do ator indicador, o ajuste da posição final ocorre automaticamente. A interatividade é encerrada e um novo indicador aparece na cena e assim é liberada uma nova interatividade para a próxima peça da sequência de montagem. Um exemplo deste processo pode ser visto nas figuras 3 e 4.



A legenda, através do `vtkLegendBoxActor` fornece as informações sobre quais peças devem ser selecionadas e posicionadas conforme o ator indicador. As informações são atualizadas conforme o usuário vai posicionando as peças, através do ponteiro da classe `vtkMyCallback` (figura 4).

3.5. Metodologia para validar o AV

Para validar o uso do AV protótipo será exposta uma aula para um grupo de alunos de AEC dos primeiros anos sobre o tema, divididos em pequenos grupos de 5 a 6 alunos que terão a oportunidade para experimentar a simulação. Ao final da seção serão submetidos a um questionário para avaliar a aplicabilidade do AV protótipo. O questionário elaborado é apresentado na tabela 1.

Questões	Avaliação
Executar a tarefa é simples	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Organização da informação	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Confiabilidade do ambiente	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Motivação para aprender	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
O curso deveria investir em tecnologias como esta para ministrar as aulas	SIM NÃO
Qual a sequência para se montar uma fôrma	

Tabela 1: Questionário a ser aplicado aos alunos para avaliar o AV protótipo.

4. Conclusões

Neste artigo foi apresentado conceitos sobre a Realidade Virtual e a atuação no processo de aprendizagem dentro do contexto educacional de arquitetura, engenharia e construção. Ainda foi proposto e desenvolvido um ambiente de treinamento técnico na construção civil que pode servir tanto para auxílio em sala de aula para os alunos compreender a tarefa simulada como também pode ser visto como um gabarito para implementações de outras técnicas e atividades voltadas à construção civil. Porém necessita de testes com alunos de engenharia civil e arquitetura para validar seu potencial no uso de aprendizagem e currículo das universidades.

Referências

- ABNT (2007). **NBR 6118/2007** – Projetos de estruturas de concreto – Procedimentos, Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), 154 p.
- ABNT (1997). **NBR 7190/1997** – Projetos de estruturas de concreto – Procedimentos, Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), 107 p.
- Cef (2012). **Caixa Econômica Federal**, Available at: http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/_programas_habitação/_pcmcvm/saiba_mais.asp. Accessed: 15/01/2012.
- Correio Braziliense (2012). **Correio Braziliense**, Available at: http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2011/08/14/interna_cidadesdf,265443/maior-parte-dos-cursos-procurados-no-df-sao-para-areas-saturadas.shtml. Accessed: 15/01/2012.
- Buriol, T. M., Rosendo, M., Scheer, S., de Geus, K., Felsky, C., and Goulart, J. C.(2009). Proposta de plataforma baseada em realidade virtual para treinamento de atividades em linha viva, XXX CILAMCE - **Congresso Ibero Latino Americano de Métodos Computacionais em Engenharia**, 1–13.
- Cardoso, D., Bonfim, C., Barros, A., Souza, A. (2010). Imagens espaço – imagens objeto: o recurso da imersão nos processos de ensino-aprendizagem em arquitetura, **XIV Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Computacional** - SIGRADI 2010, 85-87.
- Carvalho R. G. (2003). **Mudanças promovidas pela aprendizagem colaborativa e tecnologia da informação em sala de aula na disciplina Sistemas Estruturais**, Thesis (Master), Federal University of Parana, Technology Sector, Graduate Program in Civil Engineering, 112p.
- Flannery, K. A. and Krauchunas, S.(2000). **Virtual cognition lab: a constructivist approach toward learning**, 3rd Workshop on Virtual Reality - Gramado, Rio Grande do Sul.
- Grimes, D., Warschauer, M., Hutchinson, T. C., and Kuester, F. (2006). Civil engineering education in a visualization environment: Experiences with vizclass. **J. Engineering Education (JEE)**, 95, 3, 249-254.
- Haque, M.E. (2001). 3-D Visualization and Animation Techniques in Structural Design Education, the International Conference on IT in Construction in Africa – Construction Information Technology, CIBW78 Conference **Proceedings**, Mpumalanga, South Africa , 2.1 – 2.9.
- Hutchinson T., Kuester F., Kim S., Lu R. (2003). Developing an advanced it-

based visualization classroom for enhanced engineering learning, **International Conference on Engineering Education- Spain**, 1-9.

Junior C. C., Okimoto F., Stamato G. C. and Pfister G. (2000). SET 613 - **Formas de madeira para concreto armado**, Booklet (USP editor), University of São Paulo, School of Engineer of São Carlos.

Katheleen A., Flannery K. A., Krauchunas S. (2000). **Virtual cognition lab: a constructivist approach toward learning.**" 3rd Workshop on Virtual Reality in RGS -Brazil, Federal University of Rio Grande do Sul.

Kitware (2004). **The VTK user's guide:** Updated fo VTK Version 4.4, Kitware Inc., 332 p.

Lin, K., Son, J. and Rojas, E. (2011). A pilot study of a 3d game environment for construction safety education, **Journal of Information Technology in Construction - ITcon** Vol. 16, 69 – 84.

Lopes, J. (1996). Jean Piaget, **Journal Revista Nova Escola**, ano XI ,n. 95.

McLellan H. (1996). **Virtual realities**, Handbook of research for educational communications and technology (D, Jonassen, editor), 457–487.

Moraes, R. (2003). **É possível ser construtivista no ensino de ciências?** Construtivismo e ensino de ciências – reflexões epistemológicas e metodológicas, 2^a edição, (EDIPUCRS editor), Pontifical University of Rio Grande do Sul, Brazil, 103 – 130.

Newton, S. Lowe, R. Using an analytics engine to understand the design and construction of domestic buildings, **Proceedings of RICS** - Construction and Property Conference - COBRA 2011, Manchester: RICS, 410-419.

Nikolic, D. LEE, S. Messner, J. I. Anumba, C. (2010). The virtual construction simulator: evaluating an educational simulation application for teaching construction management concepts, **Proceedings of the CIB W78** 2010: 27th International Conference, Cairo, Egypt.

Pantelidis, V. (1998). **Reasons to use virtual reality in education.** Available at: <<http://eastnet.educ.ecu.edu/vr/reas.html>>, Accessed: 15/01/2011.

Pasqualotti A. (2000). **Ambientes VRML para o ensino-aprendizagem de matemática:** modelo conceitual e estudo de caso, Thesis (Master), Federal University of Rio Grande do Sul, Institute of Informatics, 99p.

Pompeu R. C. (1999). **Um estudo sobre ambientes virtuais de apoio ao ensino e aprendizagem de resistência dos materiais,** Thesis (Master), Federal University of Paraná, Department of Exact Sciences and Technology, Graduate Program in Numerical Methods in Engineering, 90p.

Rezende, R. B. (2010) **Uma visão sobre o uso de fôrmas e escoramentos utilizados em cidades de grande, médio e pequeno porte do Brasil Central e as novas diretrizes normativas**, Thesis (Master), Federal University of Uberlandia, 164 p.

Sampaio, A.Z., Henriques, P.G. and Martins, O.P. (2008). Virtual Reality Technology Used in Civil Engineering Education, **The Open Virtual Reality Journal** 2,18-25.

Seabra, R. D. and Santos, E. T. (2005). Utilização de técnicas de realidade virtual no projeto de uma ferramenta 3d para desenvolvimento da habilidade de visualização espacial, **Revista Educação Gráfica** n. 9, São Paulo, Brazil, 111 – 122.

Schroeder W. J., Avila L. S. and Hoffman, W. (2000). Visualizing with VTK: a tutorial, **IEEE Computer Graphics and Applications**.20 - 28.

Schroeder W., Martin K. and Lorensen B. (2004). **The Visualization Toolkit: an object-oriented approach to 3D graphics** 3rd. edition, Kitware Inc.

Shiratuddin, M. F. and Fletcher, D. (2007). Utilizing 3d games development tool for architectural design in a virtual environment, **7th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality** - October 22-23, 20 - 27.

Téchne (2012). Available at: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/134/artigo89320-1.asp>, Accessed: 25/03/2012.

Tribuna do Norte (2012). **E-Journal Tribuna do Norte**. Available at: <http://tribunadonorte.com.br/noticia/engenharia-civil-e-a-mais-procurada-por-alunos-de-ct/215237>, Accessed in: 19/03/2012.

UNISANTA (2012). **E-Journal of University of Santa Cecilia** - UNISANTA online. Available at: <http://www.online.unisanta.br/2012/03-24/campus-4.htm>, Accessed: 25/03/2012.

Veja (2009). Available at: <http://veja.abril.com.br/111109/reconstrucao-uma-carreira-p-174.shtml>, Accessed: 15/01/2012.

Veja (2011). Available at: <http://veja.abril.com.br/noticia/economia/brasil-produz-19-milionarios-por-dia-aponta-revista-forbes>, Accessed: 15/01/2012.

Weiss, A. M. L. and Cruz, M. L. R. M. (2001). A informática e os problemas escolares de aprendizagem, 3^a edição (DP&A editor), Rio de Janeiro, Brazil.

Yazig W. (2009). **A técnica de edificar** - revisada e atualizada, 10^aed., Editora Pini.

Capítulo 6. Potencial da BIM em processo de licenciamento de obras

Potencial de implementação da BIM no processo de aprovação de projetos de edificação na Prefeitura Municipal de Curitiba

Juliana Maria Romero
Sérgio Scheer

Resumo

Proposta: Discutir o emprego da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na Construção nos serviços municipais de planejamento urbano. Método de pesquisa/ Abordagens: Building Information Modeling (BIM) é uma abordagem para o uso intensivo do computador na gestão da informação produzida e utilizada durante o desenvolvimento de edificações. A sua principal ferramenta é um modelo digital integrado do edifício, que é compartilhado entre os responsáveis pelos diferentes projetos, e aprimorado durante o decorrer do desenvolvimento. A pesquisa descrita buscou, através da tecnologia associada a BIM, investigar como garantir agilidade nos procedimentos das aprovações de projetos de edificações, estabelecendo a aplicação de um método de estudo de campo, tendo como objeto a Prefeitura Municipal de Curitiba PMC, através do Departamento de Controle de Edificações. Resultados: Propostas de melhorias nos processos de aprovação de projetos de edificação, com a implantação de novas possibilidades de uso da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), utilizando as potencialidades oferecidas pela tecnologia BIM e o levantamento das principais barreiras no que tange ao processo de licenciamento de projetos pela Prefeitura Municipal de Curitiba PMC. Contribuições/Originalidade: Observações sobre o emprego da abordagem BIM no contexto de aprovações de projetos de edificações em prefeituras municipais.

Originalmente publicado em: ROMERO, J. M. ; SCHEER, S. . Potencial de implementação da BIM no processo de aprovação de projetos de edificação na Prefeitura Municipal de Curitiba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E IX WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 2009, São Carlos. **E-anais do I SBQP e IX WBGPPCE...** São Carlos : Rima, 2009. v.1. p.583-590.

1. Introdução

Para todo e qualquer tipo de empreendimento, seja ele uma construção nova ou reforma de algo existente, faz-se necessária sua aprovação em órgãos públicos. Para essa aprovação, são feitas várias análises, em diferentes órgãos e setores, visando atender toda legislação urbana existente, objetivando sempre a qualidade de vida dos cidadãos em sua cidade. Para que isso aconteça, são realizados inúmeros procedimentos burocráticos, complexos e, em sua maioria defasados e demorados, o que muitas vezes ocorre é que os próprios cidadãos burlam as aprovações necessárias ou pressionam os órgãos envolvidos para agilizar seus processos, furar filas, etc (LIMA; FABRÍCIO; FIRMINO, 2007). As crescentes pressões por agilidade na gestão pública levam à necessidade de aprimorar a relação e a eficiência do poder público com os cidadãos e agentes privados no sentido de potencializar oportunidades de novos empreendimentos urbanos e uma relação mais eficiente com a sociedade. Essa necessidade de controle mais rigoroso ao mesmo tempo em que a sociedade demanda maior transparéncia nos critérios, processos mais ágeis de tramitação das aprovações de novos empreendimentos apontam para a necessidade de novos métodos de gestão mais eficientes e orientados ao uso das TICs (BITTAR; FIRMINO; FABRÍCIO, 2007).

O desenvolvimento e uso de modelos baseados no computador, para o setor de AEC, vêm sendo discutidos em pesquisas internacionais e comunidades de desenvolvimento há algum tempo. Diferentes termos e conceitos são usados para dar significado a estes modelos e sistemas de modelagem. Recentemente, o conceito de modelo de informação do edifício (BIM), modelos nD e ambiente virtual do edifício (VBE) foram acrescentados para a terminologia para descrever modelos de informação para o setor de AEC (JONGELING et al., 2005). Building Information Modeling (BIM) é uma nova abordagem para o uso do computador na gestão da informação produzida e utilizada durante o desenvolvimento de edificações. A sua principal ferramenta é um modelo digital integrado do edifício, que é compartilhado entre os responsáveis pelos diferentes projetos, e aprimorado durante o decorrer do desenvolvimento. Por conter uma estrutura de dados semântica, onde a natureza dos elementos do projeto é representada e interpretada inequivocamente, o modelo pode fornecer aos projetistas representações, análises e quantitativos automaticamente, a partir do processamento da sua geometria e associação com informações complementares. A utilização desses modelos aumenta a qualidade da informação e reduz a necessidade de comunicações complementares, o que pode ser de grande interesse para os processos de aprovação de projetos em órgãos públicos. Esse potencial já foi reconhecido pela GSA, o órgão americano

que administra os edifícios públicos nos Estados Unidos, e também por algumas municipalidades na Europa. Nesses casos, passou-se a exigir modelos de edifícios como documentação do projeto, em substituição aos conjuntos de desenhos bidimensionais. Para Birx (2006), definir CAD BIM apenas como uma nova ferramenta de desenho pode reduzir os impactos positivos dessa inovação. BIM deveria ser considerada uma evolução do processo de projeto, tendo em vista as novas possibilidades de visualização e processamento da informação.

No presente estudo a ênfase é dirigida para os serviços de gestão urbana. O foco está nos processos de licenciamento, verificando dentro da legislação urbanística municipal quais as relevâncias de uma análise de projeto dentro de uma estrutura de dados no formato BIM, procurando tornar a aprovação de projetos um serviço mais ágil.

Para desenvolver o trabalho foi realizado um estudo na Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC), dentro do Departamento de Controle de Edificações. Foram realizadas entrevistas junto ao diretor responsável pelo departamento e também junto a outros agentes ligados ao processo de aprovação de projetos. Foram realizadas também, observações e análises de documentos relacionados ao processo de aprovação.

O estudo analisa, através dos profissionais do Departamento de Controle de Edificações, as dificuldades encontradas durante as correções dos projetos, principalmente relacionadas à limitação do meio impresso. Posteriormente faz considerações a respeito de como essas correções seriam resolvidas caso lhes fossem fornecidos os modelos BIM dos projetos propostos e, finalmente, levantando as barreiras na aprovação de projetos na PMC.

2. Aprovação de Projetos para Construção na PMC

A análise de projetos de construção visando à obtenção de alvará de construção é efetuada pela Secretaria Municipal de Urbanismo, atendendo-se aos parâmetros construtivos relevantes, estabelecidos pela legislação vigente.

O projeto a ser submetido à aprovação deve atender a todas as exigências do Decreto N.º 212/2007, Legislação Municipal, Estadual e Federal e Normas Técnicas Brasileiras vigentes. A Prefeitura Municipal de Curitiba disponibiliza em sua página da Internet, todas as informações necessárias para que o projeto possa ser aprovado.

Os projetos são analisados em núcleos específicos de acordo com sua

localização. Estes núcleos são espécies de subprefeituras, encarregadas de realizar diversos serviços nos bairros de cada uma das nove regiões em que Curitiba está administrativamente subdividida.

O núcleo pesquisado foi o da matriz, onde são analisado projetos desta regional e projetos complexos que necessitam de Relatório Ambiental Prévio – RAP. Neste núcleo trabalham sete profissionais que estão envolvidos na análise dos projetos. Em média, a análise leva em torno de sete dias úteis.

2.1. Fluxo de Processo para obtenção do Alvará de Construção

O fluxo é iniciado pelo profissional responsável ou pelo proprietário, que entra com a documentação do projeto para aprovação na Secretaria Municipal de Urbanismo, junto a seção de protocolo.

Nas entradas e saídas de cada departamento os projetos são registrados no sistema, a fim de que se possa verificar e comunicar ao interessado em que fase encontra-se o processo e quem é o responsável. O registro também auxilia, no caso de uma segunda análise, para encontrar o responsável pela primeira análise e assim fazer com que o projeto seja avaliado pelos mesmos critérios.

Após a entrada no protocolo, os projetos, que são recolhidos, são levados ao departamento de urbanismo, construção e edificações (UCE) para distribuição aos devidos responsáveis. Distribuídos os projetos, esses são encaminhados aos analistas responsáveis, que incluem cinco engenheiros, um arquiteto e um diretor. Para a análise, os responsáveis, baseiam-se na legislação Municipal de Zoneamento de Curitiba (Decreto 212/2007), utilizando um check list.

Terminada a análise, o projeto é arquivado para posteriormente ser levado ao protocolo. Então poderá ser retirado pelo profissional de arquitetura que deverá apresentar o comprovante de entrega do documento no protocolo.

A aprovação ou não do projeto na prefeitura pode ser verificada pela internet, através do número do protocolo.

O projeto vai para uma segunda análise, o que geralmente ocorre, quando não atende os itens da legislação, quando os desenhos estão sem as devidas especificações pedidas pela Prefeitura de Curitiba e/ou quando ocorre à falta de algum documento solicitado pela Prefeitura. Nesse caso, o processo é o mesmo que a primeira análise, completando com a análise e deferimento do processo e por fim a emissão e assinatura do alvará, se tudo estiver correto.

2.2. Apresentação do Projeto

A Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU) pede que o projeto seja apresentado com planta de implantação, plantas dos pavimentos, cortes (mínimo dois: longitudinal e transversal), elevações, planta de cobertura e perfis do terreno.

Todos os projetos os projetos para análise e aprovação deverão obedecer às normas técnicas brasileiras especificadas na NB-8, que regulamenta o tamanho tolerado das pranchas em A-0. Deverão conter um quadro de identificação/legenda no canto inferior direito.

Para dar entrada com o projeto para aprovação é necessário ter os seguintes documentos, que nesse caso, não considera a incidência de outros órgãos no processo de tramitação:

- Para primeira análise – uma (1) cópia do projeto arquitetônico;
- Registro do imóvel atual;
- Guia amarela (documento que disponibiliza ao cidadão informações sobre imóvel);
- ART de projeto e execução;
- Certidão Negativa ISS do autor e responsável técnico;
- Estatística emitida pela análise prévia, via internet, do SAAP (Sistema Auxiliar de Aprovação de Projeto).

Caso verifique-se a incidência de outro tipo de restrições, na guia amarela do projeto, é necessário, além dos documentos acima, o visto do órgão responsável e, consequentemente, para a aprovação nesse órgão é preciso verificar os documentos solicitados por este.

3. Análise dos Projetos e Contribuições na Implementação da BIM

Baseado na caracterização do processo de análise de projetos e licenciamento realizado pela Prefeitura Municipal de Curitiba, foi verificada a situação atual do processo de aprovação dos projetos de edificações. Posteriormente foi buscada contribuição sobre a utilização do enfoque/tecnologia BIM, que permite usar modelagem de informações de projeto de edifícios integrada aos desenhos e

informações tradicionais.

A pesquisa aborda a comparação de um projeto na forma de análise tradicional com a análise do mesmo projeto com informações em uma estrutura de dados BIM. Assim, inicialmente diagnosticando as eficiências e deficiências nas comparações das diferentes formas de apresentação de um projeto para análise e, depois, procurando obter novos meios de análise de projetos baseados na Tecnologia da Informação foi possível utilizando da modelagem BIM buscar melhorias do trâmite de processos na PMC, resultando em recomendações sobre a possibilidade da utilização da tecnologia pela PMC.

3.1. Elevações

As elevações elaboradas apresentadas da forma atual às vezes não são suficientes para a visualização de determinado aspecto do projeto, sendo necessário mais que uma elevação.

O princípio da modelagem BIM é auxiliar no processo de criação e gerenciamento de informações relacionadas à construção, de modo integrado, reutilizável e automatizado, gerando um modelo digital do edifício ao invés de uma série de desenhos (LEE et al., 2006). Assim, com adequado uso de modelo BIM, o verificador tem condições de visualizar todas as elevações do projeto.

3.2. Cotas de nível

Os projetos são apresentados muitas vezes sem cotas, ou com cotas diferentes tendo o verificador que solicitar para o profissional demarcá-las, ocasionando demora no trâmite do projeto.

Na modelagem BIM, as cotas de nível são geradas ao modelar a edificação e visualizadas em todo seu contexto.

3.3. Medidas

As medidas não são suficientes, ou faltantes tendo o verificador tem que solicitar para o projetista que as forneça de forma comprehensiva.

Em um modelo BIM é gerado um arquivo onde todas as características de um objeto de projeto são geradas e transmitidas, obtendo-se ao clicar no objeto

todas as dimensões referentes a este.

3.4. Cortes

Os cortes enviados não são suficientes para a visualização de determinados aspectos relevantes dentro da legislação, ou o corte é apresentado de forma errada.

Na BIM o verificador tem condições de visualizar todos os cortes pretendidos da edificação, onde são transmitidas as reais características do objeto, diminuindo a incidência de erros.

3.5. Sobreposição de pranchas

Os projetos são elaborados de uma forma onde ocasionalmente as sobreposições dos pavimentos não conferem ou não são claras para o verificador faltando elementos.

Na BIM a edificação é modelada como um todo. A visualização total e parcial é facilitada. É possível realizar análises mais consistentes de cada pavimento em relação a outro de interesse, facilitando a conferência de detalhes, diminuindo possíveis erros e a falta de elementos.

3.6. Cálculo de áreas

Ocasionalmente as áreas especificadas não conferem com as reais áreas do projeto, tendo o verificador que solicitar novas correções. Além de tudo o cálculo de áreas é um item que necessita de especial atenção levando mais tempo para análise.

Com a utilização da modelagem BIM o verificador tem a possibilidade de verificar a área de determinado local ou da edificação com maior precisão e agilidade.

3.7. Correções

Dependendo da solicitação de correção pelo verificador, é necessário alterar vários elementos do projeto, como escada, elevações, dentre outros. Isto faz com que alguns desses elementos passem desapercebidos pelo projetista e, eventualmente, atrasem o trâmite do projeto.

Na modelagem BIM, os elementos construtivos são paramétricos, interconectados e integrados. Com o aprimoramento das capacidades de parametrização contidas nos sistemas de CAD baseados em BIM é possível alterar seus componentes já modelados e obter atualizações instantâneas que repercutem em todo o projeto. A consequência disso é a diminuição dos conflitos entre elementos construtivos, a facilitação das revisões e o aumento da produtividade.

4. Barreiras na Aprovação de Projetos na PMC

Observa-se que a maior parte do tempo de permanência despendido, que poderia ser evitado, ocorre logo na primeira fase de análise do projeto. Poderiam ser melhor evitados alguns itens que entravam o trâmite do projeto como: a falta de documentos dos profissionais solicitados pela prefeitura; a falta de documentação do próprio projeto relativos às imposições da legislação que não são consideradas ou são mal interpretadas pelo profissional envolvido ou ainda a própria legislação, que dá margem para interpretações dúbias; e ainda devido às falhas nos desenhos de projeto arquitetônico, por falta de conhecimento e/ou inexperiência do profissional ou até mesmo distração.

Com base nas observações verificadas no Departamento de Controle e Edificações foi possível levantar as principais barreiras no que tange ao processo de licenciamento de projetos e elaborar a seguinte figura:

Porcentagem das Barreiras Diagnosticadas no Processo de Aprovação de Projetos na PMC

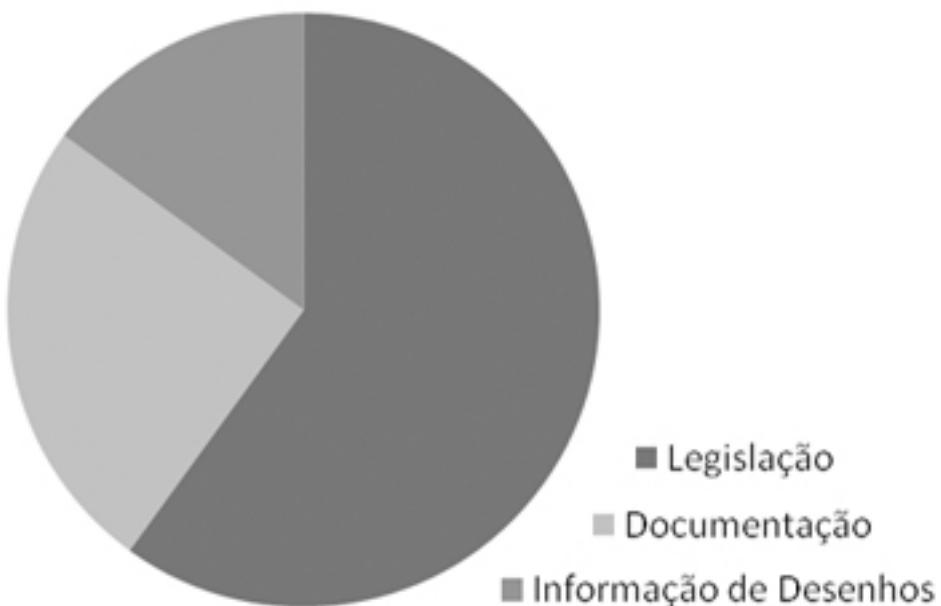


Figura 01: Diagnósticos de Barreiras.

A BIM encontra-se na fase de informação de desenhos, onde tem se 15% na quantificação das barreiras encontradas, embora seja uma das menores fases a ser resolvida, ela faz parte de um processo onde todas barreiras necessitam de solução, para se chegar a uma melhoria efetiva do processo.

A questão mais relevante observada é a falta de interação, ou seja, as interpretações erradas da legislação de uso e ocupação do solo por parte dos profissionais envolvidos na aprovação de projetos na PMC.

Além disso, pode-se citar ainda outros sub-processos, como meio ambiente, unificações, subdivisões, que levam a tramitação para outros órgãos e que atrasam o processo por um período de um a quatro meses além do processo normal do Departamento de Controle e Edificações.

5. Considerações Finais

A modelagem BIM pode potenciar parcialmente os licenciamentos de projetos de edificação dentro da Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC), proporcionando agilidade no trâmite através da correção e análise imediata de determinados aspectos, não necessitando a volta do projeto para o projetista corrigir ou elaborar dados faltantes neste.

Modelos de edifícios, porém, têm formatos de dados variados, de acordo com as definições dos fabricantes de software, e não é comum que eles sejam intercambiáveis. Por isso é necessário também definir uma linguagem de descrição de dados comum e um esquema de descrição dos elementos do projeto, de modo a organizar a informação a ser transmitida para a aprovação do projeto.

Com a implantação do uso da modelagem BIM será necessária a definição de um modelo de estrutura de dados urbanísticos vinculados ao modelo da edificação em projeto para possibilitar a conversão e uso de modelos BIM (com padronização IFC) e a garantia da segurança da informação.

Finalmente, embora a tecnologia exista para que permitir que profissionais trabalhem na maioria das disciplinas de uma forma mais eficiente e eficaz, a grande maioria dos projetos do setor ainda são desenvolvidos no método tradicional, ou seja, definindo e representando edifícios com desenhos 2D e documentos de texto e com pouco uso do potencial das tecnologias de TI (BAZJANAC, 2004). É preciso mudar este quadro! Modelagem 3D já se torna usual e BIM, ou modelagem de produto para edificações, começa a substituí-la de fato, apontando um caminho de integração de dados e sistemas de forma efetiva.

Referências

BAZJANAC, V. Virtual building environments (VBE) - Applying information modeling to buildings, **Lawrence Berkeley National Laboratory**, jun., 2004. Disponível em: <<http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBNL-56072>> Acesso em: 11 mar. 2009.

BIRX, Glenn W. **BIM creates change and opportunity.** The American Institute of Architects - Best Practices, 2006. Disponível em http://www.aia.org/bestpractices_index. Acessado em: 16.03.2009.

BITTAR, J. T; FIRMINO, J. R; FABRÍCIO, M.M. Gestão Urbana e Governo eletrônico: Um Estudo de Experiências Envolvendo TICS E Projetos Urbanos. In: Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil -TIC, 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2007.

CURITIBA. **Anexo 2 da Portaria 024/2002.** Orientações para Elaboração de Projetos. SMU da Prefeitura Municipal de Curitiba, 2002.

GSA Building Information Modeling. Disponível em <<http://www.gsa.gov/bim>> acesso em 07/02/2009.

HERNANDEZ, C.R.B. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. **Design Studies**, Vol. 27, n.3, p.309-324, maio, 2006.

JONGELING, R.; EMBORG, M.; OLOFSSON, T. nD modelling in the development of cast in place concrete structures, **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 10, 2005. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2005/04>> Acesso em: 22.02.2009.

LEE, G.; SACKS, R.; EASTMAN, C.M. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. **Automation in Construction**, v. 13, n. 3, p. 291-312, May 2004.

LIMA, D; FABRÍCIO, M.M; FIRMINO, J. R. Uso da Tecnologia da Informação e Comunicação em Licenciamento de Projetos Residenciais Municipais: Estudo de Caso e Propostas de Implementação de TICs. In: Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil -TIC, 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2007.

PMC - Prefeitura Municipal de Curitiba. Disponível em <<http://www.curitiba.pr.gov.br>> Acesso em: 05.01.2009.

Capítulo 7. BIM, escaneamento a laser e documentação arquitetônica

Nuvem de pontos na criação de modelos BIM: aplicações em documentação arquitetônica

Natalie Johanna Groetelaars
Arivaldo Leão de Amorim

Resumo

O presente artigo apresenta as potencialidades da utilização de nuvens de pontos na criação de modelos BIM a serem usados para fins de documentação arquitetônica. O termo documentação arquitetônica entendido em seu conceito mais amplo, envolve desde as etapas de aquisição e processamento dos dados até as fases de armazenamento, preservação, gestão e disseminação das informações produzidas. Como formas de aquisição de dados, são tratadas tanto as tecnologias que empregam o 3D Laser Scanning, como aquelas baseadas em processamento digital de imagens fotográficas, com suas potencialidades e limitações. Com relação à tecnologia BIM, pode-se vislumbrar uma série aplicações para a documentação de edificações existentes, como: centralização dos dados em um modelo único, verificação de interferências e análise do comportamento da edificação durante o seu ciclo de vida. Por fim, são descritos e analisados alguns estudos de casos realizados em outros países, visando a geração de modelos BIM a partir de nuvens de pontos. No momento, os resultados obtidos nesses experimentos são encorajadores, entretanto, não são apresentadas abordagens dos aspectos conceituais e metodológicos envolvidos na criação dos modelos BIM. Pode-se perceber que existem várias questões em aberto, a serem respondidas num futuro próximo, especialmente no que se refere à documentação de edificações existentes.

Originalmente publicado em: GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. Nuvem de pontos na criação de modelos BIM: aplicações em documentação arquitetônica. In: TIC 2011 – ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: FAUFBA, 2011.

1. Introdução

O presente artigo discute a utilização de nuvens de pontos na criação de modelos BIM a serem usados para fins de documentação arquitetônica, servindo como base para a operação e manutenção da edificação existente ou para o desenvolvimento de projetos de intervenção (restauração, renovação ou reforma). O conceito de documentação esteve durante muito tempo ligado ao conceito de cadastro (ou levantamento), que compreende a rigorosa e detalhada representação gráfica das características físicas e geométricas da edificação, do terreno e dos demais elementos físicos presentes na área a ser levantada (NOGUEIRA, 2010). Segundo Amorim (2007, p. 3), a definição atual de documentação arquitetônica extrapola as atividades de aquisição e arquivamento de dados, passando ser entendida como um sistema mais amplo:

A documentação arquitetônica consiste no processo sistemático de aquisição, tratamento, indexação, armazenamento, recuperação, disponibilização e divulgação de dados e informações gráficas e não gráficas e, seus metadados, sobre as edificações para os mais variados usos.

A partir dessa definição, podemos subdividir o projeto de documentação em cinco grandes etapas, descritas abaixo:

- a. Planejamento - definição dos objetivos e recursos a serem adotados;
- b. Aquisição de dados - trabalho de campo;
- c. Processamento de dados – tratamento ou manipulação;
- d. Gestão de dados – armazenamento e disseminação das informações produzidas;
- e. Controle e documentação do trabalho – metadocumentação.

Este artigo tem como foco a abordagem sobre as etapas de aquisição de dados, em especial as tecnologias para captura de nuvens de pontos (3D Laser Scanning e aquelas baseadas em processamento de imagens fotográficas), e de processamento de dados, para criação de modelos BIM a partir de nuvens de pontos. São descritas e analisadas as aplicações da tecnologia BIM para a documentação arquitetônica, com destaque para suas particularidades, potencialidades e desafios, uma vez que se trata de edificações existentes, situação muito diferente da de projeto. Por fim, são descritos alguns estudos de casos realizados em outros países, visando a geração de modelos BIM a partir de nuvens de pontos.

2. Aquisição De Dados

A fase de aquisição de dados visa extrair das edificações as informações relativas a: características físicas (como formas geométricas, dimensões, materiais construtivos e estado de conservação), sua relação com o entorno e aspectos históricos, culturais, sociais, dentre outros. Para obtenção das características físicas das edificações, podem ser utilizados alguns métodos de cadastramento, dentre os mais adequados para levantamento arquitetônico, de sítios urbanos e arqueológicos, podemos citar: a medição direta, os métodos topográficos, o GNSS (Global Navigation Satellite System – Sistema de Navegação Global por Satélite), a fotografia, a Fotogrametria Digital (stricto senso), e a captura de nuvens de pontos - a partir de fotografias ou a partir da tecnologia 3D Laser Scanning.

Cada método de levantamento apresenta vantagens e desvantagens, e sua utilização depende das características do objeto a ser cadastrado (tamanho, complexidade da forma, características das superfícies, etc.), dos produtos e dos níveis de precisão requeridos, da disponibilidade de recursos financeiros e tecnológicos e do conhecimento da equipe executora das técnicas e métodos a serem adotados.

As técnicas de Fotogrametria Digital incluindo a captura da nuvem de pontos representam o estado da arte com relação à aquisição de dados geométricos das edificações. A Fotogrametria Digital permite obter, de forma rápida e precisa, uma série de produtos a partir de fotografias tomadas do objeto ou da cena de interesse: representações geométricas 2D e 3D; ortofotos e fotos retificadas. É mais adequada para o levantamento de objetos que apresentam pontos facilmente identificáveis nas fotografias - como vértices e arestas bem definidas.

No que se refere à captura de nuvens de pontos, esta pode ser feita por meio de duas tecnologias principais: a partir do processamento digital de imagens fotográficas ou a partir da varredura por feixes de raios laser (3D Laser Scanning), descritas a seguir.

2.1. 3D Laser Scannig

O 3D Laser Scanning, também conhecido como Sistema de Varredura a Laser ou High Definition Survey (HDS), é uma tecnologia que permite obter modelos geométricos tridimensionais - nuvens de pontos (coordenadas x, y, e z) - a partir da varredura do objeto com um feixe de raios laser, efetuado por

um equipamento específico (scanner) associado a um microcomputador portátil (unidade de controle).

Cada um destes pontos, que formam a nuvem de pontos, é representado por suas coordenadas cartesianas (x , y , z) e um ou mais atributos associados ao mesmo, que podem corresponder à cor visível no ponto (componentes RGB), a sua distância a um dado referencial, a refletância do material que constitui a superfície onde o ponto está localizado, a temperatura, ou outras propriedades de interesse.

O modelo “nuvem de pontos” representa o nível mais básico de visualização dos dados amostrados por varredura. Há vários métodos empregados para transformar a nuvem de pontos em outros produtos, que vão depender do objeto e da aplicação desejada. É possível ajustar primitivos geométricos (como planos, cilindros e esferas), comuns em programas CAD, para a nuvem de pontos. Outros tipos de modelos que podem ser gerados são os modelos geométricos de superfície do tipo TIN (Triangular Irregular Network) ou malha triangular irregular, em programas mais simples, como Meshlab, ou modelos paramétricos, nos programas de última geração, como o Geomagic Studio.

Existem três grandes grupos de equipamentos que trabalham com diferentes princípios de funcionamento, a saber: (1) tempo de vôo – LIDAR (Light Detection And Ranging), (2) diferença de fase e, (3) triangulação. O primeiro é o sistema que permite maiores alcances - do metro ao quilometro -, porém com precisão menor do que os outros dois sistemas, que são mais adequados para levantamento de edificações ou pequenos objetos, com precisão submilimétrica. O scanner pode estar apoiado sobre tripé (para levantamentos mais precisos) ou sobre plataforma móvel - veículos ou aeronaves (para captura mais rápida de dados).

É um sistema que permite a captura automática de grande quantidade de dados em curto espaço de tempo, adequado para levantamento de diversos tipos de objetos, de pequenas ou grandes dimensões, simples ou extremamente complexos.

2.2. Captura de nuvem de pontos por fotografias

A obtenção de nuvens de pontos por processamento digital de imagens fotográficas é um método ainda mais recente que o 3D Laser Scanning. Esta técnica é chamada por vários autores, como Hullo et al. (2009) de Dense Stereo Matching. Já Walford (2009) a denomina de Photo-based Scanning, e descreve que este método foi desenvolvido nos últimos anos a partir de avanços em duas áreas simultaneamente: a Fotogrametria Digital, que determina o rigor geométrico

e a precisão dos resultados, e a Visão Computacional, que permite a rapidez da correlação automática das fotografias. A tecnologia também é conhecida como DMS – Dense Surface Model.

Esta técnica emprega processos automáticos para associação de fotografias, geralmente pares ou trios de fotos paralelas ou com pequena inclinação entre si. O processamento das imagens é realizado em programas específicos, como o PhotoModeler Scanner, Zscan ou o Bundler, que permitem obter a localização tridimensional de pontos homólogos nas fotografias. O programa compara pequenas áreas nas fotografias, que se referem a um mesmo trecho do objeto, visando fazer associações entre elas (através da intensidade dos pixels) para obter coordenadas tridimensionais de pontos do objeto (nuvem de pontos). Para a realização desse processo é necessário que a superfície a ser representada tenha alguma textura, ou seja, não pode ser completamente lisa (como uma folha de papel em branco ou um metal polido).

2.3. Comparação das técnicas de captura de nuvens de pontos

Comparando as duas técnicas de captura de nuvens de pontos, pode-se listar vantagens e desvantagens de cada uma. A grande vantagem do 3D Laser Scanning é que a nuvem de pontos é produzida em campo (de forma rápida e precisa), na medida em que o scanner vai varrendo os objetos e registrando automaticamente as coordenadas tridimensionais dos pontos, no computador acoplado ao equipamento. Como desvantagens, podemos citar: o elevado custo do equipamento e o problema na varredura de superfícies constituídas por determinados materiais, como superfícies refletivas ou transparentes – metais, espelho, mármore polido, vidro e outras. Além disso, o 3D Laser Scanning não permite capturar diretamente a cor visível do ponto, necessitando extrair esta característica a partir de uma fotografia digital de alta resolução (devidamente tomada), através de uma reamostragem da nuvem de pontos da cena sobre a foto correspondente.

A grande vantagem da captura da nuvem de pontos por fotografias é o baixo custo, quando comparada à tecnologia laser, bastando uma câmera digital e um programa específico para processamento das imagens. Além disso, é uma técnica flexível, que requer o deslocamento apenas da câmera no momento da tomada fotográfica. Para resultados mais precisos a câmera deve ser de alta resolução e deve permitir controlar alguns parâmetros manualmente. A desvantagem em relação ao 3D Laser Scanning é o elevado tempo de processamento computacional em “escritório” para criação da nuvem de pontos a partir das

fotografias. Grande parte do processamento é feito de forma automática, e para uma maior velocidade na obtenção dos resultados é importante a utilização de computadores de alto desempenho. Outra desvantagem está relacionada às superfícies sem textura (com cor completamente uniforme), que, se não forem sinalizadas artificialmente, não permitirão a correlação e identificação dos pontos, gerando “buracos” ou “vazios” na superfície representada pela nuvem de pontos obtida.

As maiores vantagens da utilização das duas técnicas que permitem capturar nuvem de pontos estão relacionadas à precisão e à rapidez no levantamento de formas complexas, muito comuns em se tratando de edificações históricas. Além disso, há uma grande diversidade de produtos que podem ser obtidos: nuvem de pontos (falsa cor ou na cor do objeto), dados geométricos (coordenadas, ângulos, distâncias, etc.), desenhos, ortofotos, modelos geométricos (malhas poligonais tridimensionais, primitivas 3D, superfícies NURBS, modelos paramétricos, modelos fotorrealísticos), animações, relatórios de precisão, além da possibilidade de outros produtos derivados, como os modelos BIM e a criação de modelos físicos através da prototipagem rápida ou máquinas de CNC.

3. Processamento dos Dados

Procedida a etapa de aquisição de dados em um projeto de documentação, realiza-se o processamento dos dados coletados, ou ainda o tratamento ou a manipulação dos mesmos. Com relação às técnicas de captura de nuvem de pontos é necessário realizar algumas etapas de processamento:

- registro das cenas, ou modelos parciais, para associar as nuvens de pontos obtidas de diversas estações para um único sistema de coordenadas;
- filtragem, para a limpeza de informações indesejadas, e
- segmentação ou classificação, para agrupar células ou regiões similares e permitir a obtenção, de forma semi-automática ou automática, de diversos tipos de produtos.

É nesta etapa que é possível a migração dos dados produzidos (modelos geométricos) para a utilização na tecnologia BIM, permitindo a documentação mais completa, fundamentada no conceito do modelo único, capaz de descrever e operar numericamente tanto sobre os elementos concretos (paredes, portas, cobertura, etc.) como abstratos (como especificações de materiais, quantitativos, custos e cronogramas), durante todo o ciclo de vida da edificação, além de permitir uma série de análises e simulações.

4. Tecnologia BIM

A sigla BIM vem do inglês: Building Information Modeling, e tem sido traduzida no Brasil Modelagem de Informação da Construção. Segundo Amorim (2010), BIM compreende um conceito complexo que encerra pelo menos três dimensões: o conceito em si, o modelo (base de dados única) e as ferramentas (tecnologia).

Enquanto conceito, BIM compreende a idéia de um ambiente computacional complexo, para projeto, representação e gerenciamento do edifício virtual, implementado num sistema gráfico tridimensional e paramétrico, que permite a participação de diversos especialistas que interagem entre si e interferem na edificação durante o seu ciclo de vida (desde o estudo de viabilidade, a projeto, o planejamento da construção, a construção, operação e manutenção, até a demolição ou requalificação) de forma colaborativa e integrada.

Como modelo, BIM pode ser entendido como o Edifício Virtual, ou seja, uma base de dados digital (numérica) única, integrada, autoconsistente, capaz de representar uma edificação e permitir operações sobre o conjunto de objetos parametrizados e orientados a AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) que a constitui. Os componentes do modelo referem-se a elementos arquitetônicos ou construtivos (e não representações abstratas com linhas, prismas, comumente usadas em ferramentas CAD, do tipo editor de desenho), e são definidos por sua geometria tridimensional, seus atributos (materiais, custos etc.) comportamento, e suas relações com os demais componentes da construção.

BIM, enquanto tecnologia, representa uma nova geração de “programas inteligentes” orientados a objetos (AEC) que se propõem a produzir e a gerenciar toda a informação do ciclo de vida da edificação. Portanto, as ferramentas BIM estão relacionadas ao projeto, à construção e à operação das edificações. Deste modo, produz, armazena e gerencia documentos de variadas naturezas sobre a construção do decorrer do seu ciclo de vida.

O modelo BIM é baseado na modelagem paramétrica de objetos tridimensionais. Essa é uma característica central à compreensão de BIM e suas diferenças em relação aos objetos 2D tradicionais, baseados em entidades gráficas. Segundo Moreira (2008), o grande diferencial da modelagem paramétrica é a habilidade de criar seus próprios tipos de objeto (famílias), atribuindo-lhes os parâmetros que forem necessários. A organização dos objetos em famílias permite criar objetos separados por categorias e salvá-los quando se precisar. Cada família assume dados específicos que vão da cor, tamanho, espessura, altura, material, até custo, fabricante, modelo, etc., podendo ser usada em qualquer parte do modelo do edifício, com diferentes valores em cada situação.

A partir do modelo BIM criado, é possível gerar uma série de outros produtos, dentre eles podemos citar: desenhos, modelos fotorrealísticos, animações, análises, simulações e exportar o modelo para ser disponibilizado em um sistema de informações, em bancos de dados, ou aplicações de Realidade Virtual ou Realidade Aumentada, em plataformas web. Esses produtos podem ser visualizados e manipulados por diversos usuários e podem sofrer atualizações, quando for o caso.

A utilização do modelo BIM por parte de diversos programas (para simulação da estabilidade estrutural, do desempenho energético, ou acústico, para visualização e disponibilização na web), requer a conversão de formatos sem perda de informações. A habilidade de intercâmbio e de operação de informações entre dois ou mais sistemas é chamada de interoperabilidade. O formato de dados proposto para a interoperabilidade do modelo BIM, sem perda de informação e retrabalho é o IFC (Industry Foundation Classes). Segundo Santos (2009), ela representa um dos aspectos mais importantes do BIM, uma vez que a informação contida no modelo BIM necessita ser exportada para ser usada. A interoperabilidade é a chave para evitar o retrabalho, permitindo o uso eficiente da informação.

A tecnologia BIM apresenta uma série de vantagens em relação às tradicionais representações CAD baseadas em entidades gráficas:

- O trabalho em três dimensões elimina a redundância de informações. As plantas baixas, cortes, fachadas e perspectivas são geradas automaticamente a partir do modelo unificado, pela definição da posição do observador ou do plano de corte. Na verdade, esses produtos são instâncias de visualização do modelo e não representações fragmentadas da edificação, comuns em ferramentas CAD de gerações anteriores, que permitiam ambigüidades e inconsistências, elevado tempo de elaboração e atualização de cada prancha de desenho.
- Possibilidade de uso das informações contidas no modelo BIM para gerar com eficiência quantitativos, orçamentos, cronogramas, além de permitir exportar modelos derivados para diversos programas específicos, visando a realização de análises e simulações (estrutural, eficiência energética, desempenho térmico e acústico, iluminação natural e artificial, etc.).
- O armazenamento centralizado permite acumular todas as informações produzidas pela equipe de trabalho e facilita a colaboração, pois todos os profissionais envolvidos têm acesso à mesma informação atualizada. Dependendo da função dentro do projeto, um indivíduo pode ser habilitado a: adicionar/modificar a informação em determinadas partes do modelo; extrair informação do modelo; ou revisar/comentar o modelo. Os participantes podem ver o trabalho dos outros e resolver mais facilmente os conflitos

existentes de informações (MOREIRA, 2008).

- Melhor explicitação da edificação, suas partes, componentes e comportamentos, constituindo um importante conjunto de ferramentas para o desenvolvimento de projetos intervenção (reforma, restauração, requalificação, etc.), realização de simulações e análises, para controle do consumo energético, manutenção, dentre outras aplicações.
- Possibilita a verificação de interferências, de conflitos entre elementos arquitetônicos, estruturais e mecânicos, evitando erros de representação da situação existente e das propostas de intervenção.

Verifica-se, portanto, que o uso da tecnologia BIM nas etapas finais do processo de documentação, amplia as possibilidades e aplicações dos dados levantados sobre as edificações, uma vez que permite:

- a documentação mais completa, precisa, e sem ambigüidades, devido à centralização dos dados em um modelo único; identificar prioridades e definir estratégias para alocação de recursos financeiros;
- analisar o comportamento e o desempenho da edificação durante o ciclo de vida, facilitando o desenvolvimento de ações visando o uso sustentável das edificações, além de
- promover o interesse e o envolvimento da população na preservação do patrimônio através da disseminação das informações precisas registradas.

As ferramentas BIM representam o estado da arte em termos de programas orientados ao projeto e representação de edificações. Apesar dos primeiros estudos datarem da década de 70, a oferta de aplicativos aumentou significativamente nos últimos anos, juntamente com sua adoção por profissionais do segmento das áreas de Arquitetura, Engenharia e Construção (CHECCUCCI; AMORIM, 2008).

Segundo Checcucci e Amorim (2008, p. 1), apesar das potencialidades do uso dessas ferramentas, elas ainda são sendo pouco usadas no Brasil,

[...] talvez pela falta de divulgação de estudos técnico-científicos que possam apontar caminhos mais seguros quanto à adoção das mesmas, seja pela carência de produtos direcionados ao mercado brasileiro que incorporem os padrões, terminologias e metodologias de trabalho aqui utilizadas, seja ainda pela desorganização do setor de AEC e dos altos custos envolvidos.

5. Documentação Arquitetônica: o Estado da Arte

A partir da revisão bibliográfica, podemos identificar o estágio atual em que se encontra a documentação arquitetônica e vislumbrar as potencialidades do uso das novas tecnologias.

Há um emprego crescente e bem sedimentado de técnicas digitais para o levantamento arquitetônico, principalmente nos países desenvolvidos, o que pode ser visto nas publicações das agências internacionais relacionadas à Documentação e à Conservação de Monumentos e Sítios Históricos.

Podemos citar alguns artigos que descrevem experimentos realizados com o uso da tecnologia 3D Laser Scanning (BOEHLER et al., 2001; GSA, 2009; ABDELHAFIZ, 2009) e outros em menor quantidade, publicados mais recentemente, que descrevem levantamentos com a técnica de obtenção de nuvens de pontos a partir de fotografias (HULLO et al., 2009; CHIABRANDO et al., 2010).

Podemos afirmar que o 3D Laser Scanning e o Photo-based Scanning representam o estado da arte das técnicas de cadastramento, e sua utilização é de fundamental importância para o levantamento rápido, preciso e detalhado de edificações e de espaços urbanos.

A tecnologia BIM tem sido objeto de discussões e pesquisas recentes, como pode se observar em fóruns internacionais como ACADIA (Association for Computer Aided Design In Architecture), ECAADe (Education in Computer Aided Architectural Design in Europe), SiGraDi (Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital) e CAADRIA (Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Ásia). A maior parte das pesquisas é voltada para a otimização da construção e concentra-se principalmente no desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de gestão da produção, e outra parte, em menor quantidade, refere-se às implicações do BIM na prática projetual (MOREIRA, 2008).

Através das discussões nos eventos internacionais, podemos perceber que essas tecnologias são temas de grande relevância, e que tem despertando bastante interesse na área de construção civil, de documentação do patrimônio e de eficiência energética. No entanto, verifica-se que as tecnologias de captura de nuvem de pontos e a BIM, geralmente são tratadas de forma isolada, a primeira mais em eventos voltados à documentação do patrimônio e a segunda, mais em eventos ligados à representação e projetação arquitetônica com tecnologias computacionais e a construção civil.

Apesar dos recursos tecnológicos (hardware e software) e da grande demanda por levantamento e representação das edificações existentes, os institutos ligados a preservação do patrimônio no Brasil (como IPHAN e IPAC, na Bahia) não utilizam de forma efetiva as modernas técnicas de aquisição de dados (Fotogrametria Digital e captura de nuvem de pontos). Estes processos são mais usados na área industrial ou desenvolvidos em pesquisas realizadas em universidades públicas (como UFBA, UNICAMP e UFSC). Ainda predominam as técnicas tradicionais de levantamento, como a medição direta, métodos topográficos e uso de fotografias (sem correção adequada) e os métodos tradicionais de representação, através de desenhos, ou modelos geométricos tridimensionais feitos em ferramentas CAD.

Observa-se que não há estudos consistentes e detalhados sobre a utilização da tecnologia BIM para a documentação de edificações existentes (sendo mais comum o uso em situação de projeto), muito menos sobre o seu uso integrado com técnicas de levantamento que utilizem nuvens de pontos.

5.1. Estudos de caso

Pode-se citar três artigos publicados nos últimos anos que tratam dessas questões de forma mais geral e especulativa.

O trabalho de Pauwels (2008) usa os termos HIM (Historic Information Modeling) e AIM (Architectural Information Modeling) se referindo aos modelos de informação de edificações existentes (principalmente as históricas), para diferenciar dos modelos BIM em fase de projeto. Pauwels (2008) chama atenção da necessidade de se definir para um modelo AIM, um padrão equivalente ao IFC usado em um modelo BIM – que geralmente lida com informações concretas (custo, nome dos materiais, fases de construção) e não descrevem informações teóricas e históricas, necessárias para a documentação arquitetônica.

Os artigos de Attar et al. (2010) e Mauck e Gee (2010) mostram experiências iniciais de integração da tecnologia 3D Laser Scanning e BIM para a documentação das seguintes edificações, respectivamente:

- Edificações na King Street East (Canadá), e
- Chicago Federal Center (Estados Unidos).

5.1.1. Edificações na King Street East

As edificações de números 204, 210 e 214 (Figura 1a), construídas entre as décadas de 1930 e 1960, localizam-se na King Street East no centro de Toronto, onde funciona a sede da empresa AutoDesk desde 2006. A edificação de número 210, que foi reformada para funcionar a entrada principal da empresa, tendo sido escolhida para servir como laboratório vivo para análises e investigações sobre desempenho energético, a partir de um modelo BIM. Para tal, a etapa inicial foi a reconstrução digital da edificação. Foram escaneados todo o exterior das três edificações (de números 204, 210 e 214) e o interior do quinto andar, o terraço e a entrada da edificação 210, perfazendo um total de 53 cenas, que quando registradas (Figura 1b) produziram mais de 1,3 bilhões de pontos (ATTAR et al., 2010).



(a)



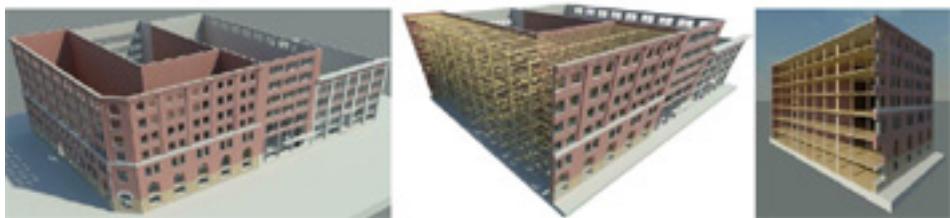
(b)

Figura 1 – (a) Edificações na King Street East, de números 204, 210 e 214;
(b) Nuvem de pontos obtidas no escaneamento a laser

Fonte: ATTAR et al., 2010

O processo de criação do modelo BIM realizou-se a partir dos seguintes passos: (1) escaneamento a laser; (2) filtragem das informações coletadas; (3) registro das cenas; (4) modelagem geométrica da edificação a partir de processos interativos, tomando como base desenhos existentes em CAD e acrescentando as informações obtidas com as nuvens de pontos e com os esboços cotados (realizados no local com medição direta).

A modelagem iniciou-se pelas paredes principais (Figura 2a), seguindo-se dos pilares e vigas (Figuras 2b), das lajes e das paredes internas (Figuras 2c).



(a) (b) (c)
 Figura 2 – Edificações na King Street East (a) Modelo das paredes principais; (b) Modelo dos pilares e vigas; (c) Modelo das lajes e paredes internas
 Fonte: ATTAR et al., 2010

A partir deste experimento, os autores Attar et al. (2010) chegaram às seguintes análises/considerações:

- o 3D Laser scanning é um importante método de levantamento, possibilitando a obtenção de informações precisas em áreas de difícil acesso;
-
- o processo de modelagem não foi eficiente e não permitiu tirar grandes proveitos da tecnologia 3D Laser Scanning, devendo-se testar métodos mais eficientes e automatizados para a obtenção de modelos BIM a partir da nuvem de pontos;
- um dos desafios do uso do BIM em edificações históricas é como associar os tradicionais métodos de construção com as famílias do BIM;
- muitos elementos construtivos não puderam ser reduzidos a famílias de componentes pois apresentavam grandes variações, e
- o modelo BIM atua como um poderoso banco de dados de uma edificação, no entanto, as ferramentas para simulação geralmente não suportam o excessivo detalhamento de atributos, inerentes a este tipo de modelo. Assim, importante é determinar o ponto de equilíbrio entre a função imediata de um modelo (como, por exemplo, para análise do desempenho energético) e a função que exercerá a longo prazo, para ser utilizado com outra finalidade ou em outro contexto.

5.1.2. Praça Chicago Federal Center

A praça Chicago Federal Center, localizada em Chicago, Estados Unidos, foi projetada por Mies van der Rohe na década de 1960 e seria submetida a um processo de restauração. Em 2009, a GSA (General Services Administration) contratou a empresa de Arquitetura e Engenharia, Ghafari Associates, para o

desenvolvimento do projeto de restauração com uso da tecnologia BIM. Para a criação do modelo BIM da praça, foi realizado o levantamento com a tecnologia 3D laser scanning, que permitiu capturar as nuvens de pontos e dar suporte à criação do modelo no programa Revit (MAUCK; GEE, 2010).

Para o levantamento, foi usado o scanner Leica 6000 (baseado em diferença de fase), onde duas pessoas escanearam uma área de aproximadamente 300 mil m², gerando mais de 500 cenas (contemplando a praça e o exterior dos prédios vizinhos), num período de 30 dias. Os escaneamentos foram realizados à noite, para evitar interrupções no trabalho, bem como para eliminar ao máximo as interferências de pedestres, o que geraria sombras (ocluções) no modelo de nuvens de pontos.

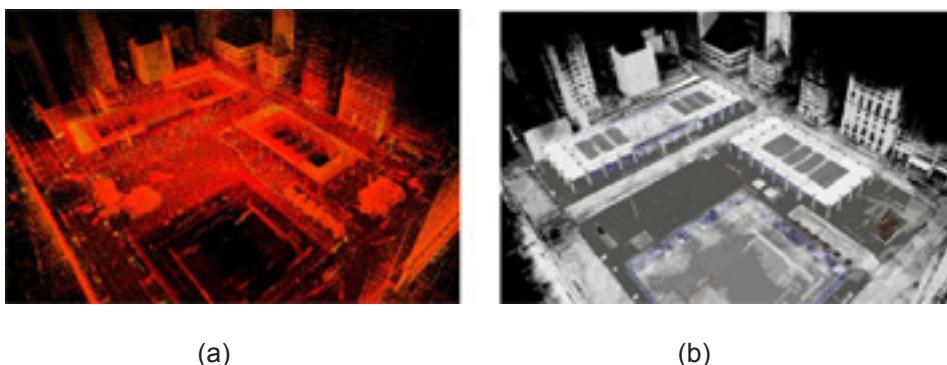


Figura 3 – Praça Chicago Federal Center (a) Nuvens de pontos; (b) Modelo BIM gerado
Fonte: MAUCK; GEE, 2010

Devido ao cronograma apertado, o modelo BIM foi criado no software Revit pela equipe de projeto, em paralelo ao trabalho da equipe de escaneamento da empresa Ghafari. Os desenhos existentes, produzidos na década de 1960, foram usados como base para a modelagem, que ia sendo atualizada com as informações contidas nas nuvens de pontos.

Foram realizadas as seguintes etapas até a obtenção do modelo BIM: (1) escaneamento das cenas (Figura 3a); (2) registro das cenas no software Cyclone da Leica; (3) uso do software ClearEdge3D da EdgeWise para extração automática de polígonos (das feições retilíneas) a partir das nuvens de pontos; (4) importação no Revit dos polígonos criados automaticamente (Figura 4), junto com o modelo básico (ou de referência) criado a partir dos desenhos existentes, visando a complementação, os ajustes e a finalização do modelo BIM (Figura 3b); (5) uso do programa Navisworks para comparação do modelo BIM gerado no Revit com a nuvem de pontos, permitindo validar o modelo ou mostrar inconsistências em partes dele (Figura 5).

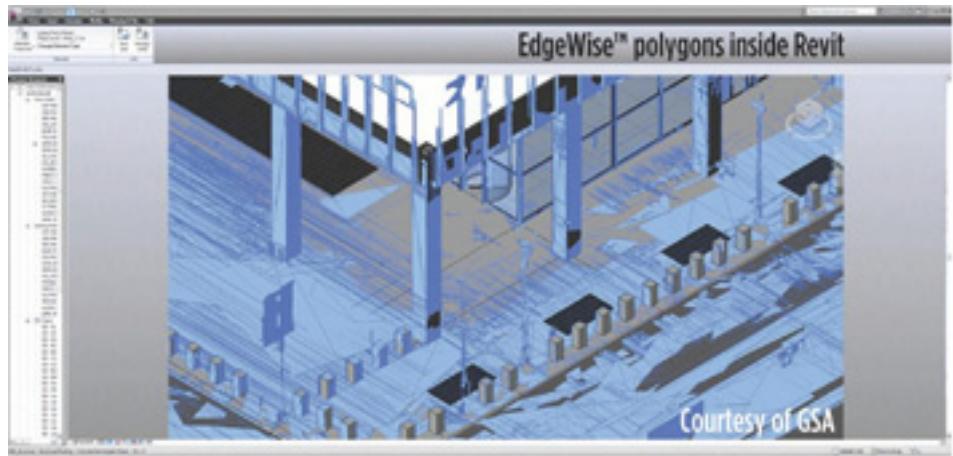


Figura 4 – Importação no Revit dos polígonos criados automaticamente no programa ClearEdge3D da EdgeWise
Fonte: MAUCK; GEE, 2010

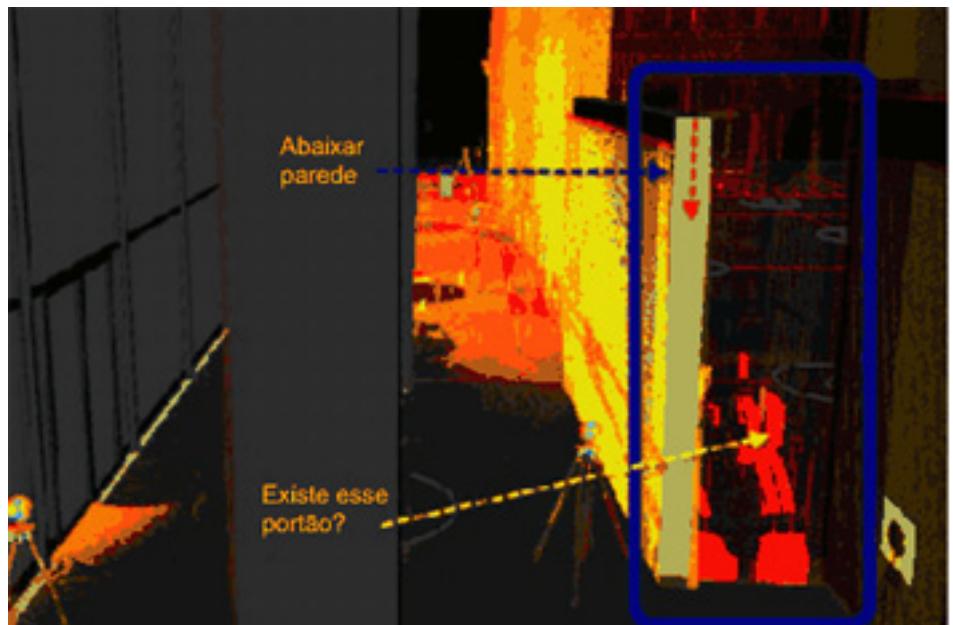


Figura 5 – Comparação do modelo BIM com a nuvem de pontos original para verificação de inconsistências, como a parede modelada mais alta do que a realidade
Fonte: Adaptado de MAUCK; GEE, 2010

O processo adotado neste levantamento foi considerado pelos autores Mauck e Gee (2010) como inovador, principalmente pelos seguintes motivos:

- automatização do processo de modelagem com o programa EdgeWise, substituindo a etapa de modelagem interativa, um dos processos mais demorados na conversão das nuvens de pontos para o modelo BIM;
- modelagem (intermediária no EdgeWise e final no Revit) realizada pela própria equipe de projeto, eliminando a necessidade do processo tradicional de modelagem interativa realizada geralmente por equipes de levantamento, e usada como referência para uma nova modelagem paramétrica (posterior, em ferramenta BIM)¹¹, e

- redução nos problemas de modelagens equivocadas (insuficientes, detalhadas em excesso, ou com erros de interpretação), geradas por pessoas sem experiência nas áreas de Arquitetura e Engenharia, e/ou sem conhecimento adequado dos objetivos do levantamento.

6. Conclusões

Mostrou-se neste artigo, a importância das técnicas digitais para documentação arquitetônica, em especial as tecnologias para captura de nuvens de pontos e para criação e manipulação de modelos BIM.

Os resultados até então compilados parecem bastante promissores, no entanto, não há abordagem de aspectos conceituais envolvidos e de metodologias de trabalho consistentes para criação de modelo BIM a partir de nuvem de pontos. Através da revisão bibliográfica sobre o tema, pode-se lançar algumas questões que devem ser compreendidas e encaminhadas:

- Quais são as características, especificidades e metodologias de trabalho para o levantamento de formas arquitetônicas através da captura de nuvens de pontos?
- Como transformar modelo de nuvens de pontos em modelos BIM, se os programas BIM ainda não permitem importá-los diretamente? Quais etapas seriam mais adequadas para a realização desse fluxo, evitando retrabalho e modelagem intermediária?
- Quais programas de processamento de nuvem de pontos são mais adequados para a modelagem paramétrica de edificações?
- Como associar os elementos construtivos de edificações existentes com as famílias do BIM, geralmente usadas na fase de projeto?
- Qual é o grau de simplificação dos modelos, uma vez que as edificações

¹¹ O processo de criação de um modelo intermediário, seja a partir de processos interativos ou automatizados, ainda é necessário, uma vez que o Revit não permite a importação direta do modelo de nuvem de pontos no programa.

existentes apresentam uma série de irregularidades (paredes fora do prumo e do esquadro, “barrigas”) e diferenças entre os elementos repetitivos (pequenas variações de medidas de esquadrias, seções de pilares, etc.)?

- Quais informações devem ser acrescentadas ao modelo BIM? E como devem ser inseridas e armazenadas?
- Como representar os elementos não visíveis, como elementos estruturais e instalações (elétricas, hidráulicas, ar condicionado, etc.)?
- Quais formatos devem ser utilizados para possibilitar a interoperabilidade adequada de um modelo BIM de edificações existentes?
- Como o modelo BIM deve ser exportado, para quais formatos, e com que finalidades?

Pode-se perceber que há várias questões a serem respondidas e que a documentação de construções existentes constitui um processo diferente daquele de representação de novas edificações. As maiores diferenças referem-se ao surgimento de atividades e informações imprevistas (descobertas muitas vezes durante obra de intervenção), à diversidade, à maior complexidade e irregularidade de representação de formas existentes, se comparadas às situações de projeto.

Verifica-se a necessidade de estudos aprofundados das tecnologias, da realização de testes e do desenvolvimento de metodologias de trabalho, envolvendo desde as fases iniciais de aquisição de dados, até as fases de processamento e gerenciamento das informações. A integração das modernas técnicas de levantamento (Fotogrametria Digital e de captura de nuvens de pontos) e da tecnologia BIM deverá revolucionar todo o processo de documentação tradicional.

Referências

ABDELHAFIZ, A. **Integrating Digital Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning**. 2009. Tese (Doutorado) - Institute for Geodesy and Photogrammetry, Technical University Braunschweig, Braunschweig, 2009.

AMORIM, Arivaldo Leão de. Documenting architectural heritage in Bahia - Brazil, using digital tecnologies. In: CIPA SYMPOSIUM, 21., 2007, Atenas. **Proceedings**... Atenas: National Technical University of Athens, 2007. v. 1. p. 61-66.

AMORIM, Arivaldo Leão de. **BIM - Building Information Modeling**. Notas de Aula da disciplina Informática e Desenho – Faculdade de Arquitetura da

Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

ATTAR, Ramtin et al. 210 King Street: A Dataset for Integrated Performance Assessment. In: Simaud - Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design, 2010, Orlando. **Proceedings...** Orlando: SIMAUD, 2010.

BOEHLER, W. et al. **The potential of non-contact close range laser scanners for Cultural heritage recording.** Mainz: Cipa Working Group VI, 2001. 8 p.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Tecnologias computacionais de auxilio ao projeto de edificações: potencialidades versus dificuldades de implantação. In: SIGRADI 2008 - Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital, 12., 2008, Havana. **Anais...** Havana: SIGRADI, 2008.

CHIABRANDO, F. et al. Very close nadiral images: a proposal for quick digging survey. In: Comission V Symposium, 2010, Newcastle upon Tyne. **Proceedings...** Newcastle upon Tyne: ISPRS, 2010. p.155-160.

GSA - General Services Administration. GSA Building Information Modeling Guide Series: 03 – GSA BIM Guide for 3D Imaging, 2009. Disponível em: <http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_Series_03.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2010.

HULLO, J. F. et al. Photogrammetry and Dense Stereo Matching Approach Applied to the Documentation of the Cultural Heritage Site of Kilwa (Saudi Arabia). In: CIPA SYMPOSIUM, 22., 2009, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto: CIPA, 2009.

MAUCK, Bob; GEE, Richard. Chicago Federal Center: Improving Scan to Revit Modeling through Lean Inspired Workflows and Advanced Technologies, **SparView**, v. 8, n. 5, 29 Março, 2010.

MOREIRA, Thomaz Passos Ferraz. **A influência da parametrização dos softwares CADD arquiteturais no processo de projetação arquitetônica.** 2008. 226 f. Dissertação (Mestrado e Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

NOGUEIRA, Fabiano Mikalauskas de Souza. **A representação de sítios históricos: documentação arquitetônica digital.** 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura, 2010.

PAUWELS, P. et al. Architectural Information Modelling for Virtual Heritage Application. In: International Conference on Virtual Systems and Multimedia, 14., 2008, Limassol. **Proceedings...** Budapest: ARCHAEOILINGUA, 2008.

SANTOS, Eduardo Toledo. Building Information Modeling and Interoperability. In: Congreso de La Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital - Sigradi, 13.,

2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. p. 436-438.

WALFORD, Alan. **A New Way to 3D Scan:** Photo-based Scanning Saves Time and Money . 2009. Disponível em: <<http://www.photomodeler.com/downloads/ScanningWhitePaper.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2010.

Capítulo 8. BIM e simulação térmica

Investigação sobre ferramentas computacionais de avaliação do desempenho térmico apropriadas ao contexto BIM, para aplicação em projetos de HIS

Márcia Rebouças Freire

Akemi Tahara

Arivaldo Leão de Amorim

Resumo

Este trabalho investiga ferramentas computacionais de avaliação do desempenho térmico para fins de verificar sua adequação na aplicação ao longo da projetação arquitetônica, no contexto BIM (Building Information Modeling), visando futura utilização em projetos de HIS (Habitação de Interesse Social). A pesquisa integra o projeto intitulado “Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicadas à Construção de Habitações de Interesse Social”, com apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia, financiado pelo FINEP. Nesta etapa são levantadas informações sobre seis programas disponíveis no mercado. Identificam-se as características de cada programa, através de informações disponibilizados nos websites das empresas fabricantes, com foco nos tipos de análises capazes de realizar para avaliação de desempenho térmico. A partir daí é feita uma primeira sistematização, buscando uma contextualização dessas habilidades, expressa através de um diagrama que relaciona os objetos de análises às diversas fases da projetação em que as análises serão aplicadas. O próximo passo será o teste dessas ferramentas para verificação das suas potencialidades e limitações. As experiências ora em desenvolvimento servirão de referência para a elaboração de uma metodologia para avaliação de desempenho térmico durante o processo de projetação de edificações, contemplando as especificidades das habitações de interesse social, alinhada ao conceito de Modelagem da Informação para Construção. Espera-se, com isso, contribuir para a produção de edificações mais eficientes e sustentáveis.

Originalmente publicado em: FREIRE, M. R.; TAHARA, A.; AMORIM, A. L. Investigação sobre ferramentas computacionais de avaliação do desempenho térmico apropriadas ao contexto BIM, para aplicação em projetos de HIS. In: ENTAC 2012 - ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14.,2012, Juiz de Fora. Da concepção à desconstrução: a integração do ambiente construído. **Anais ENTAC 2012...** Juiz de Fora: UFJF, 2012.

1. Introdução

A busca da eficiência energética das edificações está em grande parte no projeto arquitetônico que, orientado por princípios bioclimáticos, pode tornar desnecessário o uso de condicionamento artificial do ar, ou reduzi-lo. Esta busca é relevante quando se trata de habitações de interesse social (HIS) pela sua abrangência entre a população, e por atingir um segmento com poucos recursos financeiros. Os programas de ação governamental relacionados à habitação de interesse social geralmente envolvem projetos padronizados, aplicados em grande escala num território com dimensões continentais, abrangendo uma grande diversidade climática, e muitas vezes sem uma devida adaptação. Como consequência, esses grandes investimentos resultam na construção de edificações inadequadas do ponto de vista do conforto e desempenho ambiental.

Por sua vez, a cada dia são aprimoradas ferramentas para a projetação de edificações, e que possibilitam a incorporação da simulação do comportamento térmico em todas as suas etapas. Nesse sentido, as ferramentas computacionais representam mecanismos essenciais para avaliação de um projeto ou de uma edificação existente. Hoje, muitos programas de simulação numérica já estão disponíveis com o intuito de tornarem-se mais acessíveis aos usuários, ampliando as oportunidades de avaliação de desempenho. Contudo, pelo fato desse processo estar acontecendo de forma acelerada, cria-se a necessidade da validação dessas ferramentas, bem como o desenvolvimento de metodologias para a sua utilização, como contribuição efetiva para o avanço e consolidação dessa área de conhecimento.

Esta pesquisa, portanto, identifica ferramentas computacionais disponíveis no mercado para análises de desempenho ambiental em edificações, verificando as possibilidades de simulação e avaliação de desempenho térmico que elas oferecem, para a partir daí testá-las utilizando-as como estudo de caso para aplicação em habitação de interesse social. Essas experiências que estão sendo conduzidas servirão de base para a proposição de metodologia para avaliação de desempenho térmico ao longo da projetação arquitetônica, alinhada ao conceito de Modelagem da Informação para Construção.

2. Sobre a Modelagem da Informação para Construção

O conceito Modelagem da Informação para Construção (BIM), pressupõe a existência de um conjunto de ferramentas integradas e complementares, capazes de realizar diversos tipos de operação sobre o modelo único da edificação para realização de tarefas específicas, facilitando a interação entre as diversas disciplinas, por todo o ciclo de vida da edificação.

Na fase de projeção arquitetonica, a modelagem da edificação vai além da sua representação geométrica. A idéia é que se tenha uma base de dados unificada, num modelo paramétrico, ou seja, que contenha informações sobre todos os atributos dos seus componentes construtivos. O modelo BIM, portanto, abrange geometria, relações espaciais, informações sobre as propriedades dos materiais, dentre outras abordagens. Essas ferramentas de modelagem são comumente conhecidas como ferramentas CAD-BIM.

3. Ferramentas de Avaliação de Desempenho Térmico em Modelos BIM

A utilização de programas de simulação numérica para análises de desempenho térmico em edificações costumava estar limitada aos especialistas do setor, sendo pouco aproveitada nos escritórios de arquitetura. Entretanto, o mercado já oferece uma gama de possibilidades de utilização dessas ferramentas, em vários níveis de complexidade, que podem ser aplicadas nas diversas fases da projeção arquitetônica.

Algumas habilidades para simulações e análises bioclimáticas já veem integradas na plataforma de modelagem geométrica para projeção de edificações, a exemplo de grande parte das análises relacionadas à incidencia solar. Outras análises são feitas em ferramentas compatíveis, através da importação e exportação de dados e arquivos em diversos formatos, em associação com outras plataformas de modelagem 2D e 3D. Aos modelos são atribuídos dados das características construtivas, atividades e ocupações, tendo como feedback resultados tanto em termos de cálculo (gráficos e tabelas de análises) como de desenho.

De acordo com as informações da página web do Departamento de Energia dos EUA (http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/), atualmente,

existem mais de 406 softwares disponíveis no mercado com habilidades para diversas avaliações relacionadas à sustentabilidade em edifícios. Algumas ferramentas de avaliação de desempenho ambiental em edificações, com uso já consolidado, têm buscado o aperfeiçoamento de seus recursos para adequarem-se em suas novas versões ao contexto BIM. Outras, mais recentes, já se definem como ferramentas BIM, embora ainda se encontrem em fase de testes.

Contudo, apesar de muitas ferramentas já virem sendo utilizadas em simulações de desempenho térmico, e algumas delas caminham para se tornarem ferramentas BIM, o seu uso ainda requer uma evolução para superar algumas limitações. Existem aspectos de ordem prática a serem trabalhados e melhorados para que essas simulações de desempenho sejam introduzidas no processo projetual com maior eficiência. Sabe-se, por exemplo, que os programas disponíveis para a indústria da AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) ainda não são inteiramente interoperáveis, devido à falta de padronização em vários aspectos, o que dificulta a troca de informações de forma confiável e completa entre os programas afins e ou cooperativos. O formato de arquivo definido para isto, o Industry Foundation Class – IFC, ainda não está adequadamente implementado. Essa é uma questão essencial para o sucesso das aplicações, sendo o aperfeiçoamento desta característica determinante para a consolidação do paradigma BIM.

No sentido de iniciar uma investigação sobre as possibilidades e limitações do uso de ferramentas de avaliação de desempenho térmico no contexto BIM, foram selecionados seis softwares disponíveis no mercado, a saber, o Autodesk Ecotect Analysis, o Autodesk Green Build Studio, o EnergyPlus, o DesignBuilder, o Graphisoft Ecodesigner e o Autodesk Project Vasari, citados aqui por ordem de lançamento comercial.

3.1. Autodesk Ecotect Analysis

O Ecotect foi criado inicialmente pela Square One Research Ltd, com lançamento em 1996, sendo adquirido pela Autodesk em 2008. Esta ferramenta foi idealizada para realizar diversas análises relacionadas ao desempenho térmico, energético, lumínico e acústico da edificação. O software permite a construção de modelos geométricos simples através de superfícies parametrizadas. Permite também, em princípio, importar modelos geométricos em formato dxf e gbXML, para a realização das análises. Esse é um dos softwares mais completos em termos de possibilidades de simulações relacionadas à avaliação do desempenho térmico, com ênfase nas análises relacionadas à geometria solar, tanto na escala do edifício quanto na escala urbana. Entretanto, parte das suas

simulações termo-energéticas não possuem a precisão adequada (THUESEN et. all., 2010). Apesar disso, o Ecotect tem sido usado em diversas pesquisas, publicadas em artigos de cunho científico.

3.2. Green Build Studio

O Green Build Studio teve o seu lançamento, em 1998, pela Green Build Studio Inc., sendo adquirido pela Autodesk em 2008. Este software se presta a auxiliar nas decisões de projeto em suas fases preliminares, fornecendo análises de consumo de energia e água, emissão de CO₂, ventilação natural, iluminação natural, sistemas de aquecimento e resfriamento, geradores de energia eólica e fotovoltaica, além da verificação de potencial dos créditos LEED e a classificação do Energy Star. Para realização das análises, é necessário que o usuário esteja conectado à internet e tenha instalado uma das seguintes ferramentas: Autodesk Revit Architecture, Autodesk Ecotect Analysis, AutoCAD MEP, Autodesk Revit MEP, AutoCAD Architecture (AUTODESK, 2011a).

3.3. EnergyPlus

O EnergyPlus é um software para simulação termo-energética, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, tendo sido lançado em 2001. Permite desenvolver estudos para melhoria da eficiência energética em edificações existentes ou em fases de projeto, possuindo capacidade para simulação diferenciada, que integram vários módulos (fotovoltaico, aquecimento solar, ventilação natural, iluminação natural) que trabalham juntos para calcular a energia requerida para aquecer ou resfriar um edifício, usando uma variedade de sistemas e fontes de energia. É um software já consolidado, e com grande aceitação, sendo usado em muitas pesquisas realizadas no país para simulação de desempenho termo-energético de edificações (MELO; BARCELOS, 2011). Funciona também como um plugin para simulação, desenvolvido para funcionar associado a outros programas que possuem uma interface para a modelagem geométrica da edificação a exemplo do DesignBuilder.

3.4. DesignBuilder

O DesingBuilder é um software criado como interface gráfica para o EnergyPlus, que oferece uma plataforma para modelagem geométrica da edificação visando a

simulação do desempenho termoenergético, análise de sombreamento, cargas de aquecimento e resfriamento, conforto e transmitância térmica, emissão de CO₂, entre outras funções de simulações termodinâmicas. As análises são fornecidas através de gráficos, que são atualizados automaticamente a cada modificação de projeto. Permite a simulação do acionamento de diversos dispositivos como janelas, cortinas, brises etc, através de padrões de uso e de valores de variáveis ambientais internas e externas (DESIGNBUILDER, 2012). Este software vem sendo utilizado em pesquisas como ferramenta para realização de análises de desempenho térmicoenergético de edificações.

3.5. Graphisoft EcoDesigner

O Graphisoft EcoDesigner é um aplicativo disponível desde 2009, funcionando como plugin do ArchiCAD, da Graphisoft. Propõe-se a avaliar a performance energética dos edifícios desde as fases iniciais de projeto, atualizando as análises na medida em que o projeto vai se desenvolvendo. Realiza análises de consumo de energia, emissão de CO₂, ventilação natural, iluminação natural, sombra projetada do edifício, sistemas de aquecimento e resfriamento e elementos de sombreamento. Apresenta um relatório de avaliação energética do edifício com informações sobre o desempenho estrutural e energético do projeto, o consumo energético anual, a pegada de carbono e o balanço energético mensal (GRAPHISOFT, 2011).

3.6. Autodesk Project Vasari

O Autodesk Project Vasari foi criado pela Autodesk Labs em 2010. O programa utiliza a modelagem geométrica paramétrica para as análises de desempenho térmico e energético de edifícios, nas primeiras fases da projetação, como análise integrada de energia e de carbono, radiação solar, análises de sombreamento e ventilação natural (AUTODESK, 2011b). O software somente permite gerar os relatórios de análises ambientais através de um navegador web que encaminha o modelo geométrico para a realização das análise no website do fabricante.

3. Indicadores para Avaliações de Desempenho Térmico

Com as informações obtidas sobre os seis softwares, foram identificados 12 tipos de análises relacionadas ao desempenho térmico das edificações que podem ser aplicados durante o processo de projetação, na perspectiva da Modelagem da Informação da Construção. Essas informações são classificadas e organizadas em forma do diagrama apresentado a seguir.

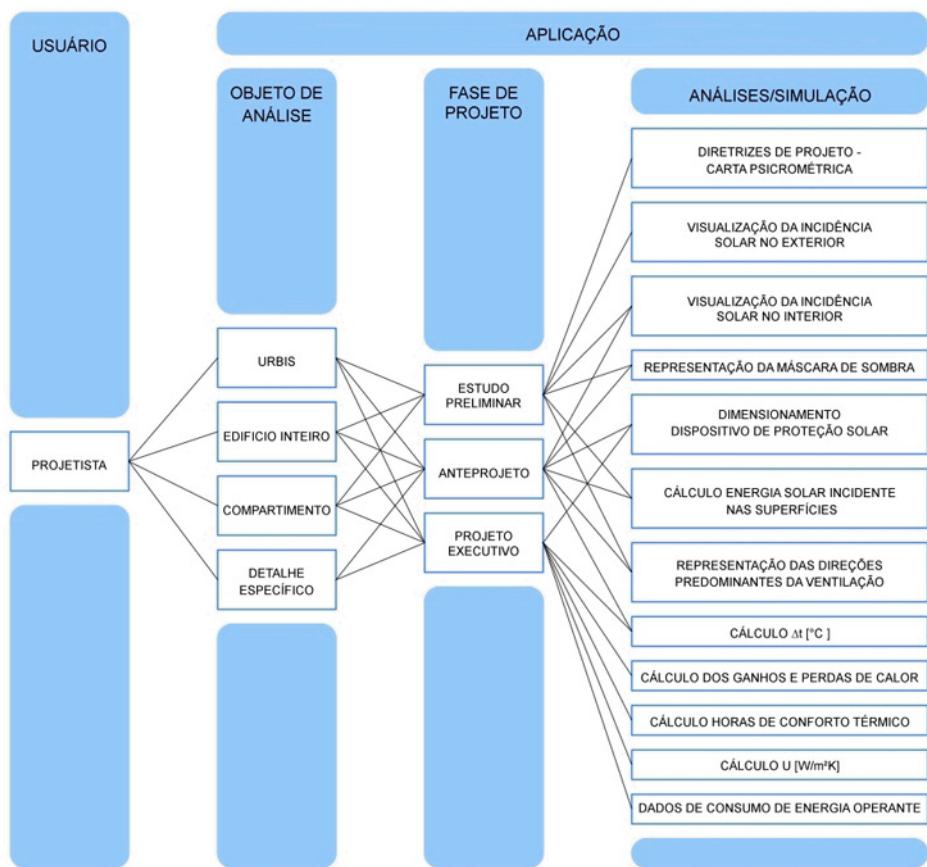


Figura 1: Diagrama Indicador para avaliação de desempenho térmico

A partir desta primeira sistematização de informações, o próximo passo será o aprofundamento na compreensão do potencial de cada programa em realizar as simulações e análises. Será escolhido um exemplar de habitação de interesse

social para servir de estudo de caso para a realização, em cada programa, de todas as simulações e análises possíveis, vinculadas à avaliação de desempenho térmico. Com isto, procura-se verificar as limitações e potencialidades destas ferramentas, considerando, inclusive os recursos para modelagem geométrica da edificação e a capacidade de importação e interpretação dos modelos gerados em outras plataformas. Estes resultados deverão ser comparados entre si, assim como com medições realizadas no ambiente construído, a título de calibração e validação das ferramentas e dos processos empregados.

4. Considerações Finais

Apesar da crescente facilidade de manuseio, as ferramentas BIM demandam dos projetistas uma definição prévia e precisa de certas estratégias projetuais, o que pressupõe um alto nível de conhecimento sobre tecnologias da construção para a formulação do modelo, assim como sobre suas implicações no desempenho térmico da edificação.

As experiências ora em desenvolvimento servirão de referência para a elaboração de uma metodologia para avaliação de desempenho térmico durante o processo de projetação de edificações, contemplando as especificidades das habitações de interesse social, alinhada ao conceito de Modelagem da Informação para Construção. Espera-se, com isso, contribuir para a produção de edificações mais eficientes e sustentáveis.

Referências

AUTODESK GREEN BUILD STUDIO QUESTIONS AND ANSWERS, 2011a. Disponível em: < http://images.autodesk.com/adsk/files/GBS_FAQ_6_7_11.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2012.

AUTODESK PROJECT VASARI. Autodesk Labs, 2011b. Disponível em: <<http://labs.autodesk.com/utilities/vasari/>>. Acesso em: 30 mar. 2012.

DESIGNBUILDER. Disponível em: <www.DesignBuilder.co.uk>. Acesso em: 21 mar. 2012.

ENERGYPLUS MANUAL, 2011. Getting Started with EnergyPlus - Basic Concepts Manual -Essential Information You Need about Running EnergyPlus (and a start at building simulation). Ernest Orlando Lawrence Berkeley National

Laboratory, Berkeley, USA.

GRAPHISOFT ECODESIGNER. GRAPHISOFT EcoDesigner User Guide, 2011. Disponível em: <http://www.graphisoft.hu/ftp/marketing/ed/ed_user_guide.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Avaliação do desempenho térmico e energético de edificações e projetos.** Disponível em: <http://www.ipt.br/solucoes/190-avaliacao_do_desempenho_termico_e_energetico_de_edificacoes_e_projetos.htm> Acesso em: 30 mar. 2012.

MELO, Ana Paula; BARCELOS, Michele M. **Engenheiros e arquitetos se rendem ao EnergyPlus** - Programa de simulação é cada vez mais usado para implementar conceitos de sustentabilidade -. Portal da EA - Engenharia e Arquitetura, 2011. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitetura.com.br/noticias/417/Engenheiros-e-arquitetos-se-rendem-ao-EnergyPlus.aspx>>. Acesso em: 20 mar. 2012

MENDES, N.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R.; CUNHA NETO, J. A. B. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005.

THUESEN, K., KIRKEGAARD, P.H. and LUND JENSEN, R., 2010. Evaluation of BIM and Ecotect for conceptual architectural design analysis. In Computing in Civil and Building Engineering, **Proceedings of the International Conference**, W. TIZANI (Editor), 30 June-2 July, Nottingham, UK, Nottingham University Press, Paper 85, p. 169.

U.S. DEPARTAMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Energy Simulation Software.** Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>>. Acesso em: 30 mar. 2012.

Índice Remissivo

abordagem BIM

103, 286, 445, 447, 460, 507

adoção tecnológica

41, 60

AEC

41, 44, 46, 47, 49, 51, 52, 58, 59, 143, 144, 149, 152, 153, 154, 158, 173, 174, 190, 191, 192, 206, 221, 222, 223, 234, 243, 251, 258, 266, 268, 322, 342, 354, 436, 465, 489, 490, 491, 492, 493, 496, 502, 508, 525, 527

alvenaria

83, 146, 234, 235, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 348, 350, 353, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 363, 364, 365, 366, 369, 370, 372, 373, 374, 375, 379, 380, 384, 385, 465

aprovação de projetos

232, 507, 508, 509, 514, 515

arquitetura

71, 105, 110, 115, 116, 118, 121, 122, 158, 161, 172, 173, 175, 189, 190, 191, 193, 194, 197, 198, 199, 200, 207, 209, 214, 216, 221, 222, 223, 232, 233, 234, 236, 239, 243, 255, 256, 265, 266, 269, 272, 275, 276, 277

base de dados

42, 146, 223, 240, 312, 350, 393, 485, 525, 541

binding

421, 422, 423, 426, 428, 429, 431

biotério

473, 474, 475, 476, 479, 480, 481, 482, 484, 485, 486

bloco de concreto

342

Building Information Modeling

29, 35, 37, 38, 41, 42, 63, 88, 103, 106, 109, 110, 128, 143, 144, 149, 151, 158, 205, 206, 222, 224, 281, 282, 353, 393, 403, 404, 407, 420, 463, 464, 465, 474, 507, 508, 525, 539

CAD-BIM

247, 341, 342, 343, 345, 369, 370, 371, 372, 373

compatibilização de projetos

109, 110, 111, 112, 115, 124, 293, 306

competência

176, 177, 180, 189, 190, 196, 198, 201, 205, 207, 208, 209, 212, 214, 216, 251, 252, 253, 254, 259, 330, 335

construção

547

Construção

29, 38, 41, 45, 63, 81, 88, 97, 109, 124, 143, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 171, 172, 173, 177, 178, 196, 197, 201, 205, 206, 221, 223, 244, 251, 255, 256, 265, 266, 275, 281, 314, 321, 322, 325, 328, 341, 353, 369, 385, 387, 389, 391, 400, 403, 419, 436, 445, 446, 454, 459, 460, 465, 473, 485, 489, 494, 507, 509, 510, 519, 525, 539, 540, 541, 542, 545, 546

currículo

172, 174, 175, 180, 182, 189, 190, 197, 198, 200, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 236, 251, 259, 502

desempenho térmico

193, 200, 445, 446, 447, 448, 451, 452, 455, 457, 459, 460, 526, 539, 540, 541, 542, 544, 545, 546

- detecção de conflitos**
124, 213, 316
- educação**
212, 252, 256, 257
- energia incorporada**
463, 464, 465, 466, 468, 469, 470, 471
- engenharia civil**
146, 197, 199, 200, 205, 207, 208, 213, 214, 239, 494, 502
- escritório de arquitetura**
115
- especialista**
34, 35, 71, 88, 93, 135, 148, 177, 180, 190, 201, 251, 253, 254, 255, 258, 259, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 272, 278, 279, 328, 330, 335, 336, 372, 448, 451, 494, 525, 541
- fluxo de projeto**
265
- fotogrametria**
521
- Fotogrametria**
521, 522, 529, 535
- gerente**
258, 396, 407
- habilidade**
176, 179, 189, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 252, 253, 256, 258, 455, 490, 494, 525, 526, 539, 541, 542
- IFC**
49, 54, 132, 133, 140, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 167, 169, 178, 180, 181, 224, 233, 234, 235, 240, 269, 289, 305, 389, 396, 399, 411, 419, 420

ifcXML

235, 420, 421, 422, 423, 424, 427, 428, 431

inovação

43, 45, 336

interoperabilidade

23, 25, 35, 36, 42, 44, 45, 49, 50, 53, 90, 105, 132, 133, 144, 153, 157, 158, 159, 162, 164, 166, 167, 169, 179, 181, 195, 199, 206, 209, 231, 233, 234, 239, 243, 244, 294, 299, 325, 328, 389, 411, 419, 420, 421, 422

mercado imobiliário

281, 283, 284, 328

metamodelagem

50, 70, 90, 129, 132, 134, 234

micromodelagem

50, 130, 234

modelagem da informação da construção

26, 41, 42, 44, 46, 49, 57, 59, 89, 146, 212, 213, 215, 216, 308, 322

modelagem de produto na construção

63, 82, 88, 89, 90, 238, 420

modelo 3D

113, 277, 363, 383, 384, 405

modulação

346, 347, 356, 358, 360, 361, 363, 364, 366, 367, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 378, 381, 382, 383, 384, 385

nuvem de pontos

196, 213, 521, 522, 523, 524, 528, 529, 531, 532, 533, 534

orçamentação

113, 387

parametrização

206, 288, 365, 367, 474, 514

pedagogia

171, 172, 491, 494

processo de projeto

29, 31, 32, 36, 38, 45, 48, 49, 64, 72, 86, 89, 91, 92, 97, 98, 101, 102, 105, 106, 110, 112, 115, 124, 127, 128, 131, 136, 137, 162, 165, 231, 232, 236, 239, 276, 279, 281, 287, 294, 298, 299, 302, 307, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 332, 333, 335, 342, 343, 387, 388, 403, 406, 413, 445, 446, 448, 460, 473, 474, 476, 480, 481, 485, 509

projetação

207, 236, 309, 311, 312, 317, 447, 455, 460, 525, 528, 539, 540, 541, 544, 545, 546

projeto arquitetônico

85, 89, 97, 98, 100, 133, 157, 158, 159, 162, 165, 193, 197, 207, 231, 232, 235, 239, 299, 304, 348, 445, 446, 449, 451, 453, 511, 514, 540

projeto de edificações

86, 87, 97, 100, 324

realidade virtual

12, 210, 400, 489, 491, 502, 526

representação

36, 42, 49, 55, 64, 67, 68, 69, 75, 76, 86, 87, 93, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 112, 113, 118, 123, 132, 133, 134, 136, 145, 164, 165, 169, 175, 176, 177, 197, 206, 211, 214, 234, 235, 236, 312, 344, 345, 346, 348, 353, 354, 355, 356, 359, 360, 366, 367, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 379, 380, 384, 385, 405, 423, 425, 437, 446, 451, 453, 459, 480, 500, 520, 525, 527, 528, 529, 535, 541

Revit

37, 119, 128, 159, 160, 164, 165, 167, 232, 235, 236, 239, 244, 299, 301, 302, 303, 304, 308, 353, 355, 356, 357, 358, 359, 362, 364, 365, 366, 367, 372, 376, 384, 395, 407, 411, 426, 435, 437, 441, 455, 463, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 477, 482, 483, 485, 532, 533, 534, 543

sistema de classificação

143, 144, 147, 148, 149, 152, 153, 154, 414

supermodelagem

50, 129, 130, 234

sustentabilidade

46, 177, 178, 210, 222, 334, 388, 389, 445, 463, 464, 465, 468, 475, 486, 542

visualização científica

489, 491