



GESTÃO E TECNOLOGIA DE PROJETOS

Design Management and Technology

2015 jul.-dez.; 10(2)

Uma publicação do
Instituto de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo



© Gestão e Tecnologia de Projetos

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

Periodicidade

Semestral

Tiragem

revista eletrônica



iau usp

Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo [IAU-USP]

Avenida Trabalhador São-Carlense, 400 - Centro

13566-590, São Carlos - SP, Brasil

Telefone: +55 16 3373-9311

Fax: +55 16 3373-9310

www.iau.usp.br

Ficha Catalográfica

Gestão e Tecnologia de Projetos / Universidade de São Paulo.
Instituto de Arquitetura e Urbanismo. - v. 1, n. 1 (2006) - .
- São Carlos: USP, 2006 -

Semestral

ISSN 1981-1543

1. Processos e tecnologias de projetos - Periódicos.
Arquitetura. I. Universidade de São Paulo. Instituto de
Arquitetura e Urbanismo.

Apoio

Programa de Apoio às Publicações Científicas Periódicas da USP - SIBI USP

Bases de Indexação e Divulgação

DOAJ
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

latindex



.periodicos.

Produção e Assessoria Editorial

TIKINET

5 EDITORIAL

Mônica Santos Salgado, Sergio Scheer, Sheila Walbe Ornstein

7 O MODELO TRIDIMENSIONAL FÍSICO COMO INSTRUMENTO DE SIMULAÇÃO NA HABITAÇÃO SOCIAL

The three-dimensional physical model as a simulation tool in social housing

Cesar Imai, Maurício H. Azuma, Rodrigo Rodrigues, Marcela Zalite

21 PROCESSO DE PROJETO EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS: AVALIAÇÃO DE PROJETISTAS E CONSTRUTORES

Design process in real estate projects: evaluation of designers and construction engineers

Kelma Pinheiro Leite, José de Paula Barros Neto, Marina Teixeira, Camila Claudino

35 INTEROPERABILIDADE DE FERRAMENTAS DE MODELAGEM PARAMÉTRICA EM PROJETOS DE PLANTAS INDUSTRIAIS

Interoperability of parametric modeling tools in industrial plant designs

Ezequiel Rosa Dias, Eduardo Marques Arantes

47 GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM EMPREENDIMENTOS HOSPITALARES: ESTUDO DE CASO

Gestão do processo de projeto de instalações elétricas em empreendimentos hospitalares: estudo de caso

Breno Oliveira, Cícero Starling, Paulo Roberto Andery

61 DEFINIÇÃO DE PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DE COMPONENTES BIM COMUNS A PARTIR DO ENERGYPLUS

Definition of properties and characteristics of common BIM Components from EnergyPlus

Sérgio Leal Ferreira

- 71 O USO DO VDC SCORECARD NA VALIDAÇÃO DE MÉTODOS PARA ANÁLIS DE DESEMPENHO DA GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NO CENÁRIO BRASILEIRO**
Use of VDC scorecard in the validation of methods for analysis of performance in the design process management in the brazilian scene
Saulo Britto, Sérgio Scheer, Calvin Kam, Martin Fischer
- 87 DISCUTINDO CITY INFORMATION MODELING (CIM) E CONCEITOS CORRELATOS**
Discussing City Information Modeling (CIM) and related concepts
Arivaldo Leão de Amorim
- 101 O USO DO CIM (CITY INFORMATION MODELING) PARA GERAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO EM CONJUNTOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO**
CIM (City Information Modeling) use for the generation of site layouts for social housing complexes: a teaching experience
José Nuno Beirão, Leticia Teixeira Mendes, Gabriela Celani
- 113 ESCANEAMENTO 3D A LASER, FOTOGRAMETRIA E MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO PARA GESTÃO E OPERAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS**
3D laser scanner, photogrammetry and bim for historic buildings facilities management and operation
Eloisa Dezen-Kempton, Lúcio Soibelman, Meida Chen, Alexandre Victor Müller Filho

Editorial Volume 10 Número 2 Dezembro de 2015

Este número especial da *Gestão e Tecnologia de Projetos* (GTP) tem por objetivo comemorar os dez anos de existência da revista.

Nestes dez anos, em prol de debates acadêmicos, interdisciplinares e desafiadores não só para os pesquisadores, mas também para os projetistas inseridos no mercado de trabalho, temas como gestão do processo de projeto, qualidade do projeto, tecnologia da informação voltada ao processo de projeto, avaliação pós-ocupação e outros correlatos foram apresentados nos seus aspectos conceituais e no formato de estudos de caso.

Foram publicados 116 artigos (incluindo este número), lançando luzes no processo de projeto e na qualidade do produto imobiliário final. Trata-se de uma tarefa imensa, da parte de seus editores, não só manter ininterruptamente a dinâmica de um periódico acadêmico, mas também colocar no centro da discussão o próprio processo de trabalho, especialmente dos arquitetos e dos engenheiros, parceiros na construção civil. Sobre esta questão, deve-se mencionar que até o final do século passado pouco se discutia de forma sistêmica como transformar os mecanismos do processo de projeto – especialmente no caso de equipes amplas e vinculadas e projetos de empreendimentos complexos – em procedimentos mais eficientes. A qualidade do processo de projeto, da comunicação entre os diversos agentes e, finalmente, a qualidade do produto, dependia somente de esforços individuais pouco mensuráveis. Hoje é possível se contar com diversos softwares, ferramentas e procedimentos metodológicos para a realização da gestão de todas as etapas, do planejamento do empreendimento até a pós-ocupação. Tal ambiente, muito mais complexo, exigiu esforços de pesquisadores em várias partes do mundo e, no Brasil, isto pode ser verificado em universidades do Sul ao Nordeste.

Considerando este contexto e como parte desta celebração dos dez anos da GTP, foram selecionados nove artigos muito bem avaliados no IV Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído (SBQP 2015) e no VII Encontro Nacional de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC 2015), cujos autores, com a concordância dos organizadores dos eventos, foram convidados a submetê-los novamente a GTP, atendendo as diretrizes da revista e, mais uma vez, a avaliadores *ad hoc*. Assim é que, a nosso ver, com a migração dos artigos (nos respectivos anais dos eventos permaneceram apenas os resumos) para a GTP, ganham os leitores interessados nos temas da qualidade do projeto e da tecnologia da informação e nas interfaces existentes entre esses dois temas, pois os autores puderam se deter ainda mais na qualidade dos conteúdos dos artigos.

C. Imai, M. H. Azuma, R. Rodrigues e M. G. A. Zalite descrevem como um protótipo tridimensional pode auxiliar no entendimento das demandas subjetivas de usuários idosos da habitação social, apontando as vantagens e desvantagens dessa prática – o uso de modelos tridimensionais na avaliação pré-projeto no que diz respeito às necessidades dos usuários.

K. P. Leite, J. de P. Barros Neto, M. Teixeira e C. Claudino realizam ampla *survey* entre projetistas e construtores para melhor compreender de que forma esses profissionais avaliam os processos de projeto e os produtos imobiliários deles decorrentes, identificando os aspectos apontados como insatisfatórios. Discutem em especial o ponto de vista dos profissionais diante dos desafios de se implementar o *Building Information Modeling* (BIM) tendo como pano de fundo o mercado imobiliário de Fortaleza, Ceará.

E. R. Dias e E. M. Arantes debatem a troca de dados entre ferramentas BIM adotadas por empresas de Belo Horizonte, Minas Gerais, no desenvolvimento de projetos industriais. É abordado o fluxo de troca de dados entre softwares, as etapas de projeto e as equipes atuantes em cada uma delas. Discutem, de forma atual, a necessidade dos projetistas e seus clientes avançarem do 2D para o 3D e aproveitarem de maneira mais eficaz as tecnologias disponíveis.

B. de A. Oliveira, C.M. D. Starling e P. R. Andery introduzem estudo de caso exploratório sobre processos de projeto de instalações elétricas em dois hospitais de grande complexidade. Como procedimentos metodológicos para a pesquisa, além da base documental, os autores realizaram reuniões e entrevistas com os projetistas, o que permitiu identificar, no caso dos diversos agentes envolvidos, as falhas no processo de projeto e as possíveis ações corretivas. A pesquisa aponta, por fim, a obsolescência das práticas atuais de gestão de projetos adotadas e também a pouca adequação dos programas de necessidades às edificações hospitalares.

S. L. Ferreira trata do caminho a percorrer no dicionário de dados a partir de dados de entrada utilizados para a criação de componentes BIM (como portas e janelas) com suas propriedades e dados necessários a uma modelagem eficiente voltada para a eficiência energética com uso do EnergyPlus. Vale mencionar que o enfoque em usos de componentes BIM para várias análises específicas foi a estratégia selecionada no âmbito do Grupo de Trabalho sobre Componentes BIM da Comissão Especial de Modelagem da Informação da Construção (CEE143) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O artigo traz como resultado um método de extração de dados e discute sua ampliação para os diversos componentes existentes em um modelo BIM.

S. Britto e S. Scheer iniciam investigação sobre a aplicação de um método de avaliação de desempenho na adoção e implantação do BIM em uma visão mais abrangente comumente chamada de “*virtual design and construction*” (VDC). O método VDC Scorecard e uma possível adaptação à realidade brasileira são abordados a partir de estudo sobre outros sistemas e métricas de avaliação. A primeira aplicação em casos brasileiros é relatada, tratando de aspectos como benefícios registrados, dificuldades na implementação e boas práticas na gestão do projeto ou empreendimento.

A. L. de Amorim discute o paradigma *City Information Modeling* (CIM) a partir de uma abordagem ampla e considerando um viés teórico e conceitual desse e de outros termos relacionados.

N. Beirão, L. Mendes e G. Celani tratam da utilização de formalismo da gramática da forma e de modelagem paramétrica como métodos para a geração de espaços públicos em conjunto de habitações de interesse de social no Brasil. Descrevem uma experiência realizada como parte dos testes do método proposto na forma de uma oficina com estudantes de Arquitetura e Urbanismo denominada de “*parametric urban design*”.

Finalmente, E. Dezen-Kempton, L. Soibelman, M. Chen e A. V. Müller F., na perspectiva da adoção de BIM na preservação de edificações históricas, apresentam os resultados de integração de tecnologias de levantamento híbridas (escaneamento 3D a laser, fotogrametria) para a captura do estado real de uma edificação histórica a sua modelagem BIM.

Os artigos que contemplam este número certamente não esgotam os temas razão de ser da GTP, mas contribuem para a ampliação do leque de pesquisas ainda a serem desenvolvidas, na próxima década.

Os editores convidados agradecem aos autores que submeteram seus trabalhos ao processo editorial da revista GTP, aos avaliadores que mais uma vez emprestaram seu tempo e conhecimentos para analisar os artigos submetidos nesta rodada e ao editor da revista pelo honroso convite. O sucesso desse número especial é resultado de muito trabalho e de intensa colaboração e dedicação de uma fantástica rede de relacionamentos, aspecto característico da gestão do processo de projeto, e bem ao tom das tecnologias de informação e comunicação!

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Mônica Santos Salgado, FAU UFRJ

Sergio Scheer, CESEC UFPR

Sheila Walbe Ornstein, FAU USP

Co-editores convidados

O MODELO TRIDIMENSIONAL FÍSICO COMO INSTRUMENTO DE SIMULAÇÃO NA HABITAÇÃO SOCIAL

The three-dimensional physical model as a simulation tool in social housing

Cesar Imai¹, Maurício H. Azuma², Rodrigo Rodrigues¹, Marcela Zalite¹

RESUMO A utilização dos modelos tridimensionais é uma prática antiga da Arquitetura, pois tinha por objetivo comunicar conceitos a serem concretizados pelos projetos e pelas edificações. Esses modelos buscam transmitir ideias e valores, e simultaneamente comunicam as intenções do projeto, principalmente para os usuários ou pessoas que possuem o poder decisório sobre a concretização do objeto arquitetônico. Este trabalho apresenta uma proposta de um protótipo de simulação tridimensional, buscando aplicar simulações de projetos habitacionais e avaliar a dimensão subjetiva do comportamento humano em relação ao espaço habitacional. Esse protótipo difere da maquete arquitetônica tradicional por utilizar mecanismos de registro de informações e delimitação de parâmetros mínimos de utilização dos ambientes. O artigo relata a aplicação de um estudo piloto que tem como objetivo verificar como um protótipo tridimensional, com características específicas, pode auxiliar na identificação das demandas subjetivas e das prioridades dos usuários da habitação, com especial atenção aos usuários idosos. Para tanto, o protótipo do presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de ser o mais didático possível para essa parcela da população. Essas simulações foram aplicadas com um grupo de usuários, de forma individual e separadamente com cada um, seguindo um roteiro de questões a serem abordadas durante o procedimento. Os dados coletados na pesquisa permitem identificar as limitações e vantagens da utilização do protótipo tridimensional na comunicação entre o usuário leigo e o projetista técnico, identificando as potencialidades do instrumento enquanto processo auxiliar de avaliação prévia do projeto. Ao mesmo tempo, foi possível compreender os valores, os ideais e a forma de compreensão do problema por parte dos usuários, de tal maneira a auxiliar na revisão dos procedimentos de futuras pesquisas com protótipos.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos tridimensionais, Simulação, Protótipos, Avaliação pré-projeto, Maquetes.

ABSTRACT The use of three-dimensional models is an old practice in architecture. They aim to report concepts that must be implemented by the design and the buildings. These models try to convey ideas and values, while communicate the intentions of the project, especially for users or people who have decision-making power on the implementation of the buildings. This paper presents a proposal for a three-dimensional simulation prototype, seeking to apply housing projects simulations and evaluate the subjective dimension of human behavior in relation to housing. This prototype differs from the traditional architectural model by using data logging and delimitation of minimum standards for the use of environments. The article reports the implementation of a pilot study that aims to identify the subjective demands of residential users, with special attention to the elderly users. Thus, the prototype of the present study was developed with the goal of being the most didactic possible for this population. These simulations were applied to a group of users, individually, following a script of questions addressed during the procedure. The data collected in the research identified the limitations and advantages of using the prototype in communication process between the users and the designer, identifying the potential of the instrument as a process aid of assessment of the design. At the same time it was possible to understand the values, ideals and way of understanding the problem for users, and help in the review of procedures for future research on prototypes.

KEYWORDS: Three-dimensional models, Simulation, Prototypes, Pre design analysis, Scale models.

¹ Universidade Estadual de Londrina

² Universidade de São Paulo (São Carlos)

How to cite this article:

IMAI, C.; AZUMA, M. H.; RODRIGUES R.; ZALITE M. O modelo tridimensional físico como instrumento de simulação na habitação social. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 7-19, jul./dez. 2015 <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.101782>

Fonte de financiamento:
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Conflito de interesse:
Declararam não haver

Submetido em: 05 ago. 2015

Aceito em: 05 out. 2015



INTRODUÇÃO

Os modelos tridimensionais são, há muito tempo, utilizados na Arquitetura e têm como objetivo comunicar conceitos a serem concretizados por projetos e edificações. Diversos aspectos podem ser discutidos ou apresentados por meio de modelos que, muitas vezes, buscam transmitir e reportar os valores intrínsecos e características físicas do projeto, principalmente para usuários ou grupos de agentes detentores do poder decisório sobre a concretização da edificação.

Este trabalho apresenta uma proposta de um protótipo de simulação tridimensional, buscando aplicar simulações de projetos habitacionais e avaliar a dimensão subjetiva do comportamento humano em relação ao espaço habitacional. Os aspectos comportamentais envolvendo os usuários de qualquer ambiente construído serão mais bem compreendidos quanto melhor for o processo de comunicação entre estes e os projetistas dos espaços. Dessa forma, é inequívoca a necessidade de instrumentos onde a representação do projeto esteja em uma linguagem mais didática e acessível às pessoas leigas, tornando-se importante para a adequada captura dos requisitos e definição dos atributos de um edifício. Esse aspecto dependerá das características dos eventuais usuários que o projeto esteja destinado a atender e das eventuais dificuldades, de determinados grupos, em compreender os instrumentos tradicionais de representação, comumente utilizados na Arquitetura.

Este artigo também relata a aplicação de um estudo piloto que pretende verificar como um protótipo tridimensional, com características específicas, pode auxiliar na identificação das demandas subjetivas e das prioridades dos usuários da habitação, com especial atenção aos usuários idosos. Essa faixa de usuários foi escolhida devido ao notório aumento na expectativa de vida da população, o que nos mostra que, ao longo do tempo, a população idosa terá um peso significativo na proporção populacional.

Dependendo da forma como são elaborados, os modelos físicos podem ser flexíveis e didáticos, pois permitem montagens de uma grande variedade de alternativas de projetos e proporcionam uma melhor visualização e entendimento do projeto por outros profissionais e, principalmente, pelos usuários. As informações e os requisitos destes podem ser identificados no processo de simulação, levantando questões de prioridades nas necessidades diárias, tanto na rotina doméstica das donas de casa, como na das pessoas idosas. O estudo buscou verificar como o modelo pode permitir uma maior compreensão do projeto e melhorar a comunicação com o projetista, permitindo um entendimento mais aprofundado das necessidades e dos valores desejados por esses usuários nas moradias.

O crescente número de idosos no Brasil alerta para a necessidade do avanço em estudos sobre o meio espacial onde convivem, seja a cidade, o bairro e, principalmente, a habitação (MONTENEGRO; TOLEDO, 2013). Uma habitação não somente traz conforto, segurança e independência, como também contribui para a dignidade do idoso. A permanência do idoso em sua moradia, segundo especialistas, é um fator de saúde, mesmo para os que apresentam dificuldades de realização de atividades da vida diária (BERNARDO, 2005).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Modelos tridimensionais

O uso de modelos tridimensionais é um recurso importante dentre os métodos de representação das ideias no campo da arquitetura. Os desenhos à mão, croquis, desenhos em CAD e simulações computacionais são instrumentos comuns e atuais de comunicação de informações sobre

um objeto a ser criado. O modelo tridimensional físico, entretanto, tem demonstrado ser um elemento de difícil substituição em alguns casos, pois possibilita uma maior percepção do objeto e a sua tangibilidade proporciona uma correlação com o ambiente real, mesmo que de forma intuitiva e análoga. Sobre essa analogia, Schön (2000) descreve que é uma característica do ser humano relacionar a experiência anterior dentro de situações atuais que não são familiares, de tal forma que associe essa experiência a um caso novo e original. Assim, podemos dar sentido aos problemas que não se encaixam em parâmetros ou regras existentes. O modelo físico pode contribuir nesse aspecto, pois tem como principal característica permitir uma analogia fácil e direta com o objeto real a partir da representação, mesmo que em escala reduzida. Nesse sentido, Serra (2006) descreve que o modelo físico assume o papel de instrumentalização didática, agindo como elemento facilitador na compreensão do projeto proposto, onde o observador, muitas vezes, necessita de informações inteligíveis e descomplicadas. Desta forma, o modelo físico desempenha uma função importante, pois pode se assemelhar bastante ao objeto representado, principalmente pela sua materialidade e dinamismo na visualização (IMAI; AZUMA, 2009).

Ainda que o modelo seja uma forma de simplificação do original, ele tem por objetivo, em sua característica reducionista, permitir a manipulação e observação do todo, que não seria possível no objeto real (ECHENIQUE, 1975; SERRA, 2006). A noção de conjunto, dessa forma, é muito mais perceptível no modelo reducionista e melhora significativamente a compreensão do projeto por parte do usuário leigo (CELANI et al., 2009). Porém, ao mesmo tempo em que a redução é necessária, ela também gera toda a sorte de deformações decorrentes da perda de informações sobre o objeto real e da necessidade de uma certa capacidade de abstração das pessoas que manipulam ou estão em contato com o modelo.

Segundo Sommer e Sommer (1991), as simulações em geral, incluindo aquelas que utilizam modelos, devem ser realísticas (o suficiente para que os participantes possam entender no modelo os aspectos do objeto real) e, ao mesmo tempo, não realísticas demais, pois podem “estressar” os participantes em seu procedimento, considerando que as condições de observação e registro da simulação podem causar uma percepção nos participantes de que estão sendo avaliados e que certo desempenho deva ser alcançado durante o processo. Outro aspecto que pode ser considerado como a principal vantagem da simulação, de acordo com esse autor, é a de que ela permite economia de tempo e recursos comparado com situações reais.

Nesse sentido, os avanços tecnológicos na área de representação da arquitetura permitiram que a simulação com modelo físico, enquanto instrumento para o desenvolvimento de projetos e comunicação das ideias, tenha adquirido novas possibilidades e continue sendo empregada até os dias atuais. O processo de fabricação do modelo teve incorporado os recursos e equipamentos derivados das próprias inovações tecnológicas, principalmente os equipamentos controlados por computador do tipo CNC (Controle Numérico Computadorizado), tais como cortadoras a laser, fresadoras com vários eixos, impressoras 3D e demais soluções de materialização digital.

Além da característica representativa, o modelo pode assumir também a função de protótipo, com característica de simulação, buscando uma relação de avaliação do desempenho ou funcionamento do edifício. Esse aspecto do modelo é proposto por Alberti¹ (2012), que o descreve como um instrumento que pode prever modificações, tais como: acréscimos, diminuições, trocas de posições, novas soluções e até mesmo a alteração da proposta inicial, para que o projeto esteja satisfatório antes de iniciar a obra. Em outro momento, o autor afirma que “os edifícios **se projetarão**

¹ Primeira edição brasileira (2012) da obra “Da arte de construir” (*De Re Aedificatoria*) de Leon Battista Alberti, apresentada em 1452 e publicada postumamente em 1485.

e se pensarão a partir dos modelos; mas o projeto não pode limitar-se ao que se deve construir; é necessário **prever como base em todos os modelos**, e assim procurar o que será útil no decorrer da construção, [...]” (ALBERTI, 2012, p. 381, grifo nosso). Entre os modelos citados por Alberti (2012), estão incluídos a maquete e outros modelos em tamanho natural, sendo que o emprego destes poderia deixar o pensamento mais preciso, melhorando desta forma o projeto. A maquete, neste caso, apropria-se de um atributo de modelo de experimentação durante o processo projetual, pois não só representa, mas também é o próprio projeto em desenvolvimento.

A compreensão do projeto por meio do modelo tridimensional

Segundo Pallasmaa (2011), o computador cria uma distância entre o criador e o objeto, enquanto que os desenhos manuais e as maquetes convencionais trazem um aspecto tátil com o objeto ou espaço, de tal forma que ele está ao mesmo tempo em nossas mãos e dentro de nossa cabeça, em uma espécie de projeção e criação mental no ato de fazer e sentir. Nessa linha de pensamento “o cérebro não vive dentro da cabeça... o cérebro é a mão e a mão é o cérebro” (PALLASMAA, 2013, p.35).

Nesse sentido, o ato de observar, refletir e conhecer por meio da ação, segundo Schön (2000), será sempre uma construção na qual nós tentaremos colocar de forma explícita e simbólica uma espécie de conhecimento que começa de forma espontânea. Seguindo esse raciocínio, os modelos físicos, ao possibilitar o uso das mãos, enriquecem o contato com o projeto, melhorando as soluções no processo de criação e ampliando a capacidade mental de quem os manipula (PINA; BORGES FILHO; MARANGONI, 2011).

A construção do conhecimento no processo de projeto demanda o uso de mecanismos ou de instrumentos que possibilitem uma melhor comunicação entre o usuário e o projetista. Um aspecto significativo é observado por Malard et al. (2002) ao descreverem que a obtenção da participação de um leigo num projeto constitui-se em oferecer meios para que este possa acessar os códigos de representação, compreendendo o que está sendo proposto e assim contribuir com a sua proposição. Caso contrário, a participação se resume apenas em uma manipulação para legitimar decisões dos arquitetos e demais técnicos envolvidos. Dessa forma, é necessário proporcionar aos usuários um diálogo onde todos utilizem a mesma linguagem, pois segundo Sommer (1979), não é viável solicitar aos usuários sugestões sobre questões das quais eles não entendem. A interação entre projetista e cliente/usuários finais também é tratada por Kowaltowski et al. (2006b), que orientam para que a discussão ocorra de maneira mais direta, evitando-se interpretações erradas. Neste caso, as simulações em modelos devem ser investigadas para verificar em qual situação permitem, ou não, a compreensão dos espaços pelos usuários.

A preocupação em aproximar o usuário ou cliente ao processo de design não é exclusivo da arquitetura, sendo que, cada vez mais, há iniciativas para que esse procedimento ocorra de forma participativa, de tal modo que o produto englobe as necessidades e desejos dos usuários. Segundo Sanders e Stappers (2014), essa situação pode ser contemplada pela prática do co-design, onde há uma participação entre usuário, projetista e pesquisador, sendo que os papéis se misturam: o usuário é colocado como “expert” da sua experiência, o pesquisador dá suporte ao usuário fornecendo ferramentas e o designer (projetista) dá forma às ideias (projeto). Esse procedimento é diferente do caso clássico, no qual o usuário fica distante, participando apenas em pesquisas para gerar um perfil generalizado. As ferramentas no co-design desempenham um papel importante, pois são elas que servirão como estímulo para promover a participação.

Um exemplo de uso da maquete como instrumento interativo e de comunicação em ambiente colaborativo é descrito por Celani et al. (2009) em um caso onde ela foi utilizada como instrumento de planejamento do acervo de um museu e, ao final, os curadores relataram que obtiveram uma apreensão do conjunto das salas, que dificilmente seria alcançada de outras maneiras.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho em questão apresenta a utilização de um protótipo tridimensional para simulações do ambiente habitacional e a avaliação desse procedimento, levando em consideração os aspectos comportamentais dos usuários. Para isso foram utilizadas técnicas propostas em pesquisas de simulação que, de acordo com Groat e Wang (2002), são úteis para estudar a dimensão subjetiva do comportamento humano em relação ao ambiente construído, em uma etapa chamada de Avaliação Pré-Projeto (APP) (BECHTEL, 1997).

Essas simulações foram aplicadas em um estudo piloto, de forma a conferir a legibilidade do instrumento e sua adequação aos objetivos de pesquisas futuras. A aplicação da simulação foi feita a partir de um projeto baseado em modelos de Habitação de Interesse Social (HIS) de cerca de 50,00m², com dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro (Figura 1).

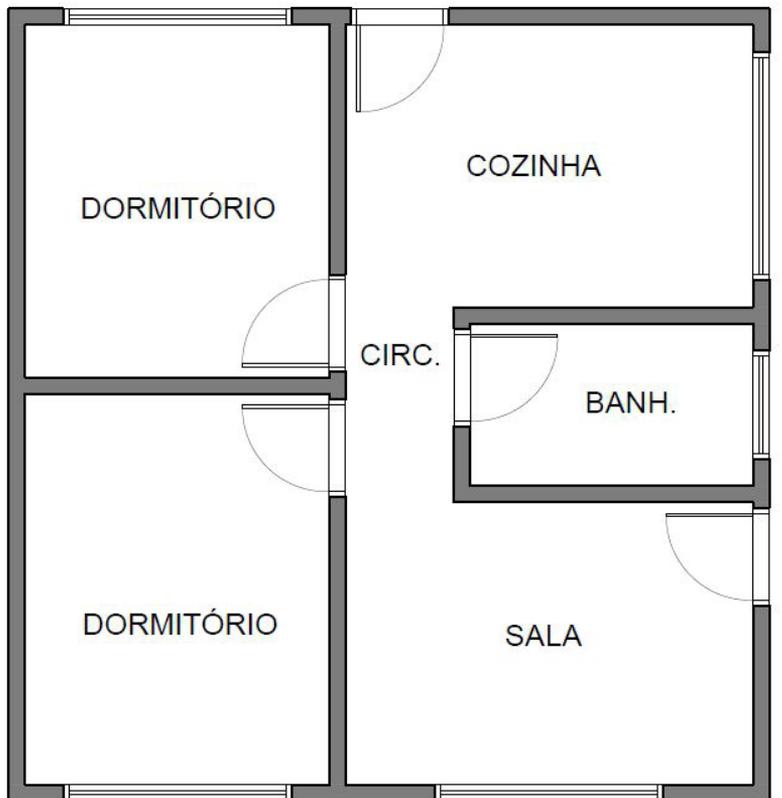


Figura 1. Projeto base para a simulação. Fonte: Elaboração dos autores.



A elaboração do protótipo aplicado foi baseada em um modelo prévio proposto por Imai (2010), com aprimoramentos necessários para captar requisitos dos usuários idosos na habitação. O protótipo difere da maquete arquitetônica tradicional por utilizar mecanismos de registro de informações dimensionais e pela delimitação de parâmetros mínimos de utilização dos ambientes e áreas mínimas de utilização do mobiliário.

O protótipo físico em escala reduzida foi fabricado a partir do uso de equipamentos como cortadoras a laser e impressora 3D do tipo FDM (Fused Deposition Modeling – Modelagem por Fusão e Deposição). O protótipo contempla uma série de informações dimensionais e referências funcionais que possibilitam aos projetistas e usuários algumas definições prévias para projetar com uma maior variedade de alternativas. O protótipo físico tinha como meta captar informações e entender como ocorrem as preferências e prioridades dos usuários. A escolha da escala 1:10 para a execução do modelo teve o objetivo de coletar dados detalhados, além de almejar facilitar a compreensão por aquele perfil de usuários. Pesquisas anteriores, que utilizaram modelos em escalas menores, indicaram a necessidade da ampliação para tentar evitar distorções de interpretação (IMAI, 2007).

As paredes foram construídas para obter uma variedade de combinações espaciais dotadas de um sistema retrátil que possibilite ampliar e diminuir suas dimensões de maneira rápida durante o procedimento da pesquisa ou de elaboração do projeto. Elas possuem a altura de 2,10m, o que permitiu simular o posicionamento e variações de esquadrias com peças que se sobrepõem às paredes e que podem ser encaixadas em qualquer módulo (Figura 2).

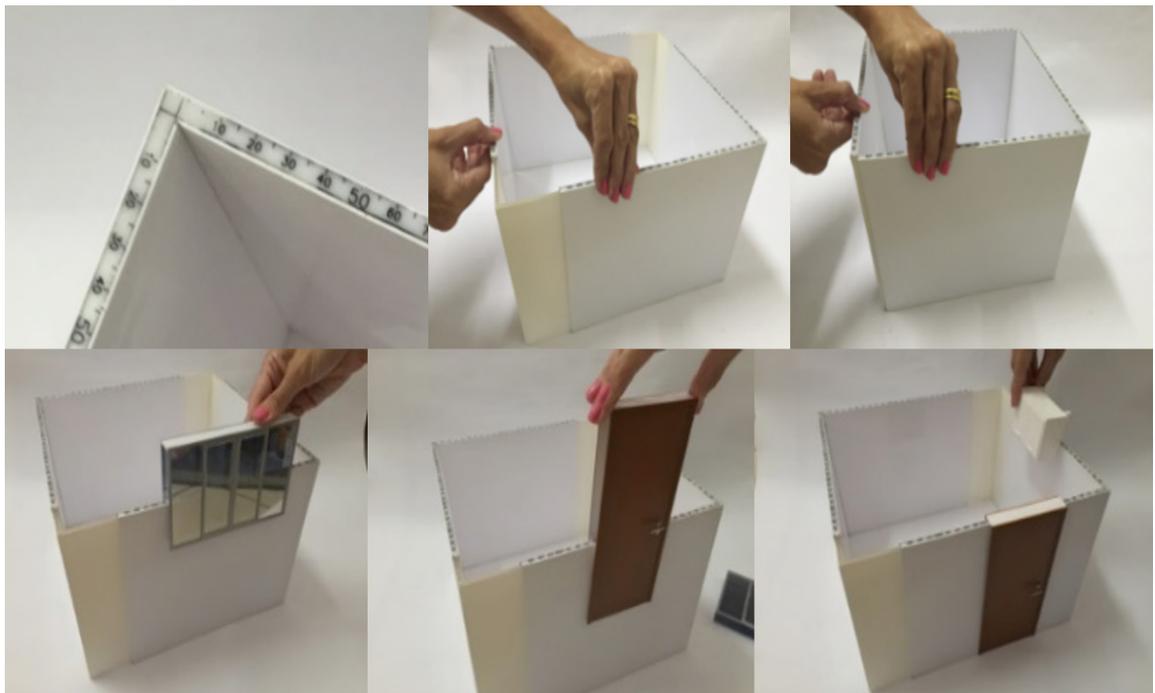


Figura 2. Módulos de montagem das paredes e aberturas. Fonte: Elaborado pelos autores.

As dimensões do mobiliário foram baseadas nos estudos de IMAI (2010), nas recomendações da norma de desempenho habitacional (ABNT, 2013), e do manual de recomendações mínimas do Programa Minha Casa Minha Vida (Quadro 1).

Quadro 1. Opções de móveis, utensílios, decoração e eletrônicos para simulação.

MOBILIÁRIO – Dimensões em centímetros (L x C)					
DORMITÓRIO CASAL	Cama	140 x 190	DORMITÓRIO SOLTEIRO	Cama	80 x 190
	Guarda-roupa 1	50 x 200		Beliche	80 x 190
	Guarda-roupa 2	50 x 160		Guarda-roupa 1	50 x 120
	Criado-mudo	50 x 50		Guarda-roupa 2	50 x 150
	Cômoda	50 x 85		Criado-mudo	50 x 50
	Escritivaninha	60 x 80		Cômoda	50 x 85
SALA DE ESTAR/JANTAR	Sofá 1 L	70 x 80	COZINHA	Fogão	55 x 60
	Sofá 2 L	70 x 120		Geladeira	70 x 70
	Sofá 3 L	70 x 170		Gabinete 1	40 x 50
	Mesa 4 L	80 x 120		Gabinete 2	50 x 80
	Mesa 4 L	100 x 100		Gabinete 3	50 x 120
	Mesa 6 L	80 x 150		Gabinete 3b	50 x 120
	Mesa circular	Ø 95		Gabinete da pia	50 x 120
	Mesa circular	Ø 120		Armário 1	30 x 40
	Mesa vidro	80 x 135		Armário 2	30 x 80
	Mesa de centro	45 x 85		Armário 3	30 x 120
	Rack 1	50 x 80	Depurador	50 x 60	
	Rack 2	30 x 110	ÁREA DE SERVIÇO	Máquina de lavar	60 x 65
	Estante	35 x 120		Tanque	52 x 53
	Prateleira	35 x 120		Armário	30 x 70
	Aparador	30 x 100			
	Ar condicionado split	15 x 90			
SANITÁRIO	Gabinete do lavatório 1	40 x 55		EQUIPAMENTOS DE MOBILIDADE, ACESSIBILIDADE E SEGURANÇA	Cadeira de rodas
	Gabinete do lavatório 2	50 x 80	Andador ortopédico		
	Armário	15 x 40			
	Vaso sanitário	65 x 38			
	Lavatório sem coluna	27 x 40			
	Box ajustável				Banco e barras para banho
UTENSÍLIOS DOMÉSTICOS	Vassoura		DECORAÇÃO E ELETRÔNICOS	Vasos	
	Rodo			Quadros diversos	
	Balde			Tapetes	
	Cesto de roupa			Notebook	
	Varal			Computador desktop	
	Mesa de passar roupa			Televisor	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cada móvel possui, em sua base, uma demarcação da área mínima de uso como referência para a execução das atividades ao redor (Figura 3). Alguns itens do mobiliário, como armários, fogão, geladeira, camas e sofás, tiveram suas partes cortadas a laser e posteriormente montadas manualmente, sendo que outros, com geometria mais complexa e dotados de curvas, como vaso sanitário, lavatório, vasos, cestos e almofadas, foram confeccionados na impressora 3D.

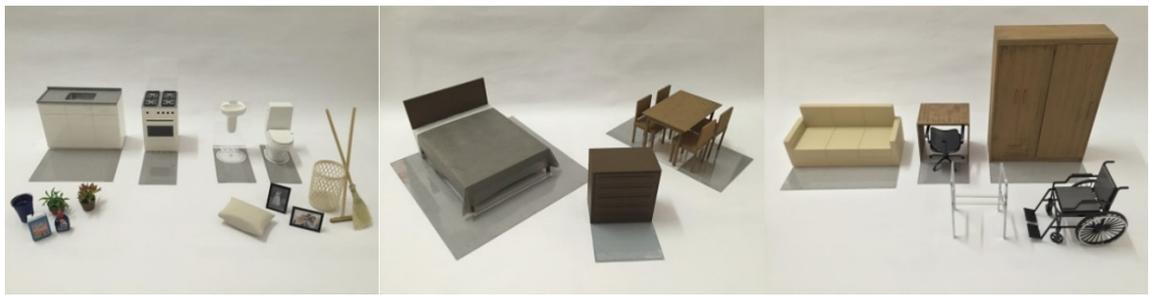


Figura 3. Mobiliário e suas áreas mínimas de uso. Fonte: Elaborado pelos autores.

O modelo foi aplicado em um processo de simulação, o qual foi registrado por imagens, vídeo, áudio e anotações por escrito. Foram feitas seis simulações com diferentes usuários em períodos diversos. Todas as entrevistadas eram do sexo feminino e cada simulação durou em média uma hora e trinta minutos. Entre as entrevistadas, quatro tinham, em média, 73 anos de idade; as demais, 41 anos. Todas possuíam experiência em atividades domésticas em moradias, sendo que as mais jovens trabalham em afazeres domésticos como atividade profissional. Esse procedimento buscou verificar se a diferença de faixa etária poderia indicar algum nível diferenciado de compreensão do protótipo.

O procedimento utilizou um roteiro de questões a serem simuladas e questionadas às entrevistadas e durante o processo foram feitas anotações de todas as informações citadas. O procedimento adotou técnicas utilizadas em entrevistas com grupos onde um moderador/entrevistador interage junto ao usuário, outro fica responsável pelas anotações e o último registra o processo com imagens e observa o comportamento do moderador e do entrevistado.

O roteiro de questões buscou investigar informações que dizem respeito às demandas espaciais e dimensionais, organizações e arranjos internos de mobiliários, fluxos e circulações, preferências declaradas pelos usuários, prioridades de escolha de alternativas e soluções, características e dimensionamentos de esquadrias e outros materiais de acabamento, equipamentos e utensílios utilizados dentro da dinâmica do uso da habitação. Dessa maneira, espera-se verificar as possibilidades de uso desse modelo para aferir, em pesquisas futuras, estas variadas demandas, tendo como foco um processo mais didático e buscando uma melhor comunicação com potenciais usuários.

Durante a atividade de simulação, o roteiro utilizado possuía a seguinte sequência:

- a) Descrever a cada participante os objetivos e a importância de sua contribuição, notadamente sobre questões de compreensão do modelo e das possibilidades de contribuir com as definições de um projeto de habitação;
- b) Mostrar uma planta baixa sem leiaute, apenas com o nome dos espaços e na mesma escala do protótipo;
- c) Aplicar a ferramenta principal com a simulação da escolha de diversos elementos constantes da habitação. Os próprios usuários faziam as escolhas e manuseavam o protótipo de forma totalmente independente. Em um primeiro momento foram simulados aspectos relacionados às alternativas de materiais e acabamentos da edificação, especificamente os pisos, revestimentos de paredes e esquadrias. Posteriormente foi feita a simulação da escolha do mobiliário e do seu leiaute por meio da hierarquia de importância para o usuário, solicitando que ele escolhesse o que julgava essencial ter em uma moradia;
- d) Identificar com os entrevistados o motivo das escolhas e das suas prioridades;
- e) Identificar a necessidade de possíveis modificações, ampliações e inserções de ambientes e/ou equipamentos;

- f) Simular situações de atividades diárias, como: chegar do supermercado com compras e armazená-las, passar roupas, uso de equipamentos da área de serviço e circulações por entre os ambientes;
- g) Finalizar a simulação com perguntas relativas a esses aspectos com o objetivo de validar as informações captadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando a planta baixa impressa, na mesma escala da maquete, foi apresentada aos entrevistados, a maioria das pessoas disseram entendê-la (83,33%), das quais metade expressaram algum tipo de opinião ou comparação de proporção entre os espaços da planta e apenas uma pessoa disse entender “mais ou menos”. Na maioria dos casos as entrevistadas fizeram uma correlação da moradia que possuem atualmente com o projeto simulado, seja para reproduzir soluções adotadas ou para reformular, com justificativas como: “eu já estou acostumada assim” e “engraçado, acaba fazendo mais ou menos como a minha casa”.

No momento de escolher revestimentos para um ambiente molhado (cozinha ou banheiro) e para os outros ambientes (sala ou quartos), metade das pessoas escolheram iniciar revestindo a cozinha, e a outra metade escolheu o banheiro, sendo que todos escolheram revestimentos na cor branca. A justificativa para o revestimento branco, em sua maioria, é que a cor clara amplia o espaço, é mais higiênico e facilita a limpeza.

Quando solicitados a escolher os revestimentos para um ambiente seco, a maioria escolheu um dos dois dormitórios. Todos escolheram pisos de madeira porque consideraram que ficaria mais “elegante e prático”. Em relação ao revestimento das paredes da sala ou do dormitório, as usuárias preferiram todas as paredes em cores claras como branco e bege, destacando uma das paredes com alguma cor diferenciada das cores claras (Figuras 4 e 5).



Figura 4. Atividade de simulação da habitação.
Fonte: Elaboração dos autores.



Figura 5. Ambientes em detalhes. Fonte: Elaboração dos autores.

Os usuários escolheram iniciar a simulação por determinado ambiente indicando a importância que estes atribuíam à atividade desenvolvida no espaço. Para esse perfil de usuário, as atividades de serviço, mesmo que de forma intuitiva, eram priorizadas para serem resolvidas inicialmente.

No momento em que os usuários iniciaram a simulação dos móveis, dos equipamentos e de seu leiaute, a maioria (66,64%) iniciou a escolha dos móveis que considerava mais importantes na habitação pela cozinha. Da mesma forma, a percepção desses usuários era a de que o banheiro era obviamente necessário e não necessitava ser simulado inicialmente.

Em menor grau de importância que a cozinha, o dormitório demonstra ser um ambiente relevante para os usuários, notadamente o dormitório do casal, com exceção de uma entrevistada que indicou que o dormitório dos filhos era prioritário para ela.

Como o modelo permite a expansão ou retração das paredes e a consequente alteração da área do projeto inicialmente simulado, quando questionados sobre a possibilidade de aumentar ou diminuir o tamanho dos ambientes no modelo, metade dos usuários escolheu ampliar os ambientes da sala, da cozinha e do dormitório do casal. Nenhum usuário optou por retirar qualquer ambiente, mas todos acrescentaram área de serviço e, dentre estes, alguns acrescentariam garagem e itens como lazer/churrasqueira.

Um dos questionamentos aos usuários após a finalização da simulação era sobre as atividades desenvolvidas na habitação, buscando identificar qual a escala de prioridades desses usuários em relação aos aspectos cotidianos na habitação relacionadas à: higiene pessoal, lazer, serviços domésticos, trabalho e descanso. Os usuários em geral indicaram que a principal atividade que deveria ser atendida e priorizada no desenvolvimento da habitação é a de higiene pessoal. Nos outros quesitos houve uma variação nas respostas em relação ao perfil dos usuários. Enquanto as usuárias mais idosas indicaram as atividades de lazer e descanso como a sequência de prioridades, as mais jovens indicaram a atividade de serviços domésticos como a segunda mais importante.

CONCLUSÕES

O protótipo tridimensional físico possui características que permitem a sua utilização como um instrumento didático de comunicação de projetistas com usuários leigos. Esses processos de comunicação ocorrem em procedimentos de elaboração e desenvolvimento de projetos (IMAI, 2010) e, como no estudo em questão, na identificação das prioridades de escolha de um certo perfil de usuários. A compreensão de diversos aspectos ambientais e a facilidade em interagir com o instrumento indicam algumas de suas características que contribuem para o processo. Uma das principais características encontradas no processo de simulação foi o fato de que o modelo permite fazer correlações entre o espaço vivenciado atualmente pelas pessoas e o projeto simulado. Esse aspecto pode contribuir no desenvolvimento de programas e projetos, pois segundo Malard et al. (2002), a observação sistematizada de situações reais permitiria conhecer as interações do usuário com o espaço habitacional.

Esse aspecto pode contribuir para minimizar um aspecto observado em pesquisas de Habitação de Interesse Social, onde muitos usuários estão mais satisfeitos por obterem a moradia própria (IMAI, 2007) ou porque a moradia anterior era muito precária, o que faz com que a nova moradia acarrete a sensação de “bem-estar psicológico” derivada do sentimento de segurança e da percepção do espaço como seu território (KOWALTOWSKI et al., 2006a, p. 1101). As pesquisas de Avaliação Pós-Ocupação podem, nesse aspecto, ser complementadas com as simulações para fazer uma correlação entre o ambiente real e o valor desejado pelo usuário.

A simulação com o protótipo, no entanto, possui limitações próprias de seu caráter de modelo reducionista. Segundo Malard et al. (2002), a maquete física contribui melhor do que perspectivas, porém gera ilusões na percepção em função da escala reduzida. Ainda que a opção por fazer um modelo em escala mais ampliada (em relação às escalas comumente utilizadas), possivelmente contribuiu para um melhor entendimento de diversas questões para esse perfil de usuários idosos, ainda assim alguns aspectos tiveram limitações no processo de simulação. A simulação das atividades domésticas no protótipo não aconteceu da forma esperada, com o deslocamento dos objetos e equipamentos de um ambiente para outro, sendo que os usuários ficaram mais confortáveis em descrever verbalmente as atividades e indicar na maquete, sem manipulá-las manualmente como haviam feito anteriormente. Apesar da maior escala do modelo, é possível inferir que a simulação de procedimentos e atividades provavelmente será mais adequada em protótipos na escala real.

Uma das colaborações que o protótipo possibilita para o entendimento do usuário em relação ao projeto é relativa à importância da posição das aberturas (portas e janelas) no momento da organização do leiaute. Ainda que o usuário considere adequada a posição das esquadrias no desenho da planta, é somente no momento da distribuição dos móveis que ele percebe aspectos do uso do ambiente e repensa o posicionamento.

O modelo também colabora, ainda que com menor impacto, para que o usuário tenha o entendimento da necessidade de circulação e da dimensão da mesma por entre o mobiliário. Em alguns casos, os usuários questionaram a necessidade do dimensionamento mínimo inserido no protótipo pelas áreas de circulação ao redor dos móveis e procuraram inserir mais móveis com uma distância menor do que a recomendada entre eles.

Um outro aspecto que o modelo identificou foi relativo ao conforto ambiental, uma vez que os usuários conseguem interpretar que a quantidade de aberturas, o seu dimensionamento e posicionamento permitem ventilar, captar mais luz e deixar a habitação mais “arejada”. Vale ressaltar que a opção por maiores esquadrias está bastante vinculada à experiência prévia de vida e de valores de cada indivíduo. Além disso, as esquadrias são um forte elemento norteador para que os usuários criassem relações de privacidade e segurança dentro da habitação, e o protótipo permitiu uma percepção clara desses aspectos durante a simulação. As aberturas também serviram como elemento norteador para a organização do mobiliário nos espaços, na maioria dos casos. Alguns usuários, mesmo sem serem questionados, indagaram sobre a orientação solar no modelo de simulação, pois acreditavam ser um ponto importante para o posicionamento de janelas e portas. Este item, ainda que não contemplado no protocolo inicial, deverá ser tratado posteriormente por meio do uso do modelo com equipamentos de simulação solar, tais como o Heliodon.

Os resultados das simulações com os usuários podem ser considerados evidentes quando estes são colocados à frente de questões como diminuir ou aumentar ambientes, considerando que as dimensões mínimas empregadas em HIS geralmente não são bem avaliadas pela maioria dos usuários. Para a delimitação mais clara das prioridades deve ser estabelecido um limite nessas modificações durante a simulação, no qual o usuário deve fazer escolhas entre diversas situações, considerando as limitações dos programas habitacionais que possuem restrições dimensionais e orçamentárias. As metodologias de coleta de informações sobre demandas subjetivas, como a Avaliação Pós-Ocupação, devem ser consideradas como uma fonte importante de dados que podem ser complementados com as simulações.

A presente pesquisa permitiu identificar de que forma diversos aspectos da compreensão dos usuários em relação ao ambiente habitacional podem ser melhorados quando utilizados instrumentos mais didáticos. Será necessário, no entanto, ainda uma aplicação mais ampla em pesquisas futuras, considerando que um estudo piloto, como o relatado nesse

artigo, não se propõe a ser conclusivo, pois se trata de um procedimento exploratório com uma amostra muito pequena.

E, finalmente, reporta-se à reflexão de Jones, Petrescu e Till (2005), na qual esses autores expõem que para o projeto participativo não há fórmula padrão, sendo necessário aplicar múltiplas abordagens e formas de propiciar a participação. Nesse pensamento, o perigo em utilizar uma técnica normativa é que o usuário é visto como padrão, sendo que, ao contrário, devemos compreender que com vários usuários, vários desejos e múltiplos contextos, múltiplas formas de participação são necessárias.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao apoio do CNPQ.

REFERÊNCIAS

- ALBERTI, L. B. **Da arte de construir**: tratado de Arquitetura e Urbanismo. Traduzido por Sergio Romanelli. São Paulo: Hedra, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho – parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BECHTEL, R. B. **Environment and behavior**: an introduction. Thousand Oaks: California Sage Publications Inc., 1997.
- BERNARDO, M. S. **Estudos de tipologias do morar para a terceira idade em edifícios de apartamentos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- CELANI, G.; PUPO, R.; PICCOLI, V.; CARVALHO, J.; BOTTESINI, E. O processo de produção de uma maquete com técnicas de prototipagem digital. In: XIX SIMPÓSIO NACIONAL DA GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 2009, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2009.
- ECHENIQUE, M. Modelos: una discusión. In: **La estructura del espacio urbano**. Barcelona: Gustavo Gili, 1975.
- GROAT, L.; WANG, D. **Architectural Research Methods**. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- IMAI, C. **A utilização de modelos tridimensionais físicos em projetos de habitação social: o Projeto Casa Fácil**. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- IMAI, C. **O sonho da moradia no projeto: o uso da maquete arquitetônica na simulação da habitação social**. Maringá: Eduem, 2010.
- IMAI, C.; AZUMA, M. H. A evolução das maquetes como instrumento de representação e de comunicação na arquitetura. In: VII ENCONTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2009, CD ROM.
- JONES, P. B.; PETRESCU, D.; TILL, J. Introduction. In: JONES, P. B.; PETRESCU, D.; TILL, J. (Ed.). **Architecture and participation**. New York: Spon Press, 2005.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; SILVA, V. G.; PINA, S. A. M. G.; LABAKI, L. C.; RUSCHEL, R. C.; MOREIRA, D. C. Quality of life and sustainability as seen by the population of low-income housing in the region of Campinas, Brazil. **Habitat International**, v. 30, p. 1100-1114, 2006a. DOI: 10.1016/j.habitatint.2006.04.003.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D. C.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G.; LABAKI, L. C.; PETRECHE, J. R. D. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 2, p. 7-19, abr/jun. 2006b.
- MALARD, M. L.; CONTI, A.; SOUZA, R. C. F.; CAMPOMOR, M. J. L. Avaliação pós-ocupação, participação do usuário e melhoria da qualidade de projetos habitacionais: uma abordagem fenomenológica com o apoio do Estado. In: ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W. **Inserção urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da habitação de interesse social**. São Paulo: FAUUSP/FINEP, 2002.
- MONTENEGRO, F. C.; TOLEDO, A. M. Avaliação do dimensionamento da habitação do idoso: estudo e apartamentos do programa MCMV. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO VI ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO – SBQP TIC, 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2013.

- PALLASMAA, J. **Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos**. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- PALLASMAA, J. **As mãos inteligentes: a sabedoria existencial e corporalizada na arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- PINA, S. A. M.; BORGES FILHO, F.; MARANGONI, R. F. Maquetes e modelos como estímulo à criatividade no projeto arquitetônico. In: KOWALTOWSKI, D.; MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRICIO, M. M. **Processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 109-123.
- SANDERS, E.; STAPPERS, P. J. Probes, toolkits and prototypes: three approaches to making in CoDesigning. **CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts**, v. 10, n. 1, p. 5-14, 2014. DOI: 10.1080/15710882.2014.888183.
- SCHÖN, D. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
- SERRA, G. **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação**. São Paulo: Edusp/Mandarim, 2006.
- SOMMER, B.; SOMMER, R. **A practical guide to behavioral research. Tools and Techniques**. New York, Oxford University Press, 1991.
- SOMMER, R. **A conscientização do design**. São Paulo: Brasiliense, 1979.

Cesar Imai
cimai@uel.br

Maurício H. Azuma
azuma@usp.br

Rodrigo Rodrigues
rodrigrosrodrigues@hotmail.com

Marcela Zalite
marcela_maz@hotmail.com

PROCESSO DE PROJETO EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS: AVALIAÇÃO DE PROJETISTAS E CONSTRUTORES

Design process in real estate projects: evaluation of designers and construction engineers

Kelma Pinheiro Leite¹, José de Paula Barros Neto¹, Marina Teixeira¹, Camila Claudino¹

RESUMO Este artigo apresenta os resultados da *survey* sobre o processo projetual em projetos imobiliários na cidade de Fortaleza, Brasil. O objetivo principal é descrever como projetistas e construtores avaliam o processo de projeto imobiliário, a fim de aprofundar a compreensão de suas expectativas e necessidades. A percepção dos profissionais ligados diretamente à produção de edificações é necessária para adaptação ao novo cenário de implantação de sistemas BIM. Além disso, nota-se que a migração para novos sistemas e o aumento da complexidade e da fragmentação do processo de projeto requerem novas visões. Como resultado, foram identificadas oportunidades de melhoria do processo de desenvolvimento de produto imobiliário. Este estudo baseou-se no referencial teórico da literatura sobre pensamento enxuto, *lean design*, processo de projeto e desenvolvimento de produtos imobiliários. Os dados foram coletados a partir da aplicação de 90 questionários preenchidos por projetistas e engenheiros de obra em incorporadoras e construtoras. As principais questões de insatisfação identificadas foram: retrabalho; planejamento deficiente do processo de desenvolvimento de produto imobiliário; os prazos estipulados e compatibilização.

PALAVRAS-CHAVE: Processo de projeto, Mercado imobiliário, Construção enxuta.

ABSTRACT This article presents the results of a research about the design process in real estate projects in Fortaleza, Brazil. The main objective is to describe how designers and construction engineers evaluate the design process, in order to improve the capability of understanding their expectations and needs. The perception of professionals directly linked to the production of buildings is important for the adaptation to the new BIM system deployment scenario. In addition, it is possible to note that the migration to new systems and the increase in complexity and fragmentation of the design process require new perspectives. As a result, opportunities to improve the real estate product development process were identified. This study was based on theoretical literature on lean thinking, lean design, design process, and development of real estate products. Data were collected from the application of 90 questionnaires fulfilled by designers and engineers working for developers and construction companies. The main issues of dissatisfaction identified were: rework; poor planning of real estate product development process; deadlines, and compatibility.

KEYWORDS: Design process, Real estate process, Lean construction.

¹ Universidade Federal do Ceará

How to cite this article:

LEITE, K. P.; BARROS NETO, J. P.; TEIXEIRA, M.; CLAUDINO, C. Processo de projeto em empreendimentos imobiliários: avaliação de projetistas e construtores. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 21-34, jul./dez. 2015.

<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102050>

Fonte de financiamento:
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Conflito de interesse:
Declararam não haver
Submetido em: 14 out. 2015
Aceito em: 23 out. 2015



INTRODUÇÃO

Esta pesquisa aborda o processo de desenvolvimento de produto e o processo de projeto do mercado de incorporação imobiliária residencial multifamiliar vertical, sob a ótica de projetistas e construtores. O processo de projeto é um processo colaborativo de aprendizagem (KOWALTOWSKI et al., 2006). Daí a necessidade de contínua avaliação da percepção dos atores sobre o objeto e o processo de concepção e construção.

Tzortzopoulos (1999); Oliveira (2004); Andersen et al. (2005); Jorgensen (2006) e Kamedula (2009) citam que a maior parte das pesquisas do setor da construção civil são direcionadas à melhoria da qualidade na construção, priorizando o desenvolvimento de métodos de gestão da produção, novas tecnologias e racionalização de sistemas construtivos, porém não se tem observado o mesmo desenvolvimento quanto à melhoria do processo de projeto. No entanto, estudos têm demonstrado que a busca pela melhora da Construção Civil deve passar, necessariamente, por uma análise mais abrangente através do Processo de Desenvolvimento de Produto – PDP e de projeto (CODINHOTO, 2003; NOBRE, 2005).

Alguns autores, como Ballard e Koskela (1998), têm estudado a gestão do processo de projeto, indicando que na visão tradicional prevalecem o caos e a improvisação no planejamento e controle do processo de projeto. Como consequência, resulta em falhas de comunicação, falta de informações, ausência de coordenação entre as diferentes disciplinas (compatibilização) e erros nas tomadas de decisão (MANZIONE, 2013).

Enquanto o processo de projeto é um refinamento de soluções para um conjunto de problemas e uma progressiva eliminação de incertezas, a construção é a criação de um produto que precisa estar totalmente livre de incertezas (MITCHELL et al., 2011). Sob essa perspectiva, o projeto deve ser encarado como informação, seja de natureza técnica (definição do produto, materiais, indicações de detalhes construtivos e o próprio projeto como produto) ou como apoio ao processo gerencial, planejamento e programação da obra (OLIVEIRA, 2004). O processo interativo das equipes contribuirá para a redução de incertezas ao longo do projeto (MITCHELL et al., 2011).

Esse contraste de características cíclicas e lineares produz uma importante interface na complexidade do gerenciamento entre o processo de projeto e o processo construtivo. Também torna difícil a seleção de uma única ferramenta para lidar com ambos os planejamentos, não sendo possível estender o uso de técnicas de planejamento tradicional para o processo de projeto (MITCHELL et al., 2011). Consequentemente, o tipo de controle apropriado para o projeto não é o mesmo que o tipo de controle apropriado para a construção (BALLARD, 1999).

O setor de construção confronta-se com um processo de produção complexo e singular, com diferentes agentes envolvidos que mantêm uma atuação fragmentada e interesses próprios, e muitas vezes divergentes quanto às características e objetivos do empreendimento (OLIVEIRA, 2004; FABRÍCIO, 2002). Esses empreendimentos complexos e com multi-interesses alteram profundamente a dinâmica da relação entre projeto e construção e a gestão das atividades entre os dois (ANDERSEN et al., 2005).

Sob um ponto de vista contratual, a divisão do desenvolvimento do produto em fases é utilizada para tornar mais fácil a definição dos papéis e responsabilidades dos diferentes atores em um projeto, porém, distancia projetistas da obra (ANDERSEN et al., 2005). Além disso, esse cenário de segmentação e fragmentação entre o projeto e a produção prejudica a comunicação e o desenvolvimento do produto (JORGENSEN, 2006) e a divisão de um empreendimento em fases, que sem uma integração correta e sem uma visão holística, pode ser improdutiva (BALLARD; KOSKELA, 1998). Isto significa que a integração entre as diferentes partes envolvidas na construção pode melhorar a qualidade do projeto, agregando valor e eliminando perdas.

Nos empreendimentos do mercado imobiliário, os atores envolvidos no desenvolvimento do projeto e na execução da construção normalmente trabalham em organizações diferentes, e o grupo das empresas que cooperam entre si varia de um empreendimento para o outro (OLIVEIRA, 2004). Em geral, a ligação entre essas organizações se desfaz após a conclusão do projeto, caracterizando-a como relações temporárias (ROMANO, 2003). Portanto, a equipe do projeto é composta de uma relação menos hierárquica e mais horizontal (ORIHUELA; ORIHUELA; ULLOA, 2011). Pelo envolvimento de várias empresas no desenvolvimento do projeto, a complexidade do processo de projeto aumenta e sua coordenação se torna ainda mais difícil (MOURA, 2005).

Na visão de projeto tradicional, a gestão de tarefas é priorizada, ou seja, as atividades de conversão são priorizadas (BALLARD; KOSKELA, 1998). Observa-se, então, que essas práticas utilizadas na gestão e no planejamento de projetos se restringem, na maioria das vezes, apenas ao controle de contratos e entregas de desenhos (MANZIONE, 2013). Nascimento et al. (2012) ressaltam que, ao se desconsiderar o contexto da organização, pode haver uma diminuição na transparência, um aumento da complexidade do processo ou a geração de buscas por informações (movimentação). Isso reduz a simplicidade do processo e incrementa a quantidade de atividades que não agregam valor.

A partir de uma abordagem holística, é natural aplicar o pensamento enxuto para todas as fases de um empreendimento, desde a concepção e construção até o uso e a manutenção (BALLARD; KOSKELA, 1998). Isso também deve ocorrer quanto aos processos de projeto. Contudo, apesar da disseminação da produção enxuta entre as empresas de construção, o *Lean Project Delivery System* (em particular, o *lean design*) é pouco conhecido. De fato, a implantação do pensamento enxuto é complexa e demorada. A integração entre as diferentes partes envolvidas na construção melhora a qualidade do projeto quando agrega valor e elimina desperdícios.

Isso nos leva a um modelo que extrapola a divisão tradicional em fases do processo de desenvolvimento do produto na construção civil. Elaborar um projeto utilizando o conceito *Lean* inclui a incorporação de diferentes ferramentas ou métodos de trabalho, que são pensados para aumentar a produtividade e/ou a qualidade do projeto. Algumas das ferramentas que poderiam ser inovadoras na indústria da construção são *Integrated Project Delivery* (IPD) e *Building Information Modeling* (BIM) (KAMEDULA, 2009).

Tais conceitos ainda não foram implementados na maioria das indústrias de construção. O que seria interessante explorar é se esses conceitos tornam o processo de trabalho mais eficiente e as vantagens e desvantagens no uso de tais métodos (KAMEDULA, 2009).

A percepção da necessidade de integração entre projeto e produção na construção civil tem ganhado maior atenção (TRESCASTRO, 2005). A partir da década de 90, o setor da construção civil passa a incluir ferramentas computacionais de projeto através de softwares CAD. O uso desses sistemas aumentou a precisão do desenho e facilitou a manipulação, representação e criação de alternativas, permitindo a experimentação de formas arquitetônicas mais complexas e ganhos na compatibilização de projetos (KOWALTOWSKI et al., 2006). Contudo, não se pode afirmar que tenha ocorrido uma mudança fundamental na projeção a partir dessa substituição das pranchetas por computadores (CELANI, 2003).

Ferramentas computacionais avançadas de visualização, juntamente com os princípios do pensamento enxuto, combatem desperdícios no processo de projeto, como a não observação aos requisitos dos clientes, a falta de coordenação interdisciplinar e indisponibilidade de informações (NASCIMENTO et al., 2012).

Nessa ótica, também se analisa a implantação da plataforma BIM nos escritórios de projeto e sua efetiva mudança nos métodos de projeto e nas

relações entre as partes envolvidas dentro de um contexto de transição da plataforma anterior (CAD). A percepção dos profissionais ligados diretamente à produção de edificações é necessária para adaptação ao novo cenário de implantação de sistemas BIM. Essa nova tecnologia, diferente dos sistemas CAD, não se trata apenas de uma forma de representação, que ocorre posteriormente às atividades de criação. Apesar dos claros potenciais, a implantação do BIM também traz novos desafios à medida que modifica a própria dinâmica de projetar (ROMCY, 2012).

De acordo com Manzione (2013), ainda falta conhecimento sobre a integração da nova tecnologia na melhoria do processo de projeto e um novo paradigma para o trabalho colaborativo em projeto precisa ser adotado para incorporar a tecnologia BIM. Falta uma visão geral e uma compreensão abrangente de fatores não tecnológicos, tais como as relações e interdependências na intersecção entre a gestão do processo de projeto e o BIM.

Se implantado de maneira adequada, o BIM facilitará a integração entre o processo de projeto e o processo da construção, resultando na melhora da qualidade do produto (empreendimento), além da redução dos custos e do tempo de produção (SACKS et al., 2009). Além disso, com a migração para a plataforma BIM, há uma melhora na comunicação entre a equipe do projeto e exige-se uma mudança no processo de trabalho entre projetistas e construtores (GERBER; BECERIK-GERBER; KUNZ, 2010).

O objetivo principal deste trabalho é descrever como os projetistas e construtores avaliam o processo de projeto imobiliário, a fim de melhorar a compreensão de suas expectativas e necessidades. A percepção dos profissionais ligados diretamente à produção de edificações é necessária para a identificação das mudanças que o setor deve implementar para um melhor processo de desenvolvimento de produto, requerendo novas visões quanto ao processo de projeto (*lean design*). Como resultado, foram identificadas oportunidades de melhoria do processo de desenvolvimento de produto imobiliário. Essas oportunidades são indicadas com base na compreensão das necessidades e expectativas dos profissionais associados à concepção e execução de unidades de produtos de construção.

MÉTODO

Foi adotado como método de pesquisa a Survey visando ampliar a obtenção de dados do mercado imobiliário da cidade de Fortaleza, Ceará, com profissionais representantes de um grande número de empresas e, assim, obter um panorama da atual avaliação do processo de projeto entre construtores e projetistas, comparando com aqueles que migraram para plataforma BIM. A aplicação foi escolhida tendo em vista que se pretende investigar o grau de satisfação quanto ao processo e planejamento de projetos, quais expectativas de mudanças e se existem divergências entre projetistas e construtores-incorporadores.

Este trabalho é considerado exploratório, por adquirir uma visão macro sobre um fenômeno, e descritiva, por ser dirigida ao entendimento das diferentes visões entre os respondentes. As questões foram divididas em duas grandes seções: a primeira com informações acerca do perfil dos respondentes; e a segunda com questões sobre o processo de projeto e seu planejamento. Foi realizado um pré-teste para validação das perguntas e, após as revisões necessárias, foi formulado um questionário final.

Foram selecionados escritórios de projeto e empresas de construção civil que estão envolvidos na concepção e construção de edifícios verticais multifamiliares. Os projetistas de arquitetura foram mapeados pelo registro na ASBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura), e as empresas de construção foram selecionadas através do registro no Inovacon

(Programa de Inovação da Indústria da Construção) e na Coopercon (Cooperativa de Construção do Ceará). Assim, os escritórios de projeto que responderam ao questionário representam 36% dos filiados à ASBEA, enquanto 20% das incorporadoras e construtoras são filiadas à Coopercon. Os escritórios de projeto de cálculo estrutural e instalações foram identificados e selecionados a partir das obras visitadas.

Os questionários, preenchidos por arquitetos e engenheiros, foram divididos em dois grupos: construtores (com 22 questões) e projetistas (com 24 questões). Havia questões fechadas, utilizando a escala de Likert com sete níveis (Tabelas 2 e 3), incluindo o nível neutro, no qual o respondente nem estava satisfeito, nem insatisfeito; perguntas fechadas com escolha de mais de uma opção (gráficos 1 a 6), e questões abertas. As respostas das questões abertas foram analisadas agrupando respostas por temas correspondentes, tais como: prazo, relações e tecnologia (ver Quadro 01).

A pesquisa teve duração de nove meses (novembro/2013 a julho/2014), desde a montagem das perguntas até seu relatório final. Os questionários foram aplicados em 13 empresas incorporadoras e construtoras e em 17 escritórios de projeto, perfazendo um total de 89. Desse total, 22 foram respondidos em obras e 68 em escritórios de projeto. Esses números referem-se àqueles que retornaram à *survey*, havendo uma taxa de retorno de 80%. Ressalta-se que os questionários foram entregues em cada local de aplicação em formato impresso para posterior coleta. Percebeu-se que, com essa ação, houve um aumento na taxa de retorno comparando-se com outros trabalhos, como por exemplo Cendón; Ribeiro e Chaves (2014). Na Tabela 1, podemos verificar um resumo do perfil dos respondentes, entre projetistas e construtores, cujas respostas serão comparadas no item Resultados.

Tabela 1. Perfil das organizações e dos profissionais respondentes.

Tipo de Organização	Quantidade	Tipo de profissional	Quantidade
Escritório de Arquitetura	09	Arquiteto	29
Escritório de Paisagismo	02	Eng. Projetista	14
Cálculo Estrutural	02	Téc. Projetista	19
Instalações	03	Eng. Obra	25
Ambientação (*)	02	Design de interiores	01
Incorporadora e Construtora	13	Agrônomo	01
TOTAL	31		89

Fonte: Elaborado pelos autores. (*) Um dos escritórios de arquitetura também fazia ambientação.

RESULTADOS

Os dados dos questionários foram tabulados e gerados tabelas e gráficos que serão apresentados a seguir. Os escritórios de projeto possuem portes diferentes, tendo uma média de oito funcionários. Apenas três estavam acima dessa faixa, com: 34 colaboradores (arquitetura); 23 colaboradores (cálculo estrutural), e 26 colaboradores (instalações). As perguntas aplicadas eram semelhantes em escritórios de projeto e obras, de forma que fosse possível uma posterior comparação das respostas entre os dois grupos. A compilação das respostas para as questões fechadas, utilizando a escala de Likert, pode ser encontrada nas Tabelas 2 e 3 a seguir.

Tabela 2. Nível de satisfação dos escritórios de projeto com o processo de projeto.

Grau de satisfação com:	EX (%)	MS (%)	SF (%)	NT (%)	PC (%)	MP (%)	ND (%)
Planejamento do processo de projeto atual de seus clientes?	4,55	4,55	37,88	30,30	22,73	0,00	0,00
Planejamento do processo de projeto do escritório?	4,35	14,49	47,83	10,14	13,04	10,14	0,00
Interesse do escritório em adotar novas práticas e ferramentas para o planejamento e controle do processo de projeto?	13,24	54,41	20,59	7,35	1,47	1,47	1,47
As soluções adotadas no projeto para etapa de produção (execução da obra)?	11,76	20,59	39,71	17,65	8,82	1,47	0,00
A precisão dos desenhos e informações contidas nos projetos realizados pelo escritório?	14,71	32,35	47,06	4,41	1,47	0,00	0,00
A compatibilização dos projetos desenvolvidos pelo escritório com as outras disciplinas do projeto?	5,88	20,59	42,65	11,76	10,29	7,35	1,47
Entregas por etapas dos projetos desenvolvidos pelo escritório?	5,88	27,94	42,65	16,18	7,35	0,00	0,00
O fluxo de informações entre o escritório e os contratantes?	3,03	13,64	39,39	24,24	15,15	4,55	0,00
O fluxo de informações entre o escritório e os demais escritórios?	1,49	13,43	34,33	22,39	16,42	10,45	1,49
Transmissão de informação durante as etapas de projeto no escritório?	4,41	14,71	42,65	23,53	11,76	2,94	0,00
Prazos estabelecidos pelo cliente?	1,47	7,35	29,41	32,35	23,53	1,47	4,41
O projeto não inicia sem que as restrições de projeto tenham sido removidas (entrada de informação).	3,13	3,13	34,38	26,56	17,19	9,38	6,25

Fonte: Elaborado pelos autores. EX: extremamente, MS: muito satisfeito, SF: satisfeito, NT: neutro, PC: pouco, MP: muito pouco, ND: nada.

Analizando-se os percentuais de graus de satisfação dos entrevistados dos escritórios de projeto, as questões que obtiveram os mais altos níveis de insatisfação foram quanto à remoção de restrições (32,82%) e prazos estabelecidos pelo cliente (29,41%). Destacamos as questões que foram avaliadas positivamente pelos projetistas: precisão de desenhos e informações contidos nos projetos realizados pelo escritório de projeto

(94,12%) e interesse do escritório de projeto em adotar novas práticas e ferramentas para planejamento e controle do processo de projeto (88,24%). Neutro foi considerado nem satisfeito nem pouco satisfeito.

Quanto à satisfação com o fluxo de informações entre escritório e as empresas contratantes (construtoras-incorporadoras), os projetistas BIM tiveram um grau de satisfação menor que os demais projetistas, demonstrando maior maturidade referente à outras visões do processo de projeto.

Esperava-se que projetistas usuários da plataforma BIM tivessem uma avaliação melhor quanto às soluções de projeto adotadas considerando a perspectiva de execução da obra, pois o BIM requer a definição de materiais, sistemas e detalhes construtivos para modelagem correta da edificação. Contudo, não houve diferença significativa quando comparado ao total de projetistas respondentes. Além disso, apesar de projetistas mostrarem um percentual em torno de 70% satisfeitos a extremamente satisfeitos, os construtores apresentaram grau de satisfação de 45,83%. Assim, podemos afirmar que ainda há uma lacuna quanto ao *feedback* entre projetistas e construtores e pouca colaboração entre as partes envolvidas nos processos de projeto e construção.

Tabela 3. Nível de satisfação dos construtores com o processo de projeto.

Grau de satisfação com:	EX (%)	MS (%)	SF (%)	NT (%)	PC (%)	MP (%)	ND (%)
O atual planejamento do processo de projeto de construtora/incorporadora.	4,17	8,33	41,67	4,17	33,33	4,17	4,17
O atual planejamento do processo de projeto dos projetistas.	0,00	4,17	25,00	8,33	37,50	12,50	12,50
Interesse em adotar novas práticas e ferramentas de planejamento e controle do processo de projeto.	17,39	60,87	21,74	0,00	0,00	4,35	0,00
As soluções de projeto adotadas na perspectiva da execução da obra.	0,00	0,00	45,83	12,50	25,00	12,50	4,17
Precisão das informações contidas nos desenhos e projetos realizados pelos projetistas.	0,00	0,00	45,83	12,50	16,67	16,67	8,33
Compatibilização dos projetos.	0,00	0,00	20,83	20,83	33,33	16,67	8,33
Entregas por etapas dos projetos desenvolvidos pelos projetistas.	0,00	4,17	29,17	16,67	37,50	8,33	4,17
Fluxo de informações entre os escritórios de projetos e a construtora/incorporadora.	0,00	4,35	39,13	17,39	26,09	8,70	4,35

Tabela 3. Continuação....

Grau de satisfação com:	EX (%)	MS (%)	SF (%)	NT (%)	PC (%)	MP (%)	ND (%)
Disponibilização de informações do processo de projeto em um local de fácil acesso na empresa (fluxos, cronogramas, metas, indicadores, as versões).	0,00	16,67	37,50	20,83	16,67	0,00	8,33
Interligação entre o departamento de projetos e obra para que haja retroalimentação do processo de projeto.	0,00	8,33	29,17	20,83	29,17	8,33	4,17

Fonte: Elaborado pelos autores. EX: extremamente, MS: muito satisfeito, SF: satisfeito, NT: neutro, PC: pouco, MP: muito pouco, ND: nada.

Analisando-se os percentuais de graus de satisfação dos respondentes nas obras, as questões que obtiveram os mais altos níveis de insatisfação foram planejamento do processo de projeto dos escritórios de projeto (62,50%) e compatibilização dos projetos (58,33%). Também destacamos as questões que foram avaliadas positivamente pelos engenheiros de obra: interesse da incorporadora/construtora em adotar novas práticas e ferramentas para o planejamento e controle do processo de projeto (95,65%) e disponibilização de informações do processo de projeto (54,17%).

Percebe-se divergência entre projetistas e construtores na avaliação quanto à compatibilização dos projetos e às soluções de projeto adotadas na perspectiva da execução da obra. Em ambos os casos, as respostas de projetistas mostraram satisfação, enquanto os executores expressaram insatisfação. Mais uma vez, esperava-se que projetistas BIM apontassem um grau de satisfação maior para compatibilização de projetos, porém, esta manteve o mesmo índice de aprovação de 70%, aproximadamente, contra 20,83% de satisfação de construtores. Essa avaliação diferente, assim como o planejamento do processo de projeto, demonstra que a migração de plataformas de projeto (CAD – BIM) não está ocorrendo da forma esperada pela literatura, uma vez que as deficiências do processo de projeto permanecem.

Para identificar se os projetistas utilizavam algum sistema de planejamento e controle de processo de projeto e quais práticas são mais recorrentes, havia uma pergunta quanto às práticas utilizadas (questão 11). O resultado pode ser verificado no Gráfico 1. Esse gráfico também compara as respostas entre todos os projetistas e o resultado entre os projetistas que utilizam a plataforma BIM. O planejamento de curto prazo e matriz de responsabilidades são as práticas mais recorrentes pelos grupos respondentes. Contudo, percebe-se que entre os projetistas BIM há uma maior aplicação de práticas de gestão do processo de projeto e atenção aos desperdícios gerados com o retrabalho no processo de projeto.

A mesma questão foi aplicada para os construtores (Gráfico 2), sendo as três práticas mais citadas: planejamento de longo prazo (25,00%), planejamento de médio prazo (20,83%) e planejamento de curto prazo (19,44%). Para os projetistas, o planejamento de curto prazo tem sido mais recorrente.

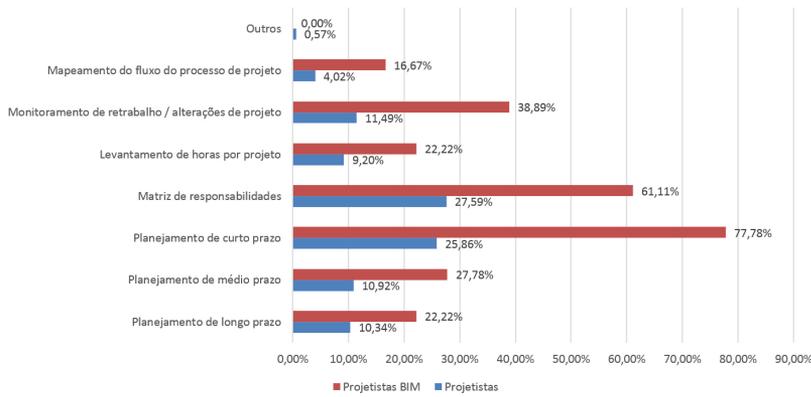


Gráfico 1. Práticas de planejamento e controle do processo de projeto (projetistas). Fonte: Elaborado pelos autores.

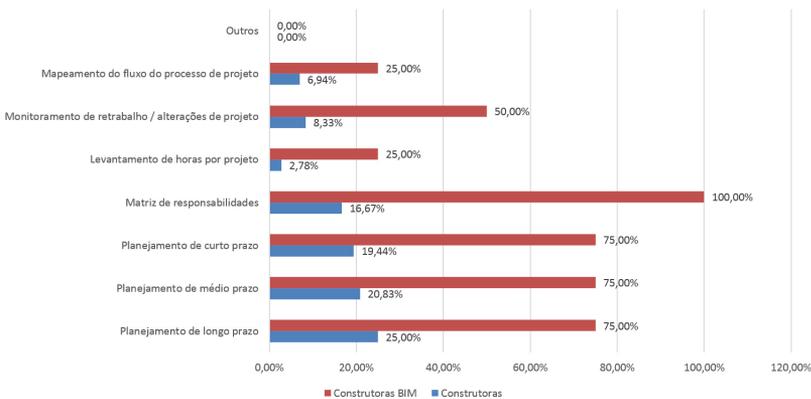


Gráfico 2. Práticas de planejamento e controle do processo de projeto usado em construtoras. Fonte: Elaborado pelos autores.

Havia uma questão a respeito dos softwares utilizados, com os seguintes resultados: 64,58% dos projetistas relataram o uso de CAD, enquanto 35,42% relataram o uso de BIM; 86,67% dos construtores usam CAD e 70,59% utilizam o MS Project. Todos os escritórios de projeto de cálculo estrutural utilizam software BIM. Uma questão a ser observada é que o uso do BIM é limitado para os escritórios de arquitetura e cálculo estrutural, sendo pouco adotado por projetistas de instalações.

Foi aplicada entre os projetistas uma questão fechada com múltiplas respostas sobre o conhecimento ou familiaridade com os seguintes termos encontrados na literatura: construção enxuta/*lean construction* (41,51%); gerenciamento de projetos (38,36%); *lean design* (5,66%); *Project Management Institute* (PMI) e Engenharia Simultânea (5,03%, cada); *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) (4,40%) e *International Group for Lean Construction* (IGLC) (1,89%). Essa questão também foi respondida entre os construtores: construção enxuta/*lean construction* (47,47%); gerenciamento de projetos (24,24%); PMI (11,11%); PMBOK (10,10%); IGLC (5,05%); *lean design* (2,02%) e Engenharia Simultânea (0,00%).

O processo de projeto na maioria dessas empresas é tradicional. Como consequência desta abordagem tradicional, temos uma execução ruim do projeto e falhas no desenvolvimento do produto, gerando perdas e retrabalho. Também há oportunidades para a melhoria sobre a adoção de engenharia simultânea, que é pouco conhecida pelos profissionais.

Também foram questionadas as razões pelas quais os projetistas e construtores estão interessados na adoção de novas práticas e ferramentas para o planejamento e controle do processo de projeto (Gráficos 3 e 4). Foram verificadas semelhanças nos dois grupos: há um aumento na qualidade dos projetos e redução de prazos. Porém, a principal razão apontada pelos construtores foi a redução de custos (28,13%).

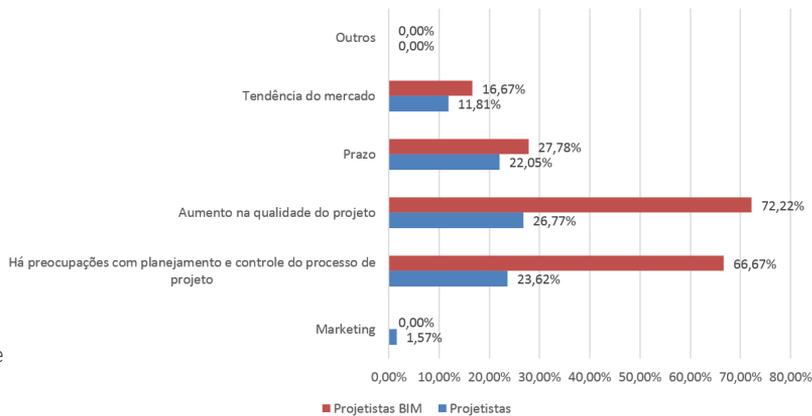


Gráfico 3. Razões para adotar novas práticas e ferramentas para o planejamento e controle do processo de projeto (projetistas). Fonte: Elaborado pelos autores.

O número de projetistas em geral, os quais estavam extremamente interessados em adotar novas práticas e ferramentas de planejamento e controle do processo de projeto, foi menor entre respondentes (13,24%) que o número de usuários da plataforma BIM (27,78%). Estes fundamentaram sua posição no aumento da qualidade de projeto e do processo de projeto. Esse posicionamento nos leva a entender que no ambiente BIM há maior maturidade dos projetistas em relação ao processo de projeto.

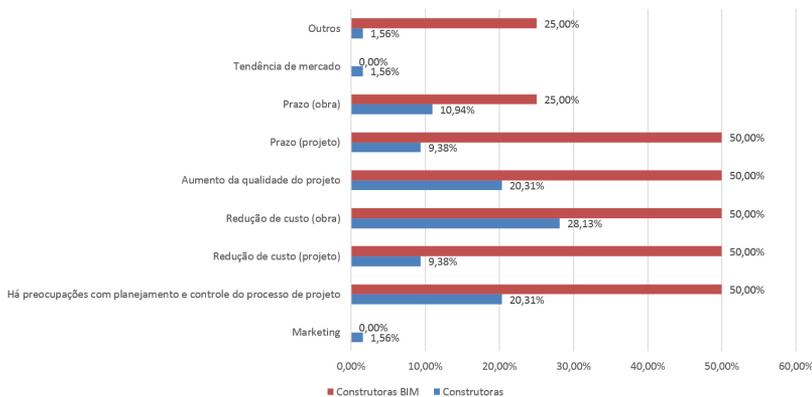


Gráfico 4. Razões para adotar novas práticas e ferramentas para o planejamento e controle do processo de projeto por construtores. Fonte: Elaborado pelos autores.

A questão aberta aplicada para ambos os grupos foi sobre os pontos positivos e negativos da metodologia de planejamento do processo de projeto das construtoras-incorporadoras (pergunta 9). Os resultados estão detalhados no Quadro 1.

Quadro 1. Avaliação da metodologia de planejamento do processo de projeto.

	Projetistas	Construtores
Positivo	Relação de parceria entre a equipe e abertura para novas soluções (25%); Transmissão de know-how construtivo; valorização do detalhe do projeto (25%); Organização de dados e informações sobre o projeto em plataformas on-line de gerenciamento (18,75%) Pesquisa de mercado, frequência de demanda de projetos, pró-atividade para resolver problemas e questões pendentes (18,75%).	Planejamento dos processos de projeto e construção (26,67%); Análise crítica dos projetos (20%); Existe um departamento de gerenciamento de projetos (13,33%); A integração da equipe (13,33%); Uso de novas tecnologias (13,33%) Projetistas parceiros, customização (13,34%).

Quadro 1. Continuação...

	Projetistas	Construtores
Negativo	Retrabalho (29,17%); Planejamento dos processos de projeto, a falta de processo de projeto interno nos escritórios e desorganização (20,83%); Prazo (14,58%); Compatibilização (12,50%); Preferência por soluções padrão ou pouco inovadoras (8,33%); Projetos com preços muito baixos; mudança de escopo; análise baseada em corretor; requisitos das instituições de financiamento; falta de migração de software CAD para o BIM (10,42%).	O prazo de entrega (37,5%); O planejamento do projeto (31,25%); Compatibilização e revisão (12,50%) A construção começa com o projeto em andamento, falta de detalhe e banco de dados de projetos (18,75%)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Um ponto negativo citado pelos projetistas foi a preferência por soluções padrão ou pouco inovadoras, contudo, os construtores afirmam a busca de novas tecnologias como um ponto positivo. Isso reforça uma tendência dos construtores de voltarem sua atenção às questões construtivas, enquanto questões de geração de valor, que são especificadas no projeto, são pouco exploradas, na visão dos projetistas.

Entre as dificuldades encontradas no processo de projeto nos escritórios de projeto (Gráfico 5), os mais citados foram: retrabalho em excesso (39,86%) e cumprimento de prazos (26,81%). A mesma questão (Gráfico 6), quando aplicada às empresas de incorporação e construção, obteve como principais itens o cumprimento de prazo (35%) e compatibilização (33%).

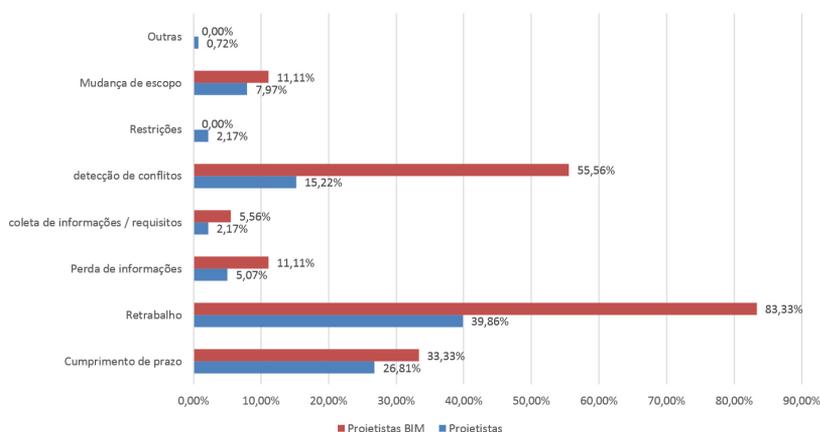


Gráfico 5. Dificuldades do processo de projeto em escritórios de projeto. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os projetistas que utilizam a plataforma BIM mais uma vez demonstram maior entendimento dos fluxos no processo de projeto, apontando como pontos negativos as interações negativas (detecção de conflitos – 55,56%; e retrabalho – 83,33%) resultantes de um processo de projeto pouco convergente na busca de soluções no início da concepção, tais como a não identificação adequada de todas as interdependências, requisitos ou restrições de projeto. O mesmo se observa nas construtoras que utilizam plataforma BIM (ver Gráfico 6).

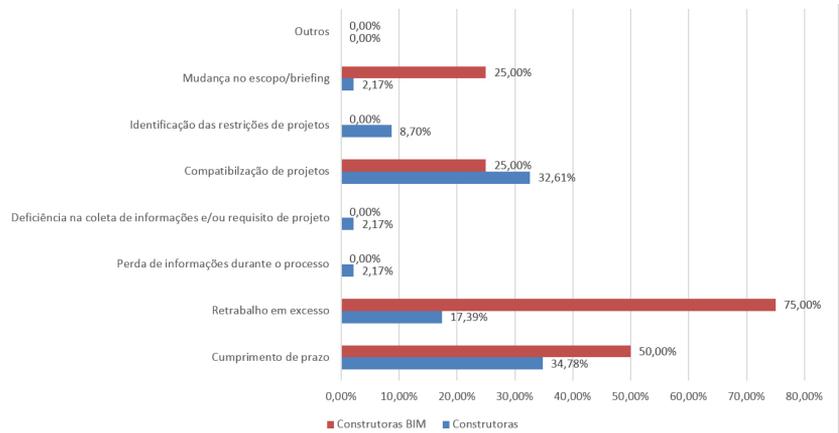


Gráfico 6: Dificuldades do processo de projeto na construção. Fonte: Elaborado pelos autores.

CONCLUSÕES

A presente pesquisa permitiu a avaliação do nível de satisfação de projetistas e construtores em relação ao processo de desenvolvimento de projetos do setor imobiliário residencial em Fortaleza/Ce. Entre os principais resultados obtidos no presente trabalho podemos destacar aqueles em que projetistas e construtores possuem graus de satisfação semelhantes e divergentes quanto ao processo e o planejamento do projeto imobiliário, sendo possível a comparação entre cada item. Ressalta-se que a amostra abrangeu 36% dos escritórios de arquitetura e 20% das empresas incorporadoras e construtoras que atuam no segmento imobiliário, tendo respondido todos os projetistas e parte dos engenheiros de obra das principais empresas de cada setor.

Oportunidades de melhoria e prioridades de intervenção foram identificadas a partir da análise descritiva das questões. Os dados obtidos mostram questões relevantes que permitem identificar a necessidade de ações que devem ser cumpridas pelos diversos atores envolvidos no produto imobiliário para que haja uma melhor integração do processo de projeto, evitando desperdícios e ampliando a geração de valor do produto.

Os principais problemas (insatisfação) identificados a partir da perspectiva de projetistas e construtores foram: retrabalho, falta de planejamento do processo de projeto, os prazos e compatibilização. Apesar de as novas visões do processo de projeto (conversão, fluxo e valor) serem conhecidas há algum tempo e o fato de que as empresas de construção adotam princípios da construção enxuta, percebe-se que o processo de projeto requer melhorias quanto à integração, o fluxo de informação e a geração de valor.

Mesmo com os diversos estudos ligados à qualidade do projeto e da construção, aumento de produtividade e integração, tais como construção enxuta, engenharia simultânea e *Integrated Project Delivery* (IPD), percebeu-se, neste estudo, que as empresas de projeto e construção civil utilizam métodos deficientes de gestão de projetos, mesmo quando já migraram para a plataforma BIM ou para o sistema de produção enxuto, no qual se esperava uma mudança no processo projetual. Parte das deficiências ainda se pode atribuir à visão tradicional do processo de projeto, focando as atividades de conversão, desconsiderando os fluxos e a geração de valor no processo de projeto. Assim, há perdas resultantes da falta de informações, integração e colaboração da equipe de projeto, além da falta de inclusão dos construtores nessa equipe de concepção e de projetistas na equipe de execução, para elucidação de dúvidas e detalhamento, o que propiciaria um correto *feedback* da execução.

Com este trabalho pode-se ter uma visão das deficiências do processo de desenvolvimento de produtos imobiliários, permitindo que os diversos atores e pesquisadores possam tomar ciência dos problemas apontados em busca de melhorias e novas formas de planejamento, integração e execução de projetos.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, J.; NYCYK, M.; JOLLY, L.; RADCLIFFE, D. Design management in a construction company. In: ICED 05 – 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN: ENGINEERING DESIGN AND THE GLOBAL ECONOMY, 2005. **Proceedings**. Brisbane, 2005. p. 2494.
- BALLARD, G.; KOSKELA, L. On the agenda of design management research. In: PROCEEDINGS OF THE 6th ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 1998, Guarujá. **Proceedings...** Guarujá, 1998. p. 52-69.
- BALLARD, G. Can pull techniques be used in design management? In: PROCEEDINGS OF CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, 1999, Helsinki. **Proceedings...** Helsinque, 1999. p. 149-160.
- CENDÓN, B. V.; RIBEIRO, N. A.; CHAVES, C. J. Pesquisas de survey: análise das reações dos respondentes. **Informação & Sociedade: Estudos**, João Pessoa, v. 24, n. 3, p. 29-48, set./dez. 2014.
- CELANI, G. **CAD criativo**. São Paulo: Campus, 2003.
- CODINHOTO, R. **Diretrizes para o planejamento integrado dos processos de projeto e produção na construção civil**. 2003. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 329f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- GERBER, D.; BECERIK-GERBER, B.; KUNZ, A. Building Information Modelling and Lean Construction: technology, methodology and advances from practice. In: PROCEEDINGS OF THE 18TH CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 2010, Haifa. **Proceedings...** Haifa, 2010.
- JØRGENSEN, B. **Integrating lean design and lean construction: processes and methods**. 2006. 286 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Técnica da Dinamarca, Dinamarca, 2006.
- KAMEDULA, J. M. **Lean Design**. Copenhagen School of Design and Technology, 2009. Disponível em: <http://www.kamedula.dk/Johan/Lean_Design.pdf>. Acesso em: 13 out. 2015.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D. C.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G.; LABAKI, L. C.; PETRECHE, J. R. D. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 7-19, abr./jun. 2006.
- MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 353 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- MITCHELL, A.; FRAME, I.; CODAY, A.; HOXLEY, M. A conceptual framework of the interface between the design and construction processes. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 18, n. 3, p. 297-311, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/09699981111126197>.
- MOURA, P. M. **Um estudo sobre a coordenação do processo de projeto em empreendimentos complexos**. 2005. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- NASCIMENTO, E. L.; BIZ, A. A.; FREITAS, M. C. D.; SCHEER, S. Modelagem de informações no desenvolvimento enxuto de projetos. In: SALGADO, M. S.; RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A. N.; SILVOSO, M. M. **Projetos complexos e seus impactos na cidade e na paisagem**. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ; ANTAC, 2012.
- NOBRE, J. A. P. **Proposição de melhorias no processo de desenvolvimento de produto da construção civil mediante a captação das informações dos clientes**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado Profissional em Administração, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

- OLIVEIRA, O. J. Gestão do processo de projeto na construção de edifícios. **Integração**, São Paulo, v. 38, p. 201-217, 2004.
- ORIHUELA, P.; ORIHUELA, J.; ULLOA, K. Tools for design management in building projects. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION IGLC 19, 2011, Lima. **Proceedings...** Lima, 2011. p. 427-436.
- ROMANO, F. V. **Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. 2003. 326 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- ROMCY, N. M. S. **Proposta de tradução dos princípios da coordenação modular em parâmetros aplicáveis ao building information modeling**. 2012. 181 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- SACKS, R.; DAVE, B.; KOSKELA, L. J.; OWEN, R. L. Analysis Framework for the Interaction between Lean Construction and Building Information Modelling. In: INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION IGLC 17, 2009, Taipei. **Proceedings...** Taipei, 2009. p. 221-34.
- TRESCASTRO, M. G. **Diretrizes para a segmentação e sequenciamento das atividades no processo de projeto em ambientes simultâneos na construção civil**. 2005. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. 150 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T. Considerations on Application of Lean Construction to Design Management. In: PROCEEDINGS FOR THE 7TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC-7), 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley, 1999. p. 335-44.

Kelma Pinheiro Leite
kelmapinheiro@yahoo.com.br

José de Paula Barros Neto
jpbarros@ufc.br

Marina Teixeira
marinacoelho.rt@gmail.com

Camila Claudino
camilaclaudino9@gmail.com

INTEROPERABILIDADE DE FERRAMENTAS DE MODELAGEM PARAMÉTRICA EM PROJETOS DE PLANTAS INDUSTRIAIS

Interoperability of parametric modeling tools in industrial plant designs

Ezequiel Rosa Dias¹, Eduardo Marques Arantes¹

RESUMO Este trabalho resulta de uma pesquisa de mestrado que investigou a troca de dados entre diferentes ferramentas BIM utilizadas por um grupo de empresas de Belo Horizonte na elaboração de projetos industriais. As principais fontes da pesquisa exploratória foram entrevistas não estruturadas e análises de documentações. Verificou-se que as empresas utilizam a modelagem 3D principalmente para visualização e verificação de interferências construtivas. As mesmas se encontram focadas na resolução de problemas de interoperabilidade em função da utilização simultânea de ferramentas BIM e de modelagem paramétrica industrial, mescla que pode induzir o uso de novas tecnologias pelo setor AEC à medida que projetos mais complexos são desenvolvidos pelo setor. A interoperabilidade entre os softwares utilizados ocorre preferencialmente por links diretos e padrões proprietários, em virtude de inexistência de definições normativas, fato que requer iniciativas de harmonizações entre padrões como IFC, CIS/2 e ISO-15926. Este estudo mostra que as disciplinas de projeto compõem um modelo digital 3D integrado. Contudo, o modelo integrado não dispõe de características paramétricas suficientes para o emprego de simulações do empreendimento como um todo. Para a gestão da modelagem, as empresas adotam uma ferramenta própria para criação de objetos paramétricos, tradução de modelos entre ferramentas não interoperáveis e gestão de listas de materiais. A pesquisa possibilitou a compilação do fluxo da troca de dados entre softwares, com a discriminação das linguagens utilizadas, das fases de projetos e das equipes envolvidas.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Modelagem paramétrica de plantas industriais, Interoperabilidade.

ABSTRACT This study results from a master's research that investigated data exchange among different BIM tools used by a group of Belo Horizonte companies in the development of industrial plant designs. The main sources of the exploratory research were unstructured interviews and documentation analysis. We found that companies use 3D modeling mainly for visualization and clash detection. Companies are focused on solving interoperability problems due to the simultaneous use of BIM and industrial parametric modeling tools, a blend that can induce the use of new technologies for the AEC field to the extent that more complex designs are developed by this sector. The interoperability between the software occurs mainly by direct links and proprietary standards, due to the lack of normative definitions, a fact that requires harmonization initiatives between standards such as IFC, CIS/2 and ISO-15926. This study shows that the design disciplines comprise a 3D integrated digital model. However, the integrated model lacks enough parametric features for the whole building simulation. For management modeling, companies adopt their own tool for creating parametric objects, translation models between non-interoperable tools and bills of material management. This study led to the compilation of the data exchange flow between software, specifying the used extension, the design phases and the involved teams.

KEYWORDS: BIM, Industrial plant parametric modeling, Interoperability.

¹ Universidade Federal de Minas Gerais

How to cite this article:

DIAS, E. R.; ARANTES E. M. Interoperabilidade de ferramentas de modelagem paramétrica em projetos de plantas industriais. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 35-46, jul./dez. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.101369>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 31 jul. 2015

Aceito em: 14 set. 2015



INTRODUÇÃO

A falta de interoperabilidade entre ferramentas de modelagem paramétrica é um paradigma a ser superado por empresas projetistas que objetivam desenvolver-se no tocante à tecnologia BIM – *Building Information Modeling*. Neste sentido, este trabalho objetivou investigar as formas pelas quais um grupo formado por quatro empresas de projeto em Belo Horizonte trabalha a questão da interoperabilidade entre os softwares utilizados na elaboração de projetos de plantas industriais. Neste estudo compilou-se um fluxograma descrevendo-se a troca de dados entre os diferentes softwares de modelagem utilizados pelas equipes nas diferentes fases de projetos. O alvo da pesquisa não se referiu a um estudo de caso específico. O fluxograma foi elaborado à luz de um processo idealizado junto ao grupo pesquisado, com duração padrão de 12 meses, de forma que esse mapeamento pudesse representar qualquer processo de projeto (design) desenvolvido pelas empresas pesquisadas, como projetos de Mineração, Siderurgia, Metalurgia, Óleo e Gás, etc. Como a projeção nessas indústrias envolve diversas especialidades de projeto e equipamentos de custo elevado, é de se esperar que essas indústrias sejam rigorosas quanto à representatividade dos modelos digitais, que envolvem uma gama de sistemas computacionais muitas vezes desconhecidos pela Construção Civil. A partir dessa hipótese, espera-se que as metodologias adotadas em projetos industriais, assim como os avançados sistemas computacionais utilizados, possam trazer contribuições para o setor AEC, não somente pela diversidade tecnológica, mas também pelas possibilidades de interoperabilidade requerida associada à gama de sistemas utilizados. Essas possíveis contribuições das empresas de projetos industriais ao setor AEC justificam o desenvolvimento deste trabalho. Como o grupo pesquisado adota softwares de modelagem de diferentes indústrias, esperava-se que a maioria das trocas entre ferramentas ocorresse em formatos de padrão proprietário, dada a complexidade de se encontrarem soluções abertas que deem suporte à modelagem integrada voltada a duas ou mais indústrias.

FUNDAMENTAÇÃO

De acordo com Müller (2011), apesar da grande e recente evolução das Tecnologias da Informação (TIs) voltadas à Construção Civil, os sistemas computacionais nem sempre são suficientemente robustos ao ponto de darem suporte ao trabalho conjunto, ou seja, não são interoperáveis.

A interoperabilidade retrata a necessidade de transmissão de dados entre diferentes aplicativos, permitindo a contribuição de diferentes especialistas e aplicações ao trabalho de toda a equipe envolvida no empreendimento. Essa possibilidade de troca elimina a necessidade de repetição de entradas de dados gerados, além de facilitar os fluxos de trabalho e a automação no processo de projeto (EASTMAN et al., 2011).

De acordo com Shen et al. (2010), a interoperabilidade traduz a capacidade de certos dados – gerados por uma parte específica – serem corretamente interpretados por outras partes. Segundo os autores, esse é o primeiro passo para qualquer integração de sistemas e colaboração. A tecnologia que permite a interoperabilidade de dados é a modelagem desses.

Segundo Eastman et al. (2011), a partir do final dos anos 1980, modelos de dados foram desenvolvidos para darem suporte ao intercâmbio de modelos de produtos e de objetos entre diferentes indústrias, esforço esse liderado pelas normas internacionais ISO (*International Organization for Standardization*). As normas de modelos de dados são desenvolvidas tanto pelas organizações ISO quanto pelos esforços liderados pela indústria, ambas utilizando a mesma tecnologia, mais especificamente a linguagem de modelagem de dados Express.

Como pode ser lida por computador, a linguagem Express possui múltiplas aplicações, incluindo um formato compacto de arquivo de texto, definições de esquemas em bancos de dados SQL (*Structured Query Language*) e orientados a objetos, bem como esquemas em XML. A interoperabilidade pode ocorrer de quatro maneiras distintas: links diretos (conexão integrada entre duas aplicações de diferentes desenvolvedores), formato proprietário (interoperabilidade entre aplicativos de uma mesma empresa desenvolvedora de software), formato público e padrões de trocas baseados em XML (EASTMAN et al., 2011).

Para Shen et al., (2010), por causa do grande número de parceiros multidisciplinares envolvidos em projetos da construção, a indústria AEC tem se empenhado no desenvolvimento de normas internacionais e industriais voltadas à interoperabilidade. Algumas dessas normas são desenvolvidas para projetos e especificações de edifícios em geral. Outras se voltam à interoperabilidade de indústrias específicas, como a indústria do aço e do concreto pré-moldado. De acordo com os autores, muitos desses padrões compartilham uma base tecnológica comum com a norma ISO-STEP. Os autores citam os padrões IFC, CIS/2 e ISO 15926 (voltada a projetos industriais) como as três maiores nesta área.

Existem vários modelos de dados de produtos da construção com sobreposição de funcionalidades, todos utilizando a linguagem Express. Esses modelos variam em relação às informações AEC que representam e à utilização pretendida, contudo, com sobreposições ou interfaces comuns. Por exemplo, o IFC pode representar geometrias construtivas, assim como a ISO 15926. Existe sobreposição entre o CIS/2 e o IFC no projeto de aço estrutural e entre a ISO 15926 e o IFC nas áreas de tubulações e equipamentos mecânicos. Esses esforços, segundo Eastman et al. (2011), necessitam ser harmonizados.

Atualmente, esforços de harmonização de interfaces entre os padrões da construção como o IFC e a ISO 15926 podem ser vistos nos trabalhos de Liebich (2013) pelo *Building Smart*. De acordo como o autor, o IFC, que tem suas origens nos anos 1990 e que está em sua quarta versão (IFC4 ou IFC2x4), busca, em um futuro próximo, apoiar atividades construtivas de outros setores. O próximo passo deste padrão (IFC5) focará na harmonia de interfaces com outros setores industriais e infraestrutura em geral. Essa abordagem, segundo o autor, não será realizada apenas pelo Comitê Técnico ISO/TC 59, mas em harmonia e colaboração com os grupos relacionados.

Eastman et al. (2011) salientam que enquanto alguns afirmam que o IFC e as normas públicas são a única solução para a interoperabilidade entre ferramentas BIM, outros dizem preferir os padrões proprietários, uma vez que o movimento das normas públicas para tratar questões não resolvidas é muito vagaroso.

MÉTODO

Esta investigação se insere no contexto de Pesquisa Exploratória, que, de acordo com Gil (2002), objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema a fim de torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. O grupo pesquisado é formado por uma empresa de projetos industriais (Empresa A), uma empresa de automação de projetos (Empresa B), uma empresa de projeto em estruturas metálicas (Empresa C) e uma de projeto em estruturas de concreto (Empresa D).

As fontes desta pesquisa foram aquelas comumente adotadas na área de Gestão de Projetos, ou seja, fontes orais (entrevistas), fontes documentais, observações, anotações e reuniões, que permitiram analisar o processo de projeto desenvolvido pelas empresas pesquisadas e as tecnologias da informação adotadas na elaboração dos projetos. As entrevistas – presenciais

– foram realizadas do tipo informal (entrevista não estruturada), visando à obtenção de opiniões espontâneas e naturais por parte dos entrevistados.

Para entendimento e elaboração do fluxograma do processo de projeto das empresas, foram realizadas aproximadamente trinta entrevistas com os agentes do processo, englobando cargos como coordenadores dos projetos e de disciplinas, coordenador do projeto em disciplinas específicas, projetistas, desenhistas, consultores, analistas de materiais e administradores de sistemas 3D. Com o objetivo de se extrair o máximo das informações fornecidas nas entrevistas, essas foram gravadas e muitas informações anotadas em um caderno de campo. A coleta de dados possibilitou cruzar informações para as análises que se sucederam. Em caso de dúvidas fazia-se novo contato com o entrevistado. Em alguns casos, novas entrevistas foram agendadas para complementação e esclarecimentos de informações.

Ao longo do processo de investigação compilou-se todo um fluxograma de importação e exportação de informações de modelagens compartilhadas entre as diferentes ferramentas utilizadas pelo grupo pesquisado (Figura 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se aqui resultados finais de uma pesquisa de mestrado que, além do tema interoperabilidade, investigou o grupo supracitado no que tange à evolução da utilização BIM de acordo com os paradigmas citados por Taylor e Bernstein (2009), quanto ao estágio de capacidade BIM segundo Succar (2009) e quanto à sequência do desenvolvimento de projetos segundo Fabrício (2002).

O grupo pesquisado adota as seguintes fases de projeto antes da entrega do projeto ao cliente: Fase A1: Projeto Conceitual; Fase A2: Projeto básico; Fase B: Projeto detalhado (3D) / Modelagem BIM ou modelagem paramétrica industrial; Fase C: Simulações ou análises; Fase D: Gestão de modelagem; Fase E: Gestão de materiais; Fase F: Gestão do conhecimento.

As disciplinas de projetos, com respectivos códigos, adotados pelo grupo pesquisado, são: Processo (KP); Mecânica (MM); Terraplanagem / Geometria (CV); Civil Concreto (CC); Civil Estrutura Metálica (ST); Elétrica Industrial (ED); Tubulação (HT); Civil Arquitetura (CA); Automação/Instrumentação (TI); Hidrossanitário/Drenagem Cobertura (CH) e Civil Drenagem/Pavimentação (CD).

A seguir descreve-se, de forma geral, o processo de modelagem de projetos desenvolvido pelo grupo pesquisado, passando pelas diferentes fases, com informações a respeito das especialidades, dos softwares de modelagem empregados e da linguagem utilizada para a interoperabilidade entre eles.

Projeto conceitual

De uma forma geral, o projeto conceitual, no grupo pesquisado, refere-se a estudos preliminares. Este estágio é utilizado para concepção da ideia do empreendimento ou edificação industrial. Normalmente, para esta concepção, não se utiliza modelagem tridimensional. As documentações são, na maioria das vezes, desenhos bidimensionais e/ou esquemáticos.

Nesta fase, inicia-se, na disciplina KP, o estudo da rota do processo industrial. Por sua vez, a equipe da MM inicia o pré-dimensionamento dos equipamentos de acordo com a rota definida pelo processo. Os softwares utilizados na disciplina MM são o Inventor, da Autodesk (para modelagem), o PDMS, da Aveva e o Autodesk Revit, ambos para alocação de equipamentos. A equipe de HT utiliza basicamente modelagem 2D, fazendo-se uso do Pipenet para cálculo e dimensionamento das redes extensas. O AutoCAD 2D é empregado na disciplina EI para elaboração de diagramas unifilares,

arranjos, lista de cargas, etc. Na disciplina Arquitetura (CA) realizam-se estudos de volumetria e arranjos físicos utilizando-se Revit. Raramente inicia-se a modelagem de estruturas metálicas nesta fase. Os estudos na disciplina ST se limitam a estimativas de materiais, tarefa para a qual dificilmente empregam-se softwares. A ferramenta utilizada para elaboração de croquis na disciplina CC é o AutoCAD, software normalmente utilizado como suporte a estudos de volumetria e viabilidade. No projeto conceitual Hidrossanitário (CH), quando desenvolvido, utiliza-se o Revit para geração de croquis 2D. Estudos iniciais do projeto geométrico (CD) são realizados com o emprego do Revit, sem a necessidade da modelagem propriamente dita. A equipe TI inicia o desenvolvimento do projeto para a infraestrutura de instrumentação e automação da planta industrial, utilizando-se o AutoCAD 2D. Iniciam-se os estudos dos sistemas e dispositivos de medição e controle da planta por instrumentação. Na disciplina CV normalmente não há modelagens nesta fase. Estudos preliminares ficam restritos a estudos superficiais de volumetria, como cortes e aterros. O emprego do AutoCAD 2D pode ocorrer no caso de início da modelagem nesta fase. Em relação à interoperabilidade interdisciplinar, a fase de projeto conceitual se encerra sem nenhuma troca de dados, uma vez que o modelo digital é ainda incipiente. Esse fato mostra que a tecnologia BIM ou a modelagem paramétrica industrial não envolve todo o ciclo de projeto do grupo pesquisado, visto que, nesta fase, o emprego dessa tecnologia se mostra ainda incipiente.

Projeto básico

Na fase de Projeto Básico tem início a distribuição espacial do processo industrial com a percepção do empreendimento. O objetivo, segundo os entrevistados, é que, ao final da projeção básica, os equipamentos que serão instalados na planta industrial estejam definidos, o que proporcionará uma modelagem mais precisa. É neste estágio que a modelagem tridimensional parametrizada e/ou não parametrizada se inicia.

Nesta fase inicia-se na disciplina HT a modelagem de diagramas e fluxogramas do empreendimento industrial, bem como a definição dos equipamentos mecânicos a serem empregados. As representações de interligação de equipamentos são modeladas utilizando-se ferramentas 2D P&ID, por meio das quais é possível fornecer informações não geométricas à modelagem, como capacidade de vazão, pressão etc. Nesta fase pode haver o emprego das ferramentas Excel e AutoCAD. A equipe da MM inicia a distribuição dos equipamentos no espaço, objetivando definir-se todos os equipamentos que serão alocados no empreendimento. Os softwares utilizados nesta fase para modelagem e alocação são o Inventor, o PDMS, o Solidworks e o Microstation. Vale salientar que a modelagem, em alguns projetos, é desenvolvida pelo próprio fornecedor de equipamentos. Informações relativas a equipamentos e tubulações são compartilhadas entre os modelos (PDMS) das disciplinas MM e HT. A equipe de HT inicia a modelagem das redes, fazendo ainda emprego das ferramentas Plant 3D (Autodesk) e Smart 3D (Sisgraph). A troca de informações do Plant para o PDMS e para o Smart 3D é realizada com o suporte do tradutor MEX 3D, desenvolvido pela Empresa B. Na disciplina EI utilizam-se o AutoCAD 2D (detalhes típicos) e o Revit para modelagem 3D; em casos em que as disciplinas da Engenharia Civil e Mecânica estejam utilizando o Revit e o Inventor, respectivamente. O fato de esses dois últimos softwares pertencerem à empresa Autodesk é um fator facilitador à interoperabilidade entre eles. Nesses casos as extensões de arquivos utilizadas para troca de informações interdisciplinares são o .RVT e o .SAT. O modelo conceitual da disciplina CA é transformado em projeto básico, ao passo que se aumenta, nesta fase, o nível de detalhes. Inicia-se a modelagem das estruturas em aço utilizando-se o SAP 2000 (da Computers & Structures, Inc.) e o Revit. As tarefas de dimensionamento

estrutural são também desenvolvidas com o auxílio do SAP. Informações são compartilhadas entre o Revit e o SAP na linguagem de padrão aberto .SDNF, sendo esta a única troca de padrão neutro desta fase. Na disciplina CC inicia-se a modelagem propriamente dita. Como a ferramenta utilizada – neste caso – é o Revit, o modelo pode ser desenvolvido pela própria equipe CC ou importado da modelagem arquitetônica. As disciplinas CH, CD e TI iniciam a composição do modelo empregando-se o Revit. As trocas de informações interdisciplinares são realizadas no formato .RVT. A equipe CV utiliza os dados dos estudos preliminares, importando-os na extensão .DWG para iniciar a modelagem da terraplanagem nos softwares AutoCAD 2D ou Civil 3D. Iniciam-se as trocas de dados interdisciplinares. O formato mais empregado, neste caso, é o .RVT, uma vez que a maioria das disciplinas fazem emprego do Revit nesta etapa.

Projeto detalhado

Nesta fase conclui-se a modelagem propriamente dita. Em cada uma das disciplinas, com exceção de KP e CV, tem-se um modelo 3D parametrizado. Para o grupo de empresas pesquisadas, o modelo BIM ou paramétrico industrial representa o projeto detalhado. Na disciplina KP fazem-se apenas revisões e adequações pontuais. Em MM compila-se toda a modelagem na ferramenta Inventor e o arranjo espacial no Revit. As trocas de dados entre o Revit e o Inventor são realizadas por meio do formato proprietário .SAT. O compartilhamento de informações entre a MM e outras disciplinas são realizadas empregando-se a ferramenta Revit, nos formatos .RVT e .DWG. Conclui-se o modelo da disciplina HT utilizando-se as mesmas ferramentas da fase anterior. A troca de informações entre os softwares utilizados pela equipe de tubulações ocorre basicamente por meio dos formatos .PCF e MEX 3D. Em EI empregam-se as ferramentas Revit e Smart Plant 3D (Intergraph) para composição do modelo. A modelagem arquitetônica é concluída com o auxílio do Revit. Em ST conclui-se o dimensionamento e a modelagem por meio dos softwares SAP2000 e Revit, respectivamente. Para o detalhamento estrutural utiliza-se, contudo, o AutoCAD 2D, fato que não condiz com a tecnologia BIM. Os formatos de troca de dados utilizados se mantêm. Em CC o modelo detalhado, desenvolvido no Revit, recebe contribuição dos softwares de cálculo e dimensionamento – SAP 2000 e Robot. A comunicação entre o Revit e o Robot ocorre de forma nativa, por serem ambos da Autodesk. Nas disciplinas CH, CD e TI conclui-se a modelagem paramétrica pelo Revit, complementando-se as informações de projeto da fase anterior. Empregando-se a ferramenta Civil 3D, conclui-se a modelagem da disciplina CV, utilizando-se os dados de entrada da fase de projeto básico. Obtém-se toda a geometria da terraplanagem, como curvas de nível, informações de volumetria para cortes e aterros, bota-foras, etc.

Simulações e/ou análises

Simulações e/ou análises são realizadas separadamente por disciplina de projeto, e não do modelo como um todo. No grupo pesquisado, as simulações (identificadas como verificações, análises e dimensionamentos), são realizadas apenas em modelos tridimensionais. Vale ressaltar que esta fase ocorre concomitantemente ao projeto detalhado.

A disciplina KP realiza simulações de perdas de cargas empregando-se ferramentas 2D P&ID. Utilizando-se o software Inventor, realizam-se, na disciplina MM, análises de flexibilidade e de tensões e deformações dos equipamentos. Utilizando-se ainda este software, a equipe da MM pode realizar análise dinâmica (fluxo industrial) e análise estrutural pelo Método dos Elementos Finitos. As informações utilizadas são aquelas presentes no

projeto detalhado. Os formatos utilizados pelo Inventor são o .IPT e o .IAM. Em HT faz-se análise de flexibilidade das linhas de tubulações utilizando-se os softwares Ceaser e Triflex. O formato utilizado para a troca de dados é o .PCF. A disciplina ST realiza a análise estrutural pelo SAP2000. CC realiza análises e simulações de cálculo e dimensionamento por intermédio dos softwares SAP2000 e Robot. A equipe de TI utiliza a ferramenta CONVAL para composição das folhas de dados, fazendo-se dimensionamento de válvulas de segurança, medidores de vazão, etc. Com os dados advindos de KP, verifica-se a capacidade dos instrumentos (TI), a serem utilizados na planta industrial, de captar as informações de que o processo necessita. As demais disciplinas não realizam simulações e/ou análises. A inexistência de simulações do modelo único se deve ao fato de que este (integrado via ferramenta Navisworks) não guarda características paramétricas suficientes para esta análise. A parametrização fica restrita aos modelos disciplinares. Desta forma o modelo integrado é utilizado apenas para visualização e verificação de interferências construtivas.

Gestão da modelagem interdisciplinar

Para gestão da modelagem 3D emprega-se a ferramenta Navisworks, por meio da qual os modelos disciplinares são integrados. Durante a fase de modelagem os dados geométricos dos modelos disciplinares, por meio de diferentes formatos, geram o modelo da disciplina específica no Navisworks. Esses modelos se comunicam via referência cruzada, de forma que cada disciplina visualiza as informações das demais. As interferências e inconsistências construtivas detectadas no modelo, com o auxílio da ferramenta *clash detective* do Navisworks, são considerados e discutidos em reuniões presenciais entre o coordenador do projeto, os líderes das disciplinas e os projetistas. Um relatório de interferências interdisciplinar é exportado do Navisworks aos softwares de modelagem. Na sequência cada equipe de projeto atualiza seu modelo em sua própria ferramenta de modelagem. Ao final de cada dia, uma rotina automática retroalimenta o modelo geral no Navisworks para novas verificações. Esse ciclo se repete até que não haja questões de inconsistências construtivas.

Somente na fase de entrega do projeto ao cliente final é que o modelo único é gerado, para representação geral do empreendimento industrial. Essa compilação dos modelos em um arquivo 3D único é chamada pelo grupo de “pré-montagem da planta industrial”. O Navisworks recebe informações dos softwares de modelagem basicamente nos formatos .RVT, .NWD e DWG. Contudo, o modelo integrado é apenas uma representação geométrica do modelo 3D parametrizado. Esse fato mostra que a tecnologia BIM ou de modelagem parametrizada industrial não engloba todas as etapas de projeto do grupo pesquisado, uma vez que não existe um modelo único, parametrizado, sendo o modelo integrado apenas uma representação espacial dos vários modelos paramétricos disciplinares.

Gestão de especificações de materiais

Para gestão de materiais o grupo pesquisado desenvolveu uma ferramenta específica intitulada MEX – *Material Explorer*. Por meio deste software desenvolvem-se especificações de materiais e criação de objetos paramétricos para exportação aos softwares de modelagem. Esses objetos contêm, além de informações geométricas para modelagem, especificações dos materiais que representam alinhadas à rede de suprimentos. Concluídos os modelos 3D parametrizados por disciplina, importam-se pelo MEX listas de materiais das ferramentas de modelagem. Um fato importante a ser salientado é que, no início da modelagem, cada projetista tem a

sua disposição, em seu software de modelagem, unicamente os objetos paramétricos necessários à sua disciplina. Dessa forma obtém-se, na fase de projeto (design), o controle dos materiais que irão para o canteiro de obra, evitando-se erros, retrabalhos e desperdícios. O MEX realiza troca de informações com os softwares de modelagem basicamente nos formatos .RSV, .XLS, e TXT.

Gestão do conhecimento

A gestão do conhecimento também é realizada via MEX. Esse gerenciamento é realizado entre projetos subsequentes por meio de tarefas que permitem manutenção e aplicação das boas práticas de Engenharia a cada novo projeto. Especificações e informações relativas a diferentes materiais, utilizadas em projetos anteriores, são reutilizadas em novos modelos de empreendimentos. Essas informações são mantidas em um banco de dados único do MEX. Segundo os entrevistados, a gestão do conhecimento ainda contempla sessões de revisão do projeto e a manutenção da ligação entre as ferramentas de modelagem e a localização das documentações nos arquivos de rede – árvore hierárquica – construída com o auxílio do MEX a partir das propriedades específicas de cada família de material. A árvore hierárquica é utilizada para gestão do conhecimento e para armazenamento centralizado de especificações de materiais parametrizados, permitindo acesso por função do profissional, por disciplina ou por projeto. O acervo técnico comum a diferentes tipos de projetos ainda conta com vídeos gerados a partir de modelos 3D, imagens de acompanhamento de obra, instruções de montagem, cópias documentos em formato PDF para consulta rápida e links para conteúdos relacionados aos projetos.

A gestão do conhecimento é realizada durante todo o período de desenvolvimento do projeto, uma vez que se trata de compilação e aplicação de boas práticas de Engenharia, Arquitetura, Construção e processo de montagem de planta industrial, obtidas e desenvolvidas à medida que elaboram mais e mais projetos construtivos.

Entrega do projeto ao cliente

A entrega do projeto do produto ao cliente final pode ser realizada via modelo digital e/ou no formato impresso (papel). Os formatos digitais podem ser disponibilizados nas extensões .DWG 2D, .XLSX (planilhas) ou .NWD. Este último formato representa o modelo tridimensional integrado, compilado com o auxílio da ferramenta Navisworks ao final do desenvolvimento do projeto. Esse modelo, compatibilizado ao longo do processo de projeção, contempla os dados geométricos de todas as disciplinas. De acordo com os entrevistados, mesmo em casos em que o cliente não solicita, o projeto 3D é desenvolvido. Segundo eles, a modelagem 3D é considerada uma boa prática já padronizada pelo grupo. Além disso, segundo os entrevistados, esse tipo de elaboração de projetos facilita a gestão do conhecimento entre projetos subsequentes. A forma de entrega do projeto reflete a contratação firmada entre as empresas projetistas e o cliente. Há casos em que o cliente contrata apenas projetos impressos e formatos digitais 2D. Dessa forma, esses serão os formatos entregues, apesar de o modelo tridimensional ser sempre elaborado. Como estratégia de Engenharia, independentemente da forma de projeto contratado, o grupo pesquisado sempre desenvolve o projeto 3D – modelos disciplinares parametrizados e o modelo 3D integrado (não parametrizado) no Navisworks. Para adquirir o modelo Navisworks, o cliente precisa contratar tal formato. Caso contrário, este modelo servirá às empresas projetistas como fonte de conhecimento para trabalhos futuros e a entrega será realizada conforme contrato entre as partes.

Fluxograma do processo de projeto

Como forma detalhar a troca de informações de projeto e o formato utilizado entre as várias ferramentas utilizadas pelo grupo, compilou-se, neste trabalho, um fluxograma que ilustra as Fases *versus* Disciplinas de Projeto. Para cada disciplina e para cada fase foram discriminados os softwares utilizados, detalhando-se os formatos (extensões) em que as ferramentas recebem e/ou enviam as informações a outras fases e/ou disciplinas.

Utilizou-se, no referido fluxograma, um sistema de cores para identificação e discriminação das ferramentas e/ou documentações empregadas para elaboração e entrega dos projetos ao cliente. A cor vermelha foi utilizada para identificação de documentações que são entregues no formato papel; impresso. Ferramentas de modelagem bidimensional foram destacadas em amarelo. Softwares de modelagens 3D – não parametrizadas – estão identificados em azul. A ferramenta MEX, utilizada para gestão de materiais e de conhecimento de projeto foi identificada com a cor alaranjada. As ferramentas de suporte à modelagem 3D parametrizada foram identificados com a cor verde.

Além dos projetos descritos neste trabalho, o grupo pesquisado ainda contrata – de empresas externas ao grupo – projetos de ar condicionado, que não são desenvolvidos pelas empresas pesquisadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilitou o diagnóstico do estado da arte quanto ao uso da tecnologia BIM sob determinados aspectos e que tem impactado o processo de projeto, além de mostrar que a interoperabilidade requerida no processo exige um trabalho interdisciplinar mais colaborativo, em busca da elaboração de modelos do produto mais integrados.

Em relação às empresas pesquisadas, a principal contribuição desta pesquisa está na compilação do fluxograma mostrado na Figura 1, visto que as empresas não possuíam esse mapeamento. Por intermédio do referido fluxograma compilou-se a lógica no que tange às trocas de informações entre os softwares de modelagem empregados, bem como as linguagens utilizadas para essa interoperabilidade ao longo das fases de projeto (design).

Para o setor AEC, a contribuição deste trabalho está na constatação de que a tecnologia BIM, ao se inserir no contexto de outras indústrias, depara-se com questões normativas não harmonizadas, inclusive entre padrões abertos de interoperabilidade. Esse fato mostra que existe uma necessidade de gestão de interfaces entre essas indústrias para que os projetos do produto, que envolvam diferentes setores, sejam desenvolvidos com todo o potencial oferecido pela tecnologia de modelagem paramétrica.

Como esperado, as soluções proprietárias ou links diretos para a troca de informações entre diferentes aplicações prevaleceram como solução adotada pelas empresas pesquisadas. Tal solução advém do fato de que inexistem padrões abertos de interoperabilidade, como o IFC, para todas as disciplinas utilizadas em projetos industriais. Nessa direção, o grupo pesquisado desenvolveu uma ferramenta específica para a gestão e aplicação de objetos nos projetos denominada MEX. Salienta-se, contudo, que a compilação desse tipo de troca de dados exige mão-de-obra especializada e muitas vezes custos elevados, fato que confere exclusividade BIM às empresas que o utilizam. Contudo, trocas de informações via formato neutro ocorrem entre os softwares de ST (SAP2000 e Revit) que utilizam o formato SDNF nas fases de projeto Básico e Detalhado. As informações são compartilhadas entre o modelo estrutural (do Revit), o cálculo e dimensionamento (SAP2000).

Se por um lado, os padrões proprietários são uma saída à falta interoperabilidade, por outro inviabilizam ou excluem pequenas empresas do uso das novas tecnologias pela impossibilidade de acesso a esses padrões. Nessa direção, faz-se necessária a participação das universidades e do

setor público na promoção de parcerias com o setor privado, visando o desenvolvimento de padrões públicos para a disseminação do conhecimento na área. Nesse sentido, sugere-se aqui, que iniciativas públicas brasileiras sejam criadas com vistas ao desenvolvimento de ferramentas de gestão de materiais e da modelagem BIM – a exemplo do MEX – focando-se, contudo, em características de software de padrão aberto e livre.

Os resultados mostram que objetos paramétricos criados por meio MEX são importados e exportados pelas ferramentas de modelagem paramétrica como o Plant 3D e o PDMS. O MEX utiliza parâmetros em consonância com o modelo matemático de geometria do software receptor que reconhece o objeto como se lhe fosse próprio ou nativo. Mesclando diferentes tipos de trocas de dados, o grupo pesquisado confere considerável interoperabilidade na elaboração dos projetos industriais.

Uma ponderação a ser feita, no entanto, é que o detalhamento estrutural nas disciplinas ST e CC é realizado com auxílio do AutoCAD 2D, ferramenta que não condiz com os conceitos BIM. A interoperabilidade interdisciplinar dos modelos 3D parametrizados pode sempre ocorrer via Revit entre todas as disciplinas de projeto, com exceção de HT e CV. O modelo 3D dessas disciplinas é integrado aos demais por meio dos softwares Plant 3D e Civil 3D, no formato DWG. O modelo geométrico (não parametrizado) é interoperável entre todas as disciplinas de projeto que, integrados, formam o modelo único. Por fim, o MEX propicia a gestão de materiais para a maioria das disciplinas, com exceção de Concreto e Terraplanagem.

Como foi constatado nas entrevistas, a maioria dos clientes do grupo pesquisado é bastante rigorosa no que diz respeito à representatividade dos modelos digitais dos empreendimentos. Nesse ínterim, as empresas projetistas buscam se empenhar para a composição de um modelo único, 3D, que represente o empreendimento de acordo com as necessidades do cliente. Para isso, o grupo pesquisado disponibiliza aos seus clientes o modelo 3D no Navisworks, independentemente do produto contratado. Salienta-se que o fato de alguns clientes contratarem apenas projetos 2D, reflete uma cultura empresarial ainda com necessidade de evolução no sentido de utilização de todo o potencial fornecido pelas tecnologias disponíveis.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, C. E.; SCHEER, S. Requisitos de informação e mapas do processo de projeto de estruturas em concreto armado: um estudo de caso utilizando a metodologia IDM. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 18-34, jan./jun. 2014.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons. Inc., 2011.
- FABRÍCIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002. 175p.
- LIEBICH, T. IFC for INFRAstructure. **INFRA-BIM Workshop**. 2013, Helsinki. Building Smart. International home for openBIM.
- MÜLLER, F. M. **A interoperabilidade entre sistemas CAD de projetos de estruturas de concreto armado baseada em arquivos IFC**. 2011. 129f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- SHEN, W.; HAO, Q.; MAK, H.; NEELAMKAVIL, J.; XIE, H.; DICKINSON, J.; THOMAS, R.; PARDASANI, A.; XUE, H. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: a review. **Advanced Engineering Informatics**, v. 24, n. 2, p. 196-207, abr. 2010. DOI: 10.1016/j.aei.2009.09.001.
- SUCCAR, B. **Building information modelling maturity matrix**. Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction

Informatics: Concepts and Technologies. 2009. 50p. Disponível em <<https://www.academia.edu>>. Acesso em 21 out. 2014.

TAYLOR, J. E.; BERNSTEIN, P. G. Paradigm trajectories of building information

modeling practice in project networks. **Journal of Management in Engineering**, v. 25, n. 2, p. 69-76, abr. 2009. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2009\)25:2\(69\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2009)25:2(69)).

Ezequiel Rosa Dias
ezequiel.rosadias@gmail.com

Eduardo Marques Arantes
arantes@denc.ufmg.br

GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM EMPREENDIMENTOS HOSPITALARES: ESTUDO DE CASO

Electrical design management in health care facilities: case study

Breno Oliveira¹, Cícero Starling¹, Paulo Roberto Andery¹

RESUMO O presente trabalho apresenta um estudo exploratório sobre a gestão do processo de projeto de instalações elétricas em estabelecimentos hospitalares complexos. A pesquisa realizou-se por meio de dois estudos de caso. As fontes de evidências envolveram a documentação de projeto, atas de reuniões, procedimentos, assistência a reuniões de coordenação, entrevistas e acompanhamento de rotinas de trabalho. Dessa forma, foi possível mapear o processo de projeto, identificando problemas, dificuldades e desafios. Os casos, explorados a partir de um referencial teórico que abordou a situação da gestão de projetos e suas diversas disciplinas envolvidas, apresentam um extenso quadro das dificuldades encontradas na elaboração de projetos de instalações elétricas em empreendimentos hospitalares, suas causas e possíveis ações visando minimizar os riscos inerentes a empreendimentos que, por sua natureza, oferecem elevado grau de complexidade e exigem interação completa entre os diversos agentes envolvidos. A ausência de um programa de necessidades adequado, a utilização de técnicas de gestão de projetos ultrapassadas e o desconhecimento técnico das particularidades expostas pelas instalações hospitalares provocam relações tensas entre as partes e, por consequência, o descumprimento dos prazos e a extrapolação dos orçamentos previstos, além de lacunas no atendimento às expectativas de investidores, contratantes e de usuários desses empreendimentos. Por fim, este trabalho aponta a utilização de duas importantes ferramentas com o objetivo de minimizar os riscos apresentados: o programa de necessidades para a elaboração de projetos de instalações elétricas em empreendimentos hospitalares, além de uma sequência proposta para a elaboração dos referidos projetos, fundamentada nos conceitos de gestão do processo de projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão do processo de projeto, Instalações elétricas, Empreendimentos hospitalares.

ABSTRACT This study aimed to present an exploratory study on the design process management of complex electrical installations in health care facilities. The research was carried out using two case studies. Evidence sources involved the design documentation, minutes of meetings, procedures, coordination meetings assistance, interviews and follow-up work routines. Thus, it was possible to map the design process, identifying problems, difficulties and challenges. This exploratory study, based in a conceptual framework, highlights design management issues, points out an extensive framework of the difficulties found in the conception of electrical installations designs in health care projects, its causes and enables actions to minimize the risks inherent in projects that, due to its nature, offers high level complexities and requires full interaction between stakeholders. The lack of a proper briefing, the use of outdated management techniques and the technical unfamiliarity about the exposed specialties at hospital facilities cause strained relations between the stakeholders, and therefore delays, cost overruns, in addition to gaps in conforming to expectations of investors, contractors and users. Finally, this study highlights the application of two procedures in an effort to minimize the outlined risks: the briefing for the conception of electrical installations designs in hospital projects, in addition to an electrical design sequence based on design management techniques.

KEYWORDS: Design management, Electrical facilities, Hospital projects.

¹Universidade Federal de Minas Gerais

How to cite this article:

OLIVEIRA B., STARLING C., ANDERY P. R. Gestão do processo de projeto de instalações elétricas em empreendimentos hospitalares: estudo de caso. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 47-59, jul./dez. 2015 <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102048>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 09 ago. 2015

Aceito em: 14 set. 2015



INTRODUÇÃO

Empreendimentos hospitalares demandam projetos que apresentam certo grau de complexidade, devido a suas características únicas dentro do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Esta complexidade tem origem em especificações mais restritivas – seja por força de legislação ou por limitações técnicas no que diz respeito à manutenção da vida, de um ou vários pacientes – quando comparadas às encontradas em empreendimentos residenciais, comerciais ou industriais.

No caso de hospitais, observa-se que os modelos arquitetônicos priorizam aspectos funcionais. Por exemplo, os estudos baseados em fluxos hospitalares: primordialmente, as rotas de circulação de pessoas, pacientes, profissionais ou serviços hospitalares. Observa-se certa negligência quanto às instalações em geral, em parte pela ausência de profissionais qualificados nos quadros funcionais das agências ou órgãos reguladores, especialmente no que diz respeito às instalações elétricas.

Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) são especialmente exigentes: demandam redundância em suas fontes de fornecimento de energia elétrica; qualidade de energia e requisitos especiais de isolamento e supervisão das redes. Equipamentos como Grupos Motores Geradores, UPS (*Uninterruptible Power Supply*), DSI (Dispositivos Supervisores de Isolamento), transformadores isoladores, luminárias protegidas; serviços como fornecimento de energia em tensões diferentes para finalidades específicas e preocupações com equipamentos de grande porte (tais como grandes centrais de climatização) constituem fatores que tornam o projeto das instalações elétricas um dos protagonistas dentre os diversos agentes envolvidos.

A falta de gestão adequada sobre o projeto das instalações elétricas pode acarretar atrasos em cascata, da fase de concepção até a execução dos empreendimentos hospitalares. Para contribuir com este tema, o presente trabalho apresenta um estudo de caso múltiplo com foco na gestão do processo de projeto de instalações elétricas hospitalares, discutindo algumas peculiaridades intrínsecas a este tipo de projeto.

O objetivo da pesquisa foi identificar, a partir dos estudos de caso, particularidades do processo de projeto de instalações elétricas em ambientes hospitalares complexos, analisando em que medida os problemas e desafios reportados na literatura recente sobre o processo de projeto de edificações são verificados nesses ambientes hospitalares complexos. Por outro lado, outro foco de análise diz respeito à interação entre os agentes envolvidos – empreendedor, contratante, gerenciador, projetistas – verificando em que medida os mecanismos contratuais impactam na maior ou menor dificuldade de serem criadas formas de trabalho colaborativo em um contexto de projeto simultâneo.

Com base nos estudos de caso e no referencial teórico abordado, são delineadas diretrizes para a melhoria do processo de projeto, em particular no que diz respeito à elaboração do briefing de projetos elétricos, particularmente críticos nesses empreendimentos.

BREVE REFERENCIAL TEÓRICO

A Gestão do Processo de Projeto (GPP) traz desafios a arquitetos, engenheiros e promotores dos empreendimentos; os principais, porém não únicos, atores presentes no processo. Melhores práticas de gestão são discutidas em todos os níveis da AEC, no entanto frequentemente, de forma isolada (por disciplina), assim como se discute a autoria de um projeto, responsabilidade exclusiva de seu autor (EMMITT, 2010).

É interessante observar a evolução – ou a falta de aplicação prática desta – que afeta a GPP. Em artigo publicado em 1993, intitulado “*The*

future for major project management”, Barnes e Wearne (1993) arriscaram, à época, oferecer pontos de vista “futuros” sobre como evoluiria a gestão de projetos, apontando que seus pilares ainda não eram devidamente reconhecidos. Ainda que reconheçam que a efetividade geral da gestão de projetos tenha evoluído, os autores apresentaram desafios que, mais de duas décadas após seu levantamento, ainda persistem, como por exemplo: incompletude de projetos, indefinição sobre os objetivos do empreendimento, ausência de identificação das incertezas do projeto (ou seus riscos), incapacidade de concentrar a tomada de decisões importantes na elaboração do projeto, falta de envolvimento de todos os agentes da cadeia, criação de vários clientes internos e externos em um único projeto, ausência de uma estratégia de contratação e inflexibilidade do responsável pela gestão do projeto em adaptar-se às mudanças ou fatores externos.

No sentido de minimizar estes riscos e suas consequências em projetos, a literatura destaca a importância a ser dada na elaboração do programa de necessidades (ou briefing). Moreira e Kowaltowski (2009) destacam, de forma inequívoca, as fases que compõem o processo de construção de um edifício: o programa, o projeto e sua execução.

A qualidade do produto final depende do rigor e da exigência observados em cada uma dessas fases, pois o subproduto de um processo está diretamente relacionado ao produto anterior, e afetará a qualidade do resultado da fase seguinte. Esta relação pode não ser concluída com a entrega do edifício ao cliente, uma vez que a vida útil de um edifício depende da satisfação do seu usuário em função da adequação da ocupação. Caso haja um desajuste nesta relação, retoma-se o processo de construção para satisfazer as novas condições exigidas ou corrigir os erros observados (MOREIRA; KOWALTOWSKI, 2009).

Além da segregação entre projeto e obra, observa-se também que não há uma unidade entre projetos de diferentes disciplinas. A fragmentação de processos é tema recorrente de críticas em projetos para construção. Nesse sentido, os conceitos de Engenharia Simultânea seguem na direção da necessidade da apresentação de produtos competitivos que não abram mão da personalização ou da exigência da qualidade (FABRICIO, 2002). Portanto, é natural que haja sob a luz da aplicação da Engenharia Simultânea, uma grande sinergia entre o conceito de projeto com seu prazo determinado, necessidade de personalização e expectativas de preenchimento dos mais variados requisitos.

Uma edificação hospitalar compartilha com uma edificação comercial de alto nível necessidades como sistemas elétricos, hidrossanitários, de aquecimento, ventilação, condicionamento de ar, comunicação de dados e proteção contra incêndio, porém, em maior nível de desafios. Além destes, fazem parte do rol de serviços especializados de um hospital: gases medicinais, sistemas de chamada de enfermagem, telemetria, relógios sincronizados, TV a cabo, circuito fechado de TV e, integrando toda esta lista de sistemas, as instalações elétricas. Adicionalmente, um empreendimento hospitalar conta ainda com múltiplas áreas específicas, como salas cirúrgicas, laboratórios, salas de tomografia e radiologia – cada qual com seus requisitos especiais quanto a serviços elétricos, de telecomunicações, iluminação, sistemas especiais e de climatização. Hospitais são exemplos dos mais desafiadores tipos de empreendimentos para os quais engenheiros eletricitistas podem projetar e instalar energia elétrica, sistemas de comunicações, segurança e sistemas especiais (JUAN, SCHAEFFER; VRENICK, 2010).

Hospitais destacam-se por sua complexidade, pois constituem edifícios que abrigam, além dos pacientes, atividades de ensino e pesquisa, tornando necessária uma estrutura física complexa em termos de exigências arquitetônicas e de projetos complementares (VENEZIA; ONO, 2013). Sendo assim, a configuração presente na qual os projetos das várias disciplinas

são tratados de maneira linear ou sequencial torna-se particularmente inadequada (CAIXETA, 2011). Considerando-se, portanto, um ambiente que conta com a aplicabilidade de conceitos de Engenharia Simultânea, torna-se essencial a determinação de um diagnóstico da situação atual, no caso de estabelecimentos assistenciais de saúde já existentes (CAIXETA; FABRICIO, 2012) e a formulação criteriosa do programa de necessidades (FONSECA; ABDALLA, 2005; CAIXETA; FABRICIO, 2012; VENEZIA; ONO, 2013); programa esse que seja capaz de traduzir em especificações técnicas exigências funcionais complexas, e que também seja capaz de prever a introdução de novas tecnologias médicas, reduzindo a necessidade de futuras intervenções importantes ao longo do ciclo de vida da edificação.

A publicação da Resolução RDC nº 50, de 2002 (ANVISA, 2002) apresentou avanços nessa direção. Embora as etapas do processo de projeto definidas na resolução sejam menos detalhadas que as utilizadas na prática por empresas voltadas às incorporações imobiliárias, suas diretrizes ressaltam a importância do estabelecimento do programa de necessidades para as instalações hospitalares (FONSECA; ABDALLA, 2005). Outros autores indicam a conveniência da participação de múltiplos agentes e disciplinas nos estágios iniciais de projeto (LAVY, KISS; FERNÁNDEZ-SOLIS, 2015).

Van Hoof et al. (2015) ressaltam a conveniência de elaborar o programa de necessidades das instalações hospitalares, incluindo nele os requisitos para os projetos elétricos, a partir de um modelo de referência previamente estabelecido. Em particular, os autores propõem o conceito de projeto baseado em evidências para determinar os requisitos de projeto para as instalações, caracterizadas por complexidades dimensionais, tecnológicas e funcionais derivadas – na expressão dos autores, a “filosofia tecnológica” adotada. A partir do conceito de projeto baseado em evidências, propõem um modelo para o processo de projeto.

Em linha similar de raciocínio, Caixeta e Fabrício (2012) apresentam um modelo conceitual para o processo de projeto de requalificação de ambientes hospitalares. O modelo é bastante completo, e seu detalhamento foge do escopo do presente trabalho. Cabe destacar que os autores ressaltam a necessidade de uma cuidadosa investigação inicial dos processos hospitalares, que norteiam as exigências funcionais das instalações. O modelo é composto por quatro grandes etapas, sendo que a etapa específica de desenvolvimento dos projetos é subdividida em três fases: simulação das exigências, avaliação e decisão. Especificamente quanto aos projetos elétricos (tratados no âmbito de projetos complementares), os autores ressaltam a importância de utilização de conceitos de Engenharia Simultânea, de forma que uma equipe multidisciplinar garanta que todas as exigências foram compatibilizadas.

Na área das instalações elétricas, observa-se que a falta de planejamento, ou até mesmo de uma sequência de trabalho, pode causar muitos problemas em sua execução, afetando de forma importante os prazos de conclusão de projetos. Um caso experimental apresentado por Horman, Orosz e Riley (2006) demonstra uma alta correlação entre o planejamento de uma sequência de trabalho e a produtividade da equipe. Em geral, o gerenciamento de qualquer produto de construção civil deve prestar especial atenção a questões como contratação, gerenciamento de projetos, métodos de construção, controle de projetos, prazos, supervisão da força de trabalho, equipamentos de construção, segurança, tecnologia e comissionamento. Instalações hospitalares constituem estruturas únicas e proprietárias de sistemas complexos, em que tais questões assumem altos níveis de importância e criticidade para o sucesso do empreendimento (LAVY; FERNÁNDEZ-SOLIS, 2010).

Uma gestão de projetos inadequada impacta negativamente tanto na fase de obras quanto na fase de operação de um empreendimento hospitalar.

Os serviços de manutenção do empreendimento devem ser capazes de garantir, por exemplo, a continuidade do fornecimento de energia elétrica, ou a qualidade da água necessária ao seu funcionamento, a partir de um cadastro do empreendimento que transmita confiança. Para tal, é essencial a existência de um projeto básico de arquitetura atualizado, em conformidade com as atividades desenvolvidas, e aprovado pela Vigilância Sanitária e demais órgãos competentes. Também é necessário garantir que suas instalações prediais de água, esgoto, energia elétrica, gás, climatização, proteção e combate ao incêndio, comunicação e outras existentes atendam às exigências dos códigos de obras e posturas locais, além das normas técnicas pertinentes (AMORIM et al., 2013). Um adequado processo de gestão de projetos potencializa a verificação e consequente validação dessas garantias.

MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho apresenta um estudo de caso múltiplo, seguindo o enfoque metodológico de estudos de caso indicado em Yin (2010). A escolha da metodologia de estudo de caso advém da questão suscitada por esta pesquisa e em consonância com seu objetivo. Em seu livro “Estudo de caso: planejamento e métodos”, Yin (2010) pergunta-se: “como saber se devo usar o método de estudo de caso?”, sugerindo adiante que “quanto mais suas questões procuram explicar alguma circunstância presente (por exemplo, ‘como’ ou ‘por que’ algum fenômeno social funciona), mais o método do estudo de caso será relevante”.

A pesquisa englobou, de maneira sintética: a) revisão bibliográfica, com foco na gestão do processo de projeto e projetos de instalações hospitalares; b) definição do foco da pesquisa: análise de particularidades e problemas presentes no processo de projeto de instalações elétricas hospitalares; c) seleção dos empreendimentos objetos do estudo de caso; d) criação de protocolo para os estudos de caso; e) realização de estudo de caso piloto, para validação do protocolo; f) desenvolvimento dos estudos de caso; e g) análise e triangulação dos dados.

Os critérios para seleção dos empreendimentos objeto de estudo foram: a) desenvolvimento de projetos de instalações elétricas; b) acesso às distintas fontes de evidências por parte dos empreendedores; e c) constituírem instalações representativas da realidade de instalações hospitalares.

Como fontes de evidência nos estudos de caso destacam-se: a) toda a documentação relativa aos projetos arquitetônicos e de instalações, em todas as suas fases; b) memoriais de cálculo e/ou descritivos; c) editais de licitações, documentos técnicos e normativos específicos dos empreendimentos estudados; e d) e-mails, correspondência convencional entre as partes e atas de reuniões. Foram também conduzidas entrevistas semiestruturadas com agentes envolvidos no processo de projeto e gestão dos empreendimentos. Maiores detalhes do procedimento metodológico são omitidos por brevidade, e descritos em Oliveira (2015). O Quadro 1 relaciona as principais fontes de evidência e os elementos de análise obtidos das mesmas.

Desta forma, o presente trabalho discute seus resultados baseado em dois estudos de caso, ou em registros momentâneos de um extrato qualificado, lançando mão, neste intuito, de uma análise dos processos de projeto e obras de reforma de dois grandes complexos hospitalares recentemente reformados, localizados em Belo Horizonte (MG).

Por necessidade de síntese, os estudos de caso são apresentados de maneira resumida, omitindo-se o histórico das ações e incidências no processo de projeto, amplamente documentadas em Oliveira (2015).

Quadro 1. Elementos de análise fornecidos a partir das fontes de evidência utilizadas.

Fonte de evidência	Elementos de análise fornecidos
Minutas contratuais fornecidas a partir dos editais de licitações, documentos técnicos (projetos arquitetônicos e de instalações, memoriais de cálculo e/ou descritivos em todas as fases do projeto) e normativos específicos dos empreendimentos estudados	Cruzamento entre as exigências dos contratos para projetos, seus cronogramas e fluxos, e a legislação pertinente a contratações públicas, levantando riscos inerentes à própria atividade de contratação de projetos em atendimento a empreendimentos hospitalares e suas consequências durante os processos de elaboração destes projetos.
Projetos arquitetônicos e de instalações, memoriais de cálculo e/ou descritivos em todas as fases do projeto	Levantamento das informações técnicas mínimas necessárias para a elaboração dos projetos pelas diferentes disciplinas envolvidas, observando o grau de maturidade dos processos em suas diferentes fases.
E-mails, correspondência convencional entre as partes e atas de reuniões	Descrição detalhada da interação entre os diversos agentes envolvidos; levantamento das interferências criadas pelas alterações de escopo ou projetos; exposição de lacunas decorrentes da ausência de elementos que compõem um programa de projetos; interferência de eventos administrativos e/ou políticos durante os processos de elaboração dos projetos.
Entrevistas com os agentes envolvidos	Delineamento das expectativas em relação ao processo de projeto; descrição das dificuldades de comunicação entre as partes; conhecimento da visão individual de cada um desses agentes quanto aos problemas encontrados nos processos e suas soluções, assim como a percepção dos riscos – previstos ou não – apresentados durante os processos dos projetos.

ESTUDOS DE CASO

Na sequência são apresentados, de maneira sintética, os resultados dos estudos de caso conduzidos em dois hospitais, denominados “Hospital A” e “Hospital B”.

Estudo de caso 1 – Hospital A

O Hospital A caracteriza-se por ser um hospital de grande porte, constituindo complexo de urgência e emergência implantado no município de Belo Horizonte. Possui área construída de pouco mais de 18.000 m², oferecendo um número aproximado de 315 leitos. O empreendimento oferece múltiplas especialidades médicas, incluindo terapia intensiva e cirurgias. Do ponto de vista das instalações elétricas, trata-se de um empreendimento completo, que demanda todas as especialidades previstas para as instalações elétricas presentes na normalização vigente.

Por se tratar de obra pública, o projeto de instalações elétricas foi contratado por meio de um processo licitatório elaborado pelo estado de Minas Gerais. O agente público identificou a necessidade de uma ampla reforma no Hospital A, visando sua modernização e ampliação de capacidade em todas as áreas (urgência, emergência, atendimento intensivo e atendimento ambulatorial). Havia ainda a necessidade de atendimento

à legislação em vigor, em especial aos requisitos presentes na RDC-50 editada pela Anvisa em 2002, pois notificações oriundas de fiscalização por parte da Vigilância Sanitária faziam parte da realidade diária do hospital, reforçando a necessidade de sua adequação. A partir da identificação das necessidades, a administradora do Hospital A desenvolveu, mediante sua equipe própria de arquitetura e engenharia, um projeto arquitetônico básico. Este, somado a uma especificação técnica e um manual de normas para projetos de edificações, compuseram toda a documentação de referência para a elaboração de propostas por parte das empresas de projetos complementares, ou projetos de engenharia de sistemas prediais.

Embora baseado em um planejamento mínimo, observou-se que o processo de projeto de instalações elétricas para o Hospital A não correspondeu a muitas de suas expectativas. Conforme prática recorrente de mercado, a contratação teve um padrão sequencial, com a emissão de um projeto arquitetônico desvinculado das necessidades demandadas pelas instalações elétricas – embora estas não tenham sido as únicas prejudicadas no processo. A ausência de um programa de necessidades que englobasse todo o empreendimento constituiu fator importante para a falta de integração das diversas disciplinas. A elaboração de um projeto arquitetônico de forma individualizada, que não contemplava as principais interferências com as demais disciplinas, atrelada a uma contratação com valores de remuneração fixa que não considerava os diversos pontos de controle necessários ao processo, provocou insegurança no início dos trabalhos de elaboração de projetos de instalações elétricas. Observa-se, pela comunicação entre as partes e atas de reuniões, grande dispêndio de horas para a elaboração de um programa mínimo a ser seguido; horas estas que já consumiam o prazo estabelecido em contrato para o término de todo o processo. Os aditivos de prazo para elaboração de projetos foram, portanto, inevitáveis e, assim, o planejamento sequencial determinado pela empresa pública gestora foi fatalmente atingido.

Apesar das dificuldades, observa-se que a atividade de coordenação e de compatibilização entre os projetos conseguiu, de forma integrada, contornar os problemas encontrados, sobretudo quanto a interferências, porém de forma reativa. É evidente que, caso o processo não tivesse nascido com as dificuldades expostas, um tempo maior poderia ter sido utilizado no estudo e na melhoria de soluções, e não em sua fundamentação.

Estudo de caso 2 – Hospital B

O Hospital B caracteriza-se por ser um hospital de grande porte, constituindo um complexo de urgência e emergência, também implantado no Município de Belo Horizonte. Possui área construída de aproximadamente 38.000 m², sendo que até a data de conclusão deste trabalho ainda passava por uma grande reforma, dividida em várias etapas, com o intuito de prover o complexo de um número aproximado de 500 leitos. Diversas especialidades são desenvolvidas no ambiente hospitalar, portanto, assim como o Hospital A, o Hospital B constitui empreendimento completo do ponto de vista das instalações elétricas.

Tratando-se também de empreendimento público e devido à disponibilidade insuficiente de recursos do estado de Minas Gerais, as obras englobaram inicialmente um dos três blocos físicos que compõem a torre principal do empreendimento. A intervenção sobre a qual este trabalho apresenta suas conclusões é produto da segunda e mais complexa obra, que inicialmente abrangeria os outros dois blocos da torre principal, algumas edificações anexas e até mesmo intervenções de ampliação em uma unidade externa, recém-inaugurada à época. As intervenções previstas na unidade externa, embora tenham apresentado certa influência no prazo de conclusão do empreendimento, não compõem esse estudo.

Diferentemente do Hospital A, o processo de projeto do Hospital B não fez parte de uma contratação única e anterior às obras. Os projetos executivos de engenharia de sistemas prediais compuseram um subitem do contrato de obras, ou seja, a construtora vencedora do certame licitatório era responsável pela elaboração dos projetos executivos de engenharia de sistemas prediais, que seriam embasados nos projetos arquitetônicos fornecidos pela equipe própria de arquitetura e engenharia da empresa cliente.

O processo de projeto do Hospital B transcorreu sob constante tensão entre as partes, pois apresentou em seu desenvolvimento:

- Planejamento equivocado: a iminência de uma data de término das obras pode ter provocado um planejamento cheio de atropelos, originando um empreendimento que contou com a contratação de uma obra permeada de complexidades, sem que esta contasse com projetos em versão executiva. Por se tratar de uma das facilidades previstas para atendimento ao planejamento da cidade de Belo Horizonte com vistas à Copa do Mundo de 2014, o processo sofreu pressões políticas variadas. A situação chegou ao ponto da empresa gestora solicitar a substituição do gerente de contrato designado pela construtora, em meio aos constantes atrasos observados na consecução das metas estabelecidas.
- Ausência de elementos fundamentais: o projeto arquitetônico mostrou-se insuficiente para atender as necessidades do empreendimento, haja vista o grande número e a amplitude das alterações que sofreu. Observou-se que não houve o atendimento a um programa amplamente discutido, baseado em informações adequadas coletadas tanto junto aos usuários do empreendimento (que estavam à disposição, uma vez que se tratava de reforma de empreendimento existente) quanto das demais (e diversas) disciplinas envolvidas. Constatou-se que a comunicação entre usuário e projetista e entre estes e a administração do empreendimento apresentava grandes e graves ruídos. Uma boa gestão da informação, com registros precisos, poderia ter minimizado estas questões.
- Falta de comprometimento de alguns dos projetistas: diversos fatores influenciaram nesta falta de comprometimento, entre elas as indefinições do projeto arquitetônico, causando retrabalho, ausência de elementos para a elaboração de projetos (indefinição de equipamentos, priorização de áreas em detrimento de outras, necessidades de obras provisórias que permitissem o funcionamento do Hospital B durante as obras, que também demandavam projetos técnicos) e desconhecimento de questões técnicas relativas aos empreendimentos hospitalares, esta última razão observada pela empresa contratada, em meio às obras, para realizar a coordenação dos projetos.

Observou-se que, em um momento de maior ansiedade do processo, toda a gestão e planejamento foram abandonados em detrimento de uma força tarefa concentrada na elaboração dos projetos. A falta da correta priorização de etapas no início dos trabalhos forçou uma interrupção das discussões para que os projetos de engenharia de sistemas prediais, a partir de uma arquitetura considerada definitiva, fossem levados a termo, permitindo que a construtora se mobilizasse em definitivo nas áreas que ainda permaneciam sem intervenções. O descumprimento do prazo determinado e do orçamento previsto, mesmo com o corte de importante parte do escopo das obras inicialmente contratadas, atesta o fracasso do planejamento proposto.

DISCUSSÃO

Songer e Molenaar (1997) apontam os critérios de sucesso para empreendimentos públicos: obediência ao orçamento previsto, atendimento

às expectativas dos usuários e conformidade com o prazo determinado. Observou-se em ambos os estudos de caso abordados no presente trabalho que os orçamentos foram ultrapassados, as expectativas dos usuários foram negligenciadas (haja vista o grande número de alterações nos projetos considerados finalizados e prontos para o desenvolvimento das etapas posteriores e, no caso do Hospital B, a redução do escopo inicialmente previsto) e os prazos foram descumpridos, com a incidência de diversos aditivos contratuais.

Os problemas descritos nos estudos de caso sugerem que os projetos apresentaram diversas falhas no que diz respeito ao atendimento das expectativas dos agentes envolvidos; expectativas estas que deveriam ser delineadas a partir de um programa de necessidades. Observa-se que este documento, em ambos os casos, foi confundido com especificações técnicas e não atendiam à completude dos projetos, pois eram direcionados somente para a elaboração dos projetos complementares. Mais do que fazer parte da contratação, o programa de necessidades deve ser elaborado na fase de concepção do empreendimento, permitindo inclusive direcionar adequadamente as contratações necessárias. A falta do programa ou, em última análise, a falta de expectativas claras, transformou o processo de projeto de ambos os empreendimentos em uma sequência de problemas a serem contornados, sucessivamente, até que seu término fosse decretado. Não foram estabelecidos previamente quais requisitos os empreendimentos deveriam cumprir, à exceção da técnica fundamental e prazos. Nesse sentido, as conclusões desse trabalho estão em sintonia com as observações da literatura referenciada.

Os estudos de caso permitiram a identificação de onze pontos fracos a serem combatidos na gestão do processo de projeto em empreendimentos hospitalares, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Identificação de pontos fracos em processos de projetos em empreendimentos hospitalares.

1. Ausência de um programa de necessidades.
2. Contratos a valores fixos e irrealizáveis.
3. Contratação pelo critério de “menor preço” e não “preço e técnica”.
4. Ausência de projetos executivos antes do início da execução das obras.
5. Ausência de exigências de qualificação ou especialização técnica dos projetistas.
6. Concepção arquitetônica desconectada das exigências das demais disciplinas envolvidas.
7. Ausência da prévia especificação dos equipamentos médicos hospitalares.
8. Ausência de pontos de controle multidisciplinares.
9. Ausência de projetos aprovados em órgãos reguladores.
10. Interferências extratécnicas.
11. Ausência de um marco de término do empreendimento, oferecendo a oportunidade de retroalimentação aos agentes envolvidos.

Embora se tratem de empreendimentos da iniciativa pública, não se observa na principal legislação do setor que dispõe sobre as licitações – a Lei 8.666/1993 (BRASIL, 1993) – limitações para que as contratações sigam critérios conhecidos, por exemplo, na Engenharia Simultânea, que poderiam minimizar consideravelmente os riscos inerentes à falta de integração entre as disciplinas. Na esfera política, fragmentada em ciclos de apenas quatro anos, a compactação e sequenciamento forçado das diversas atividades (como identificação das necessidades, planejamento, contratação e elaboração de projetos básicos e executivos, contratação e execução das obras, culminando no evento de inauguração) constitui grande entrave

para a melhoria do processo de contratação de empreendimentos de grande porte, especialmente hospitalares.

Esta realidade exige a presença do coordenador de projetos, o profissional multidisciplinar com visão holística do empreendimento, capaz de reunir e distribuir as informações certas para os devidos agentes, em tempo hábil, e com a capacidade de organizar o desenvolvimento do projeto, estabelecendo marcos alcançáveis e que obedecem às expectativas do empreendimento. A coordenação de projetos (e não somente a figura do coordenador) deve ser capaz de prover a visão do empreendimento como um todo, preenchendo as lacunas decorrentes da visão segmentada e estritamente contratual dos diversos agentes envolvidos.

No tocante às instalações elétricas, o responsável pela elaboração do projeto deve verter esforços para que o conceito do projeto elétrico (alimentadores principais, alimentação da concessionária, grupos geradores ou outros meios de geração de emergência, prumadas elétricas e salas técnicas) seja inicialmente discutido e aprovado em detrimento aos demais processos (distribuição de pontos de iluminação, tomadas, telecomunicações, telessinalização, supervisão e automação predial, entre outros) que, mesmo que consumam maior tempo e mão de obra, suas interferências com as demais disciplinas são geralmente de baixo impacto. Processos que envolvam a alteração ou novas redes alimentadoras por parte da concessionária são longos e sem previsão precisa para término, envolvendo instalações de valor significativo, além de diversas interferências arquitetônicas.

Não obstante todas as questões técnicas expostas anteriormente, observam-se em ambos os casos estudados o descompasso entre as importantes definições referentes às instalações elétricas e a concepção arquitetônica dos empreendimentos hospitalares. Observou-se que a contratação das obras públicas nas modalidades realizadas provocou, já na concepção, um sistema de elaboração de projetos de forma sequencial, pois, o projeto arquitetônico e as especificações técnicas já compunham o “programa” do empreendimento. Se devidamente aplicados, conceitos de integração e multidisciplinaridade propostos pela Engenharia Simultânea contribuiriam significativamente para processos com melhor interface entre os diversos agentes envolvidos, determinando requisitos e expectativas mais perenes em relação à utilização e ao ciclo de vida do empreendimento do que tão somente o menor valor de contratação e o prazo determinado para o término das obras.

A análise destes problemas e a identificação de seus pontos fracos permitiram, em conjunto com a literatura existente, a elaboração de diretrizes para melhorias da gestão do processo de projetos em empreendimentos hospitalares, descritas no Quadro 3.

Quadro 3. Diretrizes para melhorias da gestão do processo de projetos em empreendimentos hospitalares.

Formação de equipes técnicas compostas por consultores experientes e com desenvoltura que permita a tradução dos requisitos dos clientes em um adequado programa de necessidades. Por parte do cliente, a definição de interlocutores qualificados, que respondam de forma clara e inequívoca por suas áreas de influência direta.
Estabelecimento de formas de contratação que estimulem as partes a buscar resultados para o empreendimento que sejam revertidos em resultados para suas próprias organizações.
As contratações devem estipular o nível dos conhecimentos técnicos necessários, compatível com a boa técnica exigível pelo empreendimento proposto, e não somente serem baseadas em critérios financeiros.

Quadro 3. Continuação...

Concepção multidisciplinar, promovendo a integração entre projeto e produto e permitindo o planejamento prévio das ações. A efetividade deste planejamento depende da experiência dos agentes envolvidos e flexibilidade no trato multidisciplinar do empreendimento, minimizando riscos inerentes ao processo.
Envolvimento prévio de órgãos reguladores. Aprovações em órgãos reguladores são morosas, portanto não há como abrir mão de análises prévias junto a estes órgãos, com o intuito de obter uma pré-aprovação do conceito do projeto proposto.
Envolvimento e negociação prévia com fornecedores de equipamentos médico-hospitalares e/ou de grande porte, permitindo a elaboração de um programa mínimo de requisitos para a instalação destes.
Exigência contratual de obediência aos pontos ou marcos de controle multidisciplinar, ressaltando claramente a parcela de remuneração para a atividade. Tais marcos não devem se restringir à participação em reuniões e disponibilidade de horas técnicas, mas também devem englobar a elaboração de detalhamentos e projetos executivos.
Constituição de uma coordenação de projetos proativa, capaz de estabelecer metas que excedam o simples cumprimento de orçamentos e prazos, buscando resultados que vão além dos ganhos financeiros, com atendimento aos requisitos do cliente. O planejamento elaborado deve ser adequado, de forma que os marcos desejados sejam alcançados, não somente representando metas burocráticas.
Registro formal de todas as ocorrências e comunicações trocadas entre os agentes envolvidos no projeto de forma a permitir, ao final do processo, a realização de uma reunião como marco de término do projeto que gere como resultado uma “memória de projeto”, descrevendo os problemas encontrados e suas soluções.
Emissão do cadastro final do empreendimento (documentos <i>as-built</i>). Ressalta-se que desenhos (ou documentos) <i>as-built</i> não podem ser considerados projetos, mas sim cadastros da real execução das instalações.

Prazos não cumpridos e orçamentos extrapolados demonstram, em ambos os casos estudados, as principais consequências da falta de planejamento adequado dos empreendimentos.

CONCLUSÕES

O presente trabalho pretendeu analisar especificidades do processo de projeto de instalações elétricas em ambientes hospitalares complexos, à luz de dois estudos de caso. Particularidades do processo de projeto foram identificadas, ressaltando-se a necessidade de maior atenção às etapas iniciais do processo de projeto, envolvendo o briefing e o planejamento do projeto. Nesse sentido, os objetivos da pesquisa parecem ter sido alcançados.

A análise dos empreendimentos hospitalares selecionados demonstra que décadas de estudos da gestão do processo de projeto, realizados tanto no Brasil quanto no exterior, ainda não foram devidamente absorvidos pelo mercado em nosso país, particularmente no que diz respeito às obras empreendidas pelo setor público. Observa-se que os gestores insistem em processos sequenciais, mais onerosos e desgastantes quando comparados a processos que apliquem técnicas de eliminação de desperdícios (a exemplo da *Lean Construction*) ou com a integração entre projeto e produção observada na aplicação da Engenharia Simultânea.

Os contratos estabelecidos não são sensíveis às necessidades de empreendimentos complexos como os hospitalares, sendo a situação ainda mais grave quando se observam as instalações elétricas. Estas, repletas de especificidades, se mal planejadas podem afetar significativamente o prazo e o orçamento previstos para o projeto. Os atuais modelos de contrato, portanto, devem ser modificados, de forma a prever a atuação

do projetista em todas as etapas do processo, de sua concepção ao início da operação.

Os interessados em atuar no setor de empreendimentos hospitalares devem procurar se especializar e conhecer as demandas únicas destes empreendimentos que envolvem, na maioria dos casos, a manutenção da vida de indivíduos vulneráveis. Estes empreendimentos exigem grande interação entre as diversas disciplinas presentes, sendo a boa técnica apenas um requisito mínimo para o seu sucesso. A ausência de um programa de necessidades adequado às expectativas de um empreendimento hospitalar é crucial para o acirramento das relações entre as partes envolvidas, além de não propiciar os corretos requisitos aos quais o empreendimento deve atender. A indefinição dos requisitos a serem seguidos provoca a ocorrência de solicitações de aditivos de prazo ou remuneração por serviços inicialmente não previstos, fazendo que os gestores corram o risco de verem inacabados os empreendimentos propostos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 50**, de 21 de fevereiro de 2002.
- AMORIM, G. M.; QUINTÃO, E. C. V.; JÚNIOR, H. M.; BONAN, P. R. F. Prestação de Serviços de Manutenção Predial em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 1, p. 145-158, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232013000100016>.
- BARNES, M.; WEARNE, S. The Future for Major Projects Management. **International Journal of Project Management**, v. 11, n. 3, p. 135-142, 1993. DOI: 10.1016/0263-7863(93)90046-P.
- BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 8.666 de 21 de 1993**. Diário Oficial da União, 22 de junho de 1993.
- CAIXETA, M. C. B. F. **Processo de projeto: Intervenções em Edifícios de Saúde**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2011.
- CAIXETA, M. C. B. F.; FABRICIO, M. M. A Conceptual Model for the Design Process of Interventions in Healthcare Buildings: a Method to Improve Design. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 8, p. 1-15, 2012. DOI: 10.1080/17452007.2012.738040.
- EMMITT, S. Design Management in Architecture, Engineering and Construction: Origins and Trends. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 5, n. 3, p. 27-37, nov. 2010. DOI: 10.4237/gtp.v5i3.173.
- FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- FONSECA, A.; ABDALLA, G. A Resolução RDC Nº 50 e Suas Interferências no Processo de Projeto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO (SIBRAGEC), 4. **Anais...** Porto Alegre, 2005.
- HORMAN, M. J.; OROSZ, M. P.; RILEY, D. R. Sequence Planning for Electrical Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, p. 363-372, abr. 2006. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2006\)132:4\(363\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:4(363)).
- JUAN, S.; SCHAEFFER, G. J.; VRENICK, S. M. Lean Constructability in Hospital Electrical Projects. **Health Facilities Management**, p. 21-25, jun. 2010.
- LAVY, S.; FERNÁNDEZ-SOLIS, J. Complex Healthcare Facility Management and Lean Construction. **Health Environments Research & Design Journal**, v. 3, n. 2, p. 3-6, 2010. DOI: 10.1177/193758671000300201.
- LAVY, S.; KISS, C. W.; FERNÁNDES-SOLIS, J. Linking Design and Energy Performance in US Military Hospitals. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 11, n. 1, p. 41-64, 2015. DOI: 10.1080/17452007.2013.775104.
- MOREIRA, D. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Discussão Sobre a importância do Programa de Necessidades no Processo de Projeto em Arquitetura. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 2, p. 31-45, abr./jun. 2009.
- OLIVEIRA, B. A. **Gestão do Processo de Projeto de Instalações Elétricas em Empreendimentos Hospitalares**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, abr. 2015.
- SONGER, A. D.; MOLENAAR, K. R. Project Characteristics for Successful Public-Sector Design Build. **Journal of Construction Engineering and Management**, n. 123, p. 34-

40, mar. 1997. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1997\)123:1\(34\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1997)123:1(34)).

VAN HOOF, J.; RUTTEN, P. G. S.; STRUCK, C.; HUISMAN, E. R. C. M.; KORT, H. S. M. The Integrated and Evidence-based Design of Healthcare Environments. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 11, n. 4, p. 243-263, 2015. DOI: 10.1080/17452007.2014.892471.

VENEZIA A. G.; ONO, R. Aplicação de Método de Análise de Risco Visando o

Aprimoramento da Segurança Contra Incêndio no Decorrer do Processo de Projeto de Hospitais de Grande Porte. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 89-103, jul./dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v8i2.68274>.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Tradução Ana Thorell. Revisão técnica Cláudio Damacena. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248p.

Breno Oliveira
brenosnato@gmail.com

Cícero Starling
cicerostarling@ufmg.br

Paulo Roberto Andery
pandery@ufmg.br

DEFINIÇÃO DE PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DE COMPONENTES BIM COMUNS A PARTIR DO ENERGYPLUS

Definition of properties and characteristics of common BIM Components from EnergyPlus

Sérgio Leal Ferreira¹

RESUMO A Associação Brasileira de Normas Técnicas tem empreendido um esforço desde 2009 para normalizar elementos necessários para um bom desenvolvimento do Building Information Modeling (BIM) no Brasil. Dentre esses esforços, um grupo de trabalho foi criado mais recentemente com a finalidade de orientar a indústria para criar componentes BIM que contenham propriedades e dados necessários a uma modelagem eficiente. Dessa forma, esses componentes estarão preparados para o uso em análises específicas. Uma das análises previstas é a de Eficiência Energética das Edificações. O Diretório de Ferramentas de Simulações Computacionais do Departamento de Energia dos Estados Unidos fornece atualmente informações sobre 417 programas para a avaliação energética computacional de edificações e o EnergyPlus se apresenta como a melhor alternativa. Este trabalho apresenta o resultado do estudo dos dados do EnergyPlus no que se refere aos componentes mais comuns na arquitetura, como portas e janelas, e demonstra o caminho que é necessário percorrer dentro do Dicionário de Dados de Entrada para encontrar todos os dados vinculados aos objetos utilizados no arquivo de entrada de dados. Como resultado, se apresenta o método de extração das informações e se discute a ampliação da sua aplicação para os diversos tipos de componentes presentes em um modelo BIM.

PALAVRAS-CHAVE: Componentes BIM, Eficiência energética, EnergyPlus, Modelagem da Informação da Construção.

ABSTRACT The Brazilian Association of Technical Standards is making an effort since 2009 to standardize necessary elements to a well-done development of the Building Information Modeling (BIM) in Brazil. Among these efforts, it was recently created a workgroup with the purpose of give support to the industry in the creation of BIM components that contain properties and data necessary to an efficient modeling. Consequently, these components will be ready to be used in specific analyses. One of the predicted analyses is Building Energy Efficiency. Building Energy Software Tools Directory provides information about 417 building software tools for evaluating energy efficiency, and EnergyPlus is the best alternative presented. This work shows the results of the EnergyPlus data analysis in the field of the most common components in architecture, like doors and windows, and demonstrates the pathway inside the Input Data Dictionary to find all linked data to the objects used in the input data file. As a result, it will be presented the information extracting method and the discussions about the application of the method to extract information about all other components included in the BIM model.

KEYWORDS: BIM components, Building energy efficiency, EnergyPlus, Building Information Modeling.

¹ Universidade de São Paulo

How to cite this article:

FERREIRA, S. L. Definição de propriedades e características de componentes BIM comuns a partir do energyplus. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 61-70, jul./dez. 2015. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.102600>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 20 ago. 2015

Aceito em: 31 ago. 2015



INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção ABNT/CEE-134 (ABNT, 2015), tem empreendido um esforço desde 2009 para normalizar elementos necessários ao bom desenvolvimento do Building Information Modeling (BIM) (EASTMAN et al., 2011), ou Modelagem da Informação da Construção, no Brasil.

Dentre esses esforços, um grupo de trabalho dentro da comissão foi criado mais recentemente com a finalidade de orientar a indústria para criar componentes BIM que contenham propriedades e dados necessários a uma modelagem eficiente, e o autor deste artigo participa deste grupo de trabalho.

Para considerar a modelagem eficiente, identificou-se que é necessário que as propriedades e dados estejam disponíveis visando determinada tarefa ou função do modelo. Isso significa que os modelos que utilizam esses componentes poderão ser utilizados na modelagem de projetos, e esses projetos, por sua vez, estarão preparados ou bem adiantados para serem utilizados com a maior facilidade e precisão possíveis na entrada de dados para análises específicas.

Uma destas análises previstas é a de Eficiência Energética das Edificações através de simulações (HENSEN; LAMBERTS, 2011). Uma abordagem para que esta análise ocorra é a preparação dos dados para serem absorvidos por programas mais populares e confiáveis. O Diretório de Ferramentas de Simulações Computacionais do Departamento de Energia dos EUA (U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2015a) fornece atualmente informações sobre 417 programas para a avaliação energética computacional de edificações, e o EnergyPlus (U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2015b) se apresenta como a alternativa mais completa, confiável e que beneficia mais projetistas pela sua disponibilidade e popularidade. A documentação do EnergyPlus é ampla e há um claro estímulo de participação no seu desenvolvimento.

Este trabalho apresenta o resultado do estudo dos dados do EnergyPlus no que se refere aos componentes mais comuns na arquitetura, como portas e janelas, e demonstra o caminho que é necessário percorrer dentro do Dicionário de Dados de Entrada (Input Data Dictionary – IDD) para encontrar todos os dados vinculados aos objetos utilizados no arquivo de entrada de dados (Input Data File – IDF).

Após identificar os dados no EnergyPlus, estes foram preparados para serem adaptados a um formato compatível com as diversas ferramentas de autoria BIM. Sendo assim, se prevê a exportação para um formato neutro como o Industry Foundation Classes – IFC (buildingSMART, 2015). Esse tipo de integração é uma meta clara dos diversos Programas de Eficiência Energética (LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY, 2012; SEE et al., 2011; NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, 2015a; NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, 2015b).

Como resultado, se apresenta o processo de extração das informações e se discute a ampliação da sua aplicação para os diversos tipos de componentes presentes em um modelo BIM.

MANIPULAÇÃO DA ESTRUTURA DE DADOS DO ENERGYPLUS

O dicionário de dados do EnergyPlus (Energy+.idd) está organizado de uma forma muito particular, cujas regras estão descritas na sua documentação (LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY, 2013). Um exemplo de como o dicionário de dados está organizado é ilustrado na Figura 1. Para conseguir manipular esse dicionário de dados em um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) é preciso organizar essas definições em tabelas. Um programa em Java foi criado para transformar cada uma das definições em tabelas: *group*, *object*, *parameter*, *object_list*, *reference*, *memo*, *note*, *external_list* e *key*. As tabelas criadas (exemplos no Quadro 1 e no Quadro 2)

foram trabalhadas no SGBD de forma a relacioná-las (a Figura 2 ilustra os relacionamentos) e conseguir reproduzir a estrutura de dados apresentada no arquivo *Energy+.idd* em um formato passível de ser manipulado através de uma linguagem padronizada (Structured Query Language – SQL).

```

Building,
\memo Describes parameters that are used during the simulation
\memo of the building. There are necessary correlations between the entries for
\memo this object and some entries in the Site:WeatherStation and
\memo Site:HeightVariation objects, specifically the Terrain field.
\unique-object
\required-object
\min-fields 8
A1, \field Name
\required-field
\retaincase
\default NONE
N1, \field North Axis
\note degrees from true North
\units deg
\type real
\default 0.0

```

Para garantir o relacionamento correto entre objetos e parâmetros, um novo campo de código de parâmetro foi criado, uma vez que o código previsto pelo *Energy+.idd* não contemplava a ordem em que os parâmetros apareciam no objeto e isso poderia ser relevante posteriormente. Outros campos também relacionados à ordem em que determinados elementos foram criados, como as linhas de *memo* e *note*, que precisam ser exatamente concatenadas, ou as alternativas apresentadas pelos *key*, cuja ordem de aparição em uma interface pode ser importante. Além disso, ao longo do trabalho alguns campos novos foram criados na medida em que pareceram úteis. No entanto, somente alguns desses campos puderam ser plenamente testados até o momento, uma vez que foram previstos em previsão de outras funcionalidades do sistema que não estão contempladas neste artigo. Um dos campos testados foi o campo “parâmetro de componente” (*parametro_componente*).

Figura 1. Trecho do Dicionário de Dados do EnergyPlus que descreve o objeto *Building*. Fonte: Extraído da documentação do EnergyPlus.

Quadro 1. Trecho de tabela gerada a partir da análise do Dicionário de Dados do EnergyPlus – destaque para o objeto *Building*.

N_O	OBJECT_NAME	required_object	format	min_fields	extensible	extensible_comment	unique_object	obsolete
429	Branch	FALSE			5	Just duplicate last 5 fields and comments (changing numbering, please)	FALSE	FALSE
430	BranchList	FALSE			1	Just duplicate last field and comments (changing numbering, please)	FALSE	FALSE
3	Building	TRUE		8			TRUE	FALSE
95	BuildingSurface:Detailed	FALSE	vertices	19	3	-- duplicate last set of x,y,z coordinates (last 3 fields), remembering to remove; from “inner” fields.	FALSE	FALSE
104	Ceiling:Adiabatic	FALSE					FALSE	FALSE
105	Ceiling:Interzone	FALSE					FALSE	FALSE

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 2. Exemplo de tabela gerada a partir da análise do Dicionário de Dados do EnergyPlus – Comentários ligados ao objeto *Building* através da chave código de objeto (*N_O*) em destaque.

N_O	NK	NV	Memo
3	1	1	Describes parameters that are used during the simulation
3	2	2	of the building. There are necessary correlations between the entries for
3	3	3	this object and some entries in the Site:WeatherStation and
3	4	4	Site:HeightVariation objects, specifically the Terrain field.

Fonte: Elaborado pelo autor.

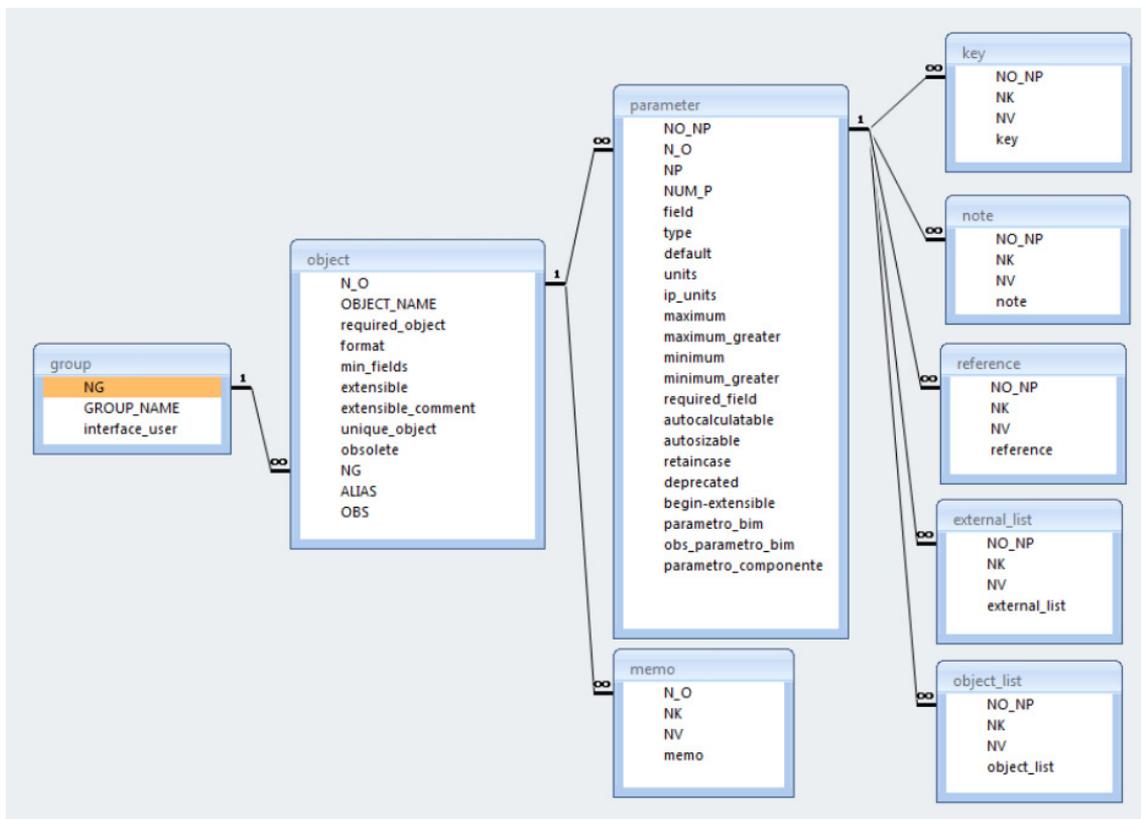


Figura 2. Campos das tabelas geradas pelo programa de leitura do Dicionário de Dados do EnergyPlus e as relações entre elas através das chaves de *código de objeto* (*N_O*) e *código de parâmetro* (*NO_NP*).
Fonte: Elaborado pelo autor.

PARÂMETROS QUE SE REFEREM A OUTROS OBJETOS

Uma vez feita a transposição da estrutura do dicionário de dados do EnergyPlus para a estrutura Entidade-Relacionamento do SGBD foi possível constatar que muitos parâmetros se referem a outros objetos, ou seja, muitos parâmetros são do tipo “lista de objetos” (*object-list*).

Isso faz com que a busca pela totalidade dos parâmetros necessários para a completa definição de um determinado objeto passe pela busca de todos os objetos vinculados a ele através de parâmetros desse tipo.

Como se disse, a vinculação se faz pelo parâmetro do tipo *object-list*, e a chave é o nome do objeto. Como exemplo, na Figura 3, o objeto *Window* tem um dos parâmetros denominado *ConstructionName* do tipo *object-list*, o que significa que o valor desse parâmetro é o nome de um objeto (instanciado) dentre os que fazem parte da lista de objetos que, no caso, é um daqueles que estão na lista chamada *ConstructionNames*. Das várias possibilidades de objetos desta lista, um deles é o *Construction*.

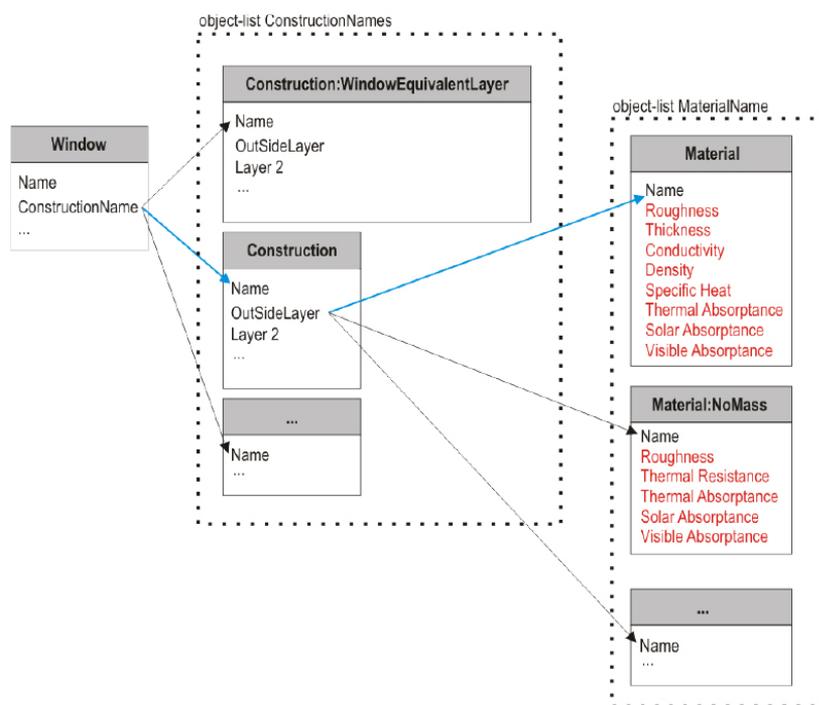


Figura 3. Esquema de relacionamento entre objetos do EnergyPlus em que parâmetros de um objeto se referem a outro objeto. Fonte: Elaborado pelo autor.

O *Construction* por sua vez, é um objeto que tem um parâmetro *OutSideLayer* que é do tipo *object-list*, o que significa que o valor desse parâmetro é o nome de um objeto (instanciado) que, no caso, é um daqueles estão na lista chamada *MaterialName*. Dentre as possibilidades de objetos desta lista está o objeto *Material*, que tem como parâmetros diversas propriedades que influem diretamente na eficiência energética. Especificamente: *Roughness*, *Conductivity*, *Density*, *Specific Heat*, *Thermal Absorptance*, *Solar Absorptance*, *Visible Absorptance*. Se um desses parâmetros for do tipo *object-list*, a busca começa novamente e só vai parar quando não houver mais nenhuma referência a parâmetros deste tipo, ou a busca entrar em um percurso cíclico (*loop*).

Sendo assim, para determinar todos os parâmetros possivelmente envolvidos é preciso realizar um trabalho intenso de busca sistemática no dicionário de dados do EnergyPlus. Isso só é viável se um programa computacional fizer essa busca, já que além do processo iterativo ser intenso, o número de possibilidades cresce a cada iteração.

Para reduzir as alternativas no dicionário de dados, melhorando esta busca, é importante descartar os parâmetros que são repetidos (por exemplo, Layer 1, Layer 2 etc. dentro do objeto *Construction*) e aqueles parâmetros que representam propriedades ou dados que não são ou não podem ser normalmente informados pelo fabricante do componente. As tabelas mostram trechos que indicam se o parâmetro de componente é normalmente, ou pode vir a ser, informado pelo fabricante (indicado pela letra “s”), é repetido (indicado pela palavra “repete”), não é normal ou não é possível informá-lo (indicado pela letra “n”) ou está indefinido (o campo está vazio). Exemplos são mostrados no Quadro 3 e no Quadro 4.

Estabelecer se um parâmetro pode ou é normalmente informado pelo fabricante depende do conhecimento de especialistas e dos próprios fabricantes, mas uma diretriz para isso é determinar se a característica ou o dado apresentado no parâmetro pode ou costuma vir nos manuais técnicos dos componentes, é uma informação utilizada na correta especificação do componente ou resulta de ensaios técnicos previstos para o estabelecimento correto do seu desempenho.

Muitos parâmetros do EnergyPlus são definidos somente durante o projeto ou durante a simulação e só fazem sentido nesse contexto. Nesse caso, quem define os valores desses parâmetros são os projetistas ou os profissionais que elaboram a simulação, e não os fabricantes. Esses parâmetros não fazem parte do componente e também são descartados neste trabalho.

Este trabalho tem como objetivo prover um meio eficaz de coletar, da forma mais automatizada possível, todas as propriedades e dados relevantes para a simulação energética de edificações que devam ser apresentados em componentes de AEC fornecidos por fabricantes. Dessa forma, os componentes disponibilizados podem ser integralmente aproveitados para a simulação energética em um ambiente BIM garantindo a correta especificação e incrementando muito a velocidade e precisão da simulação.

Quadro 3. Parâmetros do objeto *Lights* em formato de tabela do banco de dados.

field	parametro_componente	type	default	units	ip_units
Name	n	alpha			
Zone or ZoneList Name		object-list			
Schedule Name		object-list			
Design Level Calculation Method	n	choice	LightingLevel		
Lighting Level	s	real		W	W
Watts per Zone Floor Area	n	real		W/m2	W/ft2
Watts per Person	n	real		W/person	W/person
Return Air Fraction	s	real	0		
Fraction Radiant	s	real	0		
Fraction Visible	s	real	0		
Fraction Replaceable	s	real	1.0		
End-Use Subcategory	n	alpha	General		
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature	n	choice	No		
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 1	s	real	0.0		
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 2	s	real	0.0	1/K	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 4. Parâmetros do objeto *Construction* em formato de tabela do banco de dados salientando o campo *parametro_componente* no qual se identifica a repetição. Esses parâmetros repetidos são descartados para tornar a busca mais rápida.

field	parametro_componente	type	default	Units	ip_units
Name	n	alpha			
Outside Layer		object-list			
Layer 2	repete	object-list			
Layer 3	repete	object-list			
Layer 4	repete	object-list			
Layer 5	repete	object-list			
Layer 6	repete	object-list			
Layer 7	repete	object-list			
Layer 8	repete	object-list			
Layer 9	repete	object-list			
Layer 10	repete	object-list			

Fonte: Elaborado pelo autor.

IMPLEMENTAÇÃO DA BUSCA DOS PARÂMETROS

Uma vez que a estrutura de tabelas relacionadas possui os dados imprescindíveis, passou-se à definição das consultas necessárias para determinar o conjunto de parâmetros que compõem a descrição do objeto.

Os testes foram feitos com elementos mais conhecidos como portas (*Door*) e janelas (*Window*).

Consultas feitas às tabelas relacionadas no sistema de gerenciamento de banco de dados seguem o padrão SQL, conforme exemplificado na Figura 5.

Primeiro foi estabelecida uma consulta que vincula objeto, parâmetro e lista de objetos passíveis de serem parâmetros. O resultado é uma nova tabela que mostra o nome da lista de objetos que corresponde ao parâmetro do objeto quando aplicável. No caso do exemplo, o objeto *Window*, tem um parâmetro *Construction Name*, que por sua vez pode assumir um dos valores apresentados na lista de objetos *ConstructionNames*.

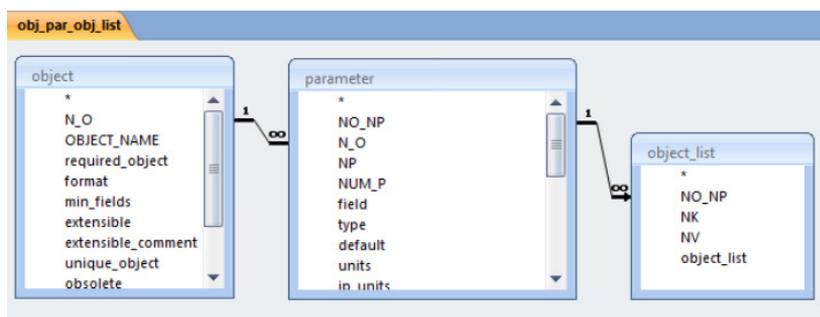


Figura 4. Definições das tabelas do banco de dados geradas pelo programa de leitura do dicionário de dados do EnergyPlus (Energy+.idd) e suas relações. Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida se aplica um filtro, de modo que somente os valores de determinado objeto e somente os parâmetros que são certamente de componentes ou não estejam ainda definidos apareçam na tabela, por serem do tipo *object-list* ou ainda pairar uma dúvida sobre o que representa esse parâmetro.

Quadro 5. Trecho da tabela gerada a partir da consulta das tabelas de objetos, parâmetros e listas de objetos. Destaque para o parâmetro *Construction Name* do objeto *Window*.

N_O	NP	NO_NP	OBJECT_NAME	NUM_P	field	object_list	parametro_bim	parametro_componente
83	A1	83#A1	Construction	1	Name		s	n
83	A2	83#A2	Construction	2	Outside Layer	MaterialName	n	
110	A1	110#A1	Window	1	Name		s	n
110	A2	110#A2	Window	2	Construction Name	ConstructionNames	n	
110	A3	110#A3	Window	3	Building Surface Name	SurfaceNames	n	
110	A4	110#A4	Window	4	Shading Control Name	WindowShadeControlNames	n	
110	A5	110#A5	Window	5	Frame and Divider Name	WindowFrameAndDividerNames	n	
110	N1	110#N1	Window	6	Multiplier		s	n
110	N2	110#N2	Window	7	Starting X Coordinate		s	n
110	N3	110#N3	Window	8	Starting Z Coordinate		s	n
110	N4	110#N4	Window	9	Length		s	n
110	N5	110#N5	Window	10	Height		s	n

Fonte: Elaborado pelo autor.

```

SELECT DISTINCT obj_par_obj_list.N_O AS NO_00, obj_par_obj_list.NUM_P AS NP_00, obj_par_obj_list.OBJECT_NAME AS ON_00, obj_par_obj_list.field AS field_00, obj_par_obj_list.object_list AS object_list_00

INTO tabela_00

FROM obj_par_obj_list

WHERE (((obj_par_obj_list.OBJECT_NAME)="window") AND ((obj_par_obj_list.parametro_componente)="s" Or (obj_par_obj_list.parametro_componente) Is Null))

ORDER BY obj_par_obj_list.NUM_P;
    
```

Figura 5. SQL correspondente ao filtro aplicado na consulta das tabelas de objetos, parâmetros e listas de objetos. Fonte: Elaborado pelo autor.

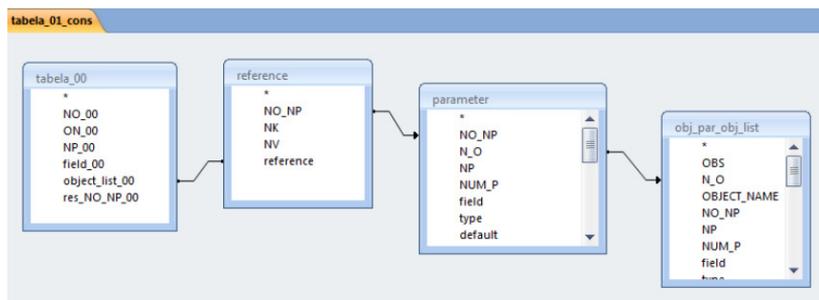
Uma vez feito isso, inicia-se o processo recursivo de busca pelos relacionamentos entre *object-lists*. O resultado de uma busca entra no lugar da tabela fonte da outra. Assim, a primeira consulta gera a tabela_01 e para a próxima consulta se usa a mesma estrutura (mesmo SQL), e no lugar da tabela_00 entra a tabela_01, que gera a tabela_02. Na próxima iteração, no lugar da tabela_01 entra a tabela_02, gerando a tabela_03 e assim por diante.

Quadro 6. Parte da tabela gerada a partir da filtragem apresentada na Figura 5. Destaque para o parâmetro *Construction Name* do objeto *Window*.

NO_00	NP_00	ON_00	field_00	object_list_00
110	2	Window	Construction Name	ConstructionNames
110	3	Window	Building Surface Name	SurfaceNames
110	4	Window	Shading Control Name	WindowShadeControlNames
110	5	Window	Frame and Divider Name	WindowFrameAndDividerNames

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6. Ilustração dos relacionamentos entre a tabela gerada pela filtragem dos objetos (Quadro 6 - tabela_00) e a tabela gerada pela relação entre objetos, parâmetros e listas de objetos (Quadro 5 - obj_par_obj_list). Fonte: Elaborado pelo autor.



Quadro 7. Trecho da tabela gerada a partir da consulta ilustrada na Figura 6.

NO_00	NP_00	ON_00	NO_01	NP_01	ON_01	field_01	object_list_01
110	2	Window	71	2	Construction:WindowEquivalentLayer	Outside Layer	MaterialName
110	2	Window	83	2	Construction	Outside Layer	MaterialName
110	2	Window	84	2	Construction:CfactorUndergroundWall	C-Factor	
110	2	Window	85	2	Construction:FfactorGroundFloor	F-Factor	
110	2	Window	86	6	Construction:InternalSource	Outside Layer	MaterialName
110	3	Window	95	3	BuildingSurface:Detailed	Construction Name	ConstructionNames
110	3	Window	95	4	BuildingSurface:Detailed	Zone Name	ZoneNames

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse processo só acaba quando não houver mais nenhum parâmetro que possa assumir o valor do nome de um objeto de uma lista (parâmetro do tipo *object-list*) ou quando os *object-lists* passarem a se repetir. No exemplo do Quadro 7, os parâmetros *C-Factor* e *F-Factor* já não vão ser buscados na próxima iteração, uma vez que eles não são do tipo *object-list*, ou seja, eles já são as “folhas” da “árvore” do objeto *Window* no que se refere aos parâmetros necessários à sua completa definição.

CONCLUSÃO

Esse artigo apresenta uma metodologia de extração de parâmetros para a definição de componentes BIM a partir da análise do dicionário de dados do EnergyPlus. Essa metodologia foi testada no caso de componentes simples e resultou no reconhecimento dos parâmetros desses objetos. O próximo passo é testar esses parâmetros diante de um programa de modelagem BIM e fazer o paralelo das definições do EnergyPlus e das definições desse programa. Em seguida, dando um passo em direção à interoperabilidade, fazer um novo paralelo com as definições atualmente presentes no Modelo IFC.

A metodologia prevê as atualizações periódicas do dicionário de dados do EnergyPlus, o que garante a compatibilidade e a constante renovação e incremento das definições dos parâmetros dos componentes a cada nova versão desse programa.

Os resultados desse esforço serão apresentados ao grupo de trabalho de componentes BIM da Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção ABNT/CEE-134. Pretende-se também aproveitar seus resultados nos desenvolvimentos relacionados a integração dos modelos BIM com os programas de simulação que ajudam a prever a eficiência energética das edificações.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/CEE-134 - Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção**. 2015. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb-134>>. Acesso em: 1 jun. 2015.
- BUILDINGSMART. **IFC Overview summary**. 2015. Disponível em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>>. Acesso em: jun. 2015.
- EASTMAN, C.; SACKS, R.; TEICHOLZ, P.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.
- HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS R. **Building performance simulation for design and operation**. Nova York: Routledge, 2011.
- LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **Development of a design graphical user interface for EnergyPlus**. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2012.
- LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **EnergyPlus Documentation: Input-Output Reference Version 8.1**. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013.
- NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **OpenStudio**. U. S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Disponível em: <<https://www.openstudio.net/>>. Acesso em: 1 jun. 2015.
- NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **OpenStudio User Docs: Import IFC**. 2015. Disponível em: <http://nrel.github.io/OpenStudio-user-documentation/tutorials/tutorial_ifcimport/>. Acesso em: 1 jun. 2015.
- SEE, R.; HAVES, P.; SREEKANTHAN, P.; O'DONNELL, J.; BASARKAR, M.; SETTLEMYRE, K. Development of a user interface for the EnergyPlus whole building energy simulation program. In: 12th CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION, 2011, Sydney. **Anais...** Sydney: 2011. p. 2919-2926.
- U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Building Energy Software Tools Directory**. 2015. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov>>.

gov/buildings/tools_directory/>. Acesso em: 1 jun. 2015.

U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Energy Simulation Software**. U. S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. 2015. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>>. Acesso em: jun. 2015.

O USO DO VDC SCORECARD NA VALIDAÇÃO DE MÉTODOS PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO DA GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NO CENÁRIO BRASILEIRO

Use of VDC scorecard in the validation of methods for analysis of performance in the design process management in the brazilian scene

Saulo Britto¹, Sérgio Scheer¹, Calvin Kam², Martin Fischer²

RESUMO A implementação de tecnologias da informação na construção civil, como Virtual Design and Construction/Building Information Modeling (VDC/BIM), representam uma nova perspectiva para melhores práticas na Arquitetura, Engenharia, Construção, Operação (AECO). Contudo, no cenário brasileiro, essas práticas carecem de métodos para medição e análise de desempenho processual da informação na gestão do processo de projeto, demonstrando a deficiência da documentação de critérios e seleção de indicadores que contribuam para melhoria do setor da construção civil. Trata-se de uma pesquisa descritiva sobre a exploração do método VDC Scorecard e a adaptação à realidade brasileira, tendo por base pesquisa bibliográfica e documental existentes em bases de dados internacionais e nacionais, explorando os seguintes aspectos: benefícios registrados; dificuldades na implementação; boas práticas na gestão do projeto. A pesquisa valida a importância dos métodos de desempenho que se adequem ao contexto nacional, viabilizando a integração e controle da informação entre agentes envolvidos num modelo colaborativo de edificação virtual e apropriação de dados por meio dos modelos de desempenho configurados pela análise contínua dos processos, da organização e do produto. Essa compreensão possibilita a documentação de um banco de dados de práticas eficientes para gestão de processos de projeto configurando o desempenho do modelo.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de desempenho VDC/BIM, VDC Scorecard, Gestão do processo de projetos.

ABSTRACT The implementation of information technologies for civil construction such as Virtual Design and Construction/Building Information Modeling (VDC/BIM) represents a new perspective on better practices in the Architecture, Engineering, Construction, and, Operation (AECO). However, in the Brazilian scene, these practices are need methods for measuring and process performance analysis of the information in the design process management, demonstrating the lack of criteria documentation and indicators selection that contribute to the improvement in the civil construction sector. It is a descriptive research exploring the VDC Scorecard method and its application to Brazilian reality, based on existing literature and documentary research in international and national databases, exploring the following aspects: registered benefits; difficulties for implementation; and good practices in project management. The research validates the importance of performance methods that are appropriate to a national context, enabling the integration and control of information among stakeholders in a collaborative virtual building model and the data ownership through performance models configured by continuous analysis of the processes, organization and product. This comprehension enables the documentation of effective practices in a database for the design process management setting the model's performance.

KEYWORDS: VDC/BIM Performance analysis, VDC Scorecard, Design process management.

¹Universidade Federal do Paraná – UFPR

²Stanford University

How to cite this article:

BRITTO S.; SCHEER S.; KAM C.; FISCHER M. O uso do VDC scorecard na validação de métodos para análise de desempenho da gestão do processo de projeto no cenário brasileiro. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 71-86, jul./dez. 2015
http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102844

Fonte de financiamento:

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 26 ago. 2015

Aceito em: 1 set. 2015



INTRODUÇÃO

Na construção civil, a análise da disseminação da informação entre colaboradores de disciplinas diversas inseridos no processo geral é um coeficiente essencial na configuração da qualidade cíclica do produto, uma vez que a ausência da gestão do desempenho destas influencia na recorrência de problemáticas no planejamento, desenvolvimento, documentação, execução e determinações operacionais da indústria da arquitetura, engenharia, construção e operação (AECO).

A utilização de tecnologias da informação na construção civil, como Virtual Design and Construction (VDC)/Building Information Modeling (BIM), vem se tornando uma importante temática nas pesquisas de boas práticas no setor da arquitetura, engenharia e construção AEC (KUNZ; FISCHER, 2012). Ao sugerir soluções alternativas para melhoria na gestão de processo de projeto, não se deve basear exclusivamente na implementação de novas tecnologias, mas também no direcionamento de esforços para revisão dos processos que contribuirão para o planejamento de melhores práticas, medição e análise de desempenho das mesmas.

A atualização de critérios e métricas para análise de desempenho VDC/BIM existentes no VDC Scorecard tem demonstrado, segundo Kam et al. (2013) e Kam et al. (2014), os benefícios da visualização, integração e automação de tarefas na AECO, em particular, para prever os resultados do projeto e gerenciamento para alcançar o desempenho desejado. À medida que novos conceitos e métodos para melhores práticas na gestão de processo de projeto são desenvolvidos, ainda que para integrar e automatizar estas tarefas, pesquisadores e profissionais devem determinar o valor (ou seja, se o novo método é melhor do que os métodos existentes) desses avanços em projetos reais.

O artigo aborda a contextualização do VDC/BIM no cenário internacional, com enfoque não apenas nos benefícios registrados, mas também na validação de métodos que evidenciem o desempenho da gestão do processo de projeto, como o VDC Scorecard, que possam ser adaptados à realidade do cenário nacional viabilizando estimular a necessidade da documentação da informação para AECO (método, processo e produto) com objetivo de melhores práticas no setor. Trata-se de uma pesquisa descritiva tendo por base pesquisa bibliográfica e documental existentes em bases de dados internacionais e nacionais, bem como alguns resultados de aplicação do método VDC Scorecard.

PANORAMA E DEFINIÇÕES

A tecnologia da informação não é novidade na indústria da construção, contudo a implementação de plataformas, softwares e sistemas para aplicações específicas têm evoluído ao longo dos anos, tornando-se diversificada a ponto de ser necessário estabelecer critérios e métricas para mensuração de seus benefícios na prática. De acordo com Staub-French e Fischer (2001), a implementação das tecnologias da informação da construção civil, como Building Information Modeling (BIM) e Virtual Design and Construction (VDC) representam uma nova perspectiva para melhores práticas na AECO e têm sido cada vez mais utilizadas para ampliar a eficiência na gestão de processo de projeto, refletindo em todas as etapas do ciclo de vida da edificação. Entretanto, é importante identificar suas estruturas de conhecimento, dinâmica interna e requisitos para implementação de uma TI, evitando confusão, senso comum, duplicação de esforços, retrabalho.

Segundo Succar (2012), o BIM refere-se a um conjunto de políticas interativas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar o projeto para indústria da construção e dados essenciais

em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício. O autor cita a interação entre este conjunto viabilizando a identificação da estrutura de competências para melhor avaliação da maturidade e desempenho BIM.

Para Kassem e Amorim (2015), “o impacto do BIM não se limita às edificações, mas alcança desde a indústria de produtos e materiais, passa pelos projetos e obras de edifícios, estradas e outros tipos de infraestrutura e se prolonga pela manutenção e desmonte ou reuso destas obras. Entretanto, o setor da construção de edifícios pode ser visto como elemento central deste processo de difusão, pois cria demanda para os demais setores e assim sendo, neles orienta a difusão do BIM” (p.19).

Muitos centros de pesquisa reconhecidos internacionalmente, como o Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) da Stanford University (2015), na Califórnia, realizam estudos e monitoramentos contínuos em empresas da AECO sobre os benefícios e limitações nos processos de integração multidisciplinar da informação para construção civil com uso do VDC/BIM viabilizando a avaliação da sua maturidade e desempenho.

Segundo Kunz e Fischer (2012), enquanto o BIM tem uma tendência a se agrupar em torno de um modelo de produto e aspectos técnicos de um projeto, o VDC abrange holisticamente a utilização multidisciplinar de modelos de desempenho de Processo, Organização e Produto (POP) e métodos sociais para alcançar os objetivos de negócios, ampliando a eficiência na avaliação do desempenho da gestão do processo de projeto.

De acordo com Kam et al. (2013), desde 2009, mais de 80% das principais empresas da AECO nos Estados Unidos haviam adotado aplicações BIM. A McGraw Hill Construction (2012) divulgou que sua adoção se intensificou, passando de 28% em 2007 para 71% em 2012. O CIFE monitorou o uso multidisciplinar destas aplicações e adoção de métodos sociais, através dos quais os recursos dos aplicativos BIM podem ser aproveitados. No entanto, segundo Kam et al. (2014), a indústria da AECO ainda não efetivou a consolidação de uma estrutura consistente para avaliação do desempenho.

Apesar do potencial do BIM percebido pela indústria, de acordo com Barlish e Sullivan (2012), a maioria das empresas de construção não utiliza uma metodologia formal para avaliar os seus benefícios. Há necessidade de uma metodologia relevante para avaliar os benefícios esperados do BIM em qualquer tipo de projeto, a partir de uma perspectiva de negócios, em conjunto com uma base de dados válida.

Apesar da escassez de metodologias de avaliação, muitos profissionais e pesquisadores têm realizado estudos teóricos e práticos para apoiar a indústria. De acordo com Ho, Kam e Fischer (2009) pelo menos 22 artigos sobre o uso de VDC em projetos individuais têm sido publicados desde 1995, e 23 notáveis diretrizes relacionadas ao VDC direcionadas ao nível da empresa ou da indústria estão disponíveis em base de dados internacionais. Estas iniciativas têm feito alguns progressos no sentido de desenvolver uma metodologia de avaliação VDC/BIM baseada em uma estrutura de conhecimento holístico e adaptável. Segundo Kam et al. (2013), poucas destas metodologias de avaliação são eficazes ou utilizadas pelos profissionais da indústria da AECO, e não são consideradas as deficiências nos processos no que diz respeito à maturidade do desempenho.

METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Ferramentas de avaliação são importantes na evolução de boas práticas da indústria. Estas podem ser úteis na qualidade da tomada de decisões e para mensurar os impactos na implementação de novos processos e atualização de processos já implementados. De acordo com Bloom e Van Reenen (2007), boas práticas de gestão que utilizam ferramentas inovadoras para rastrear e monitorar o processo estão relacionadas aos índices mais elevados de produtividade, rentabilidade e crescimento de vendas.

Métricas usuais

A definição de métricas em projetos de construção é um desafio na avaliação de mudanças e benefícios. De acordo com Barlish e Sullivan (2012), os termos “Key Performance Indicator” (KPI) e “medição da produtividade” são termos comuns, porém a maioria dos pesquisadores definem com pouca consistência. Os mesmos autores citam modelos como: método da perda de produtividade, análise de milhas medidas, análise da produtividade da linha de base, sistema de modelagem dinâmica, análise de valor agregado, métodos de amostragem e métodos de comparação – são comumente referidos, mas de forma inconsistente utilizados em estudos de caso pouco específicos. Mais comumente, os projetos de construção são medidos através de KPIs; no entanto muitas vezes estes não são uniformes entre os projetos e resultam em confusão em relação a: o que deve ser medido, como deve ser medido, quais são as fontes de mudança, e como avaliar o sucesso ou o fracasso do projeto. Além disso, com esses modelos sugeridos e KPIs, poucos estudos utilizam dados do projeto internos e externos com resultados mensuráveis para validá-los. A produtividade é uma medida popular, mas é baseada em uma quantidade subjetiva, observável.

Segundo Cox, Issa e Ahrens (2003), os KPIs são compilações de medidas de dados usados para avaliar o desempenho de uma operação da construção ou uma tarefa particular. De acordo com levantamento de dados em literatura relacionada à temática, Barlish e Sullivan (2012) evidenciaram a definição de dois tipos de KPIs: qualitativos e quantitativos. Os qualitativos sugeridos pela literatura são: segurança, rotatividade, absenteísmo, e motivação. Em contraste, os exemplos de KPIs quantitativos sugeridos pelos autores são: custo, mão-de-obra, recursos por tempo de execução. Porém, ainda segundo Barlish e Sullivan (2012), estes KPIs não são suficientemente precisos e resultam em excesso de medições subjetivas evidenciando a importância da definição de métricas na medição de desempenho de processos relacionados à AECO.

Métricas BIM

O uso colaborativo de BIM deve ser mensurável, possibilitando evidenciar melhorias na produtividade e benefícios oriundos da sua implementação. Sem a definição de métricas precisas na avaliação do desempenho das suas aplicações, *stakeholders* são incapazes de analisar com eficiência os resultados obtidos, sejam estes rentáveis ou que viabilizem a identificação das deficiências.

Segundo Succar, Sher e Williams (2012), métricas de desempenho permitem que as equipes e organizações avaliem as suas próprias competências no uso do BIM e, potencialmente, para avaliar o seu progresso contra a de outros profissionais. Uma estrutura baseada em valores, por exemplo, foi proposta por Barlish e Sullivan (2012), na qual foram analisados os resultados monetários, os fatores organizacionais e o impacto resultante do BIM. Nesta, os pesquisadores evidenciaram a análise de benefícios resultantes da avaliação não apenas dos rendimentos, mas também dos investimentos necessários para consolidação do BIM. A conclusão sobre a totalização dos valores percentuais dos investimentos resultou numa economia do valor total de projeto e construção de 5%. Ou seja, o aumento nos investimentos na etapa de projeto refletiu na qualidade dos processos e, principalmente, na economia dos contratantes.

De acordo com Succar (2010), embora seja importante a definição de métricas e critérios de referência para avaliação do desempenho do uso colaborativo BIM, é necessário que estas, além de precisas, também sejam adaptáveis a diferentes segmentos da indústria. Além disso, conjuntos consistentes de métricas BIM formam as bases de sistemas de certificação formais viabilizando, por exemplo, a seleção de empresas que utilizam a

plataforma em determinados níveis de maturidade exigidos. O mesmo autor identificou critérios de desempenho que corroboram o aumento da confiabilidade, adotabilidade, e usabilidade para diversos agentes envolvidos no processo. As métricas devem ser:

- Exatas: bem definidas e capazes de medir desempenho com elevados níveis de precisão;
- Aplicáveis: capazes de serem utilizadas por todas as partes interessadas em todas as fases do ciclo de vida do projeto;
- Atingíveis: realizáveis, se as ações definidas são implementadas como determinadas;
- Consistentes: rendimento de resultados similares quando conduzida por diferentes avaliadores;
- Cumulativas: definidas como progressões lógicas, nas quais as entregas a partir de um ato são pré-requisitos para outro;
- Flexíveis: capazes de serem aplicadas a diversos segmentos, escalas organizacionais e suas subdivisões;
- Neutras: não favorecem apenas um interesse;
- Específicas: direcionada aos requisitos específicos da indústria da construção;
- Universais: aplicáveis igualmente em todos os segmentos;
- Úteis: intuitivas e capazes de serem facilmente empregadas para avaliar o desempenho BIM.

Segundo Succar, Sher e Williams (2013) há um número crescente de métricas de maturidade BIM para avaliar o desempenho de indivíduos, organizações e projetos. Destas, apenas algumas métricas podem ser aplicadas para medir e comparar a maturidade BIM entre países. No mesmo estudo, os pesquisadores propuseram três métricas qualitativas para medir a adoção BIM e maturidade nos países analisados (Austrália, EUA e Reino Unido). Essas métricas abordaram a importância da disponibilidade, distribuição e relevância de publicações notáveis sobre BIM (Noteworthy BIM Publications – NBP) em diversos mercados.

Contudo, segundo Scheer (2015), é importante:

- Conhecer o perfil do elemento a ser avaliado (individual/profissional, empresa, governo, região/país), a fim de definir KPIs corretamente;
- Compreender antecipadamente as consequências de uma escolha KPI ineficiente, se preparando para revertê-lo em ações benéficas para a pesquisa e para os indivíduos pesquisados/organizações;
- Saber sobre as regras e regulamentos específicos para cada cidade, estado, região ou país, bem como as práticas atuais e “vencedoras”, políticas internas e ao tipo específico de negócio (que tipo de empresa de projeto/construção: real state, residencial, escritório, industrial, comercial);

Maturidade BIM

Segundo Succar (2009), a maturidade BIM pode ser caracterizada através da qualidade, repetibilidade e grau de excelência dentro de uma competência do uso colaborativo de BIM. Ainda segundo o autor, “maturidade” denota a extensão dessa competência na realização de uma tarefa ou prestação de um serviço com o BIM. Esta corresponde à progressão dos níveis iniciais a níveis mais elevados de maturidade, indicando respectivamente:

- maior controle, resultante de menor variação entre as metas de desempenho e os resultados reais;
- maior previsibilidade para alcançar objetivos, custo, tempo de desempenho;
- maior eficácia para alcançar objetivos definidos e mais confiabilidade para planejamentos futuros.

O conceito de maturidade BIM em Succar, Sher e Williams (2012) foi adotado a partir do modelo de maturidade da capacidade (CMM). Este

foi concebido em função da necessidade de melhoria de processos para avaliação dos fluxos de entrega de projetos de software pelos fornecedores do governo e posteriormente para benefícios do Departamento de Defesa dos EUA.

De acordo com Goetze (2014), existem muitas tentativas para mensurar os níveis de maturidade BIM. Os modelos utilizados são geralmente divididos em duas categorias, medindo a eficiência e eficácia BIM no âmbito de projetos de construção e entre organizações. O autor cita três dos modelos que considera mais relevantes:

- National Institute of Building Sciences (2007) – National BIM Standard’s Interactive Capability Maturity Model (ICMM): o modelo ICMM define onze características que configuram a pontuação mínima. Estas características são relacionadas aos níveis de maturidade resultando em uma matriz que é ponderada de acordo com os valores encontrados e convertidos em uma pontuação final concedida ao projeto de construção;
- Succar, Sher e Williams (2012) – Framework and BIM Maturity Index (BIMMI): desenvolvido através da análise e compilação de modelos de maturidade dentro de diversos segmentos da indústria. Destina-se a reproduzir os indicadores de gestão da qualidade, requisitos de implementação e avaliação do desempenho BIM. Succar, Sher e Williams (2012) desenvolve seu modelo baseado na análise em três campos interligados: processos, tecnologia e política;
- BIS (2011): iBIM Maturity Model; o modelo iBIM foi elaborado para garantir articulação clara das diretrizes e normatizações e como estas podem ser aplicadas a projetos e contratos na indústria da construção no Reino Unido. O modelo identifica as metas específicas de competência, cobrindo tecnologia, normas, classificações e contrato. Estas metas caracterizam a definição de maturidade representada em três níveis no modelo.

É importante mencionar que existem outros esforços relacionados à maturidade em BIM como os citados por Kassem et al. (2013).

VDC SCORECARD

Segundo Kam et al. (2013), a apropriação de dados coletados a partir dos modelos de desempenho configurados por meio da análise contínua dos procedimentos a serem executados, organização e produto possibilitam a documentação de práticas eficientes para gestão de processos de projeto, configurando o desempenho do modelo. Estes desempenhos são avaliados mediante utilização dos valores percentuais abordados nas quatro (04) áreas que compõe a metodologia de medição e gestão do desempenho do VDC/BIM. Estas áreas são definidas por meio do VDC Scorecard, compostas por métricas de planejamento, adoção, tecnologia e desempenho que configuram a pontuação geral medida em uma escala percentual que reflete o desempenho do projeto em relação à prática da indústria.

O VDC Scorecard é um método de avaliação da maturidade do uso colaborativo VDC/BIM nas práticas da indústria AECO. Esta maturidade é evidenciada por atribuição de valores que configuram a pontuação geral do desempenho das unidades estudadas no âmbito da definição de métricas qualitativas e quantitativas compostas pela análise estatística da evolução contínua das práticas na indústria. Estes valores de maturidade são hierarquizados em níveis do VDC Scorecard: a prática convencional (0%-25%), prática típica (25%-50%), prática avançada (50%-75%), melhores práticas (75%-90%), e práticas inovadoras (90%-100%). A Figura 1 abaixo representa esta hierarquização com o quadro de diagnóstico do método.

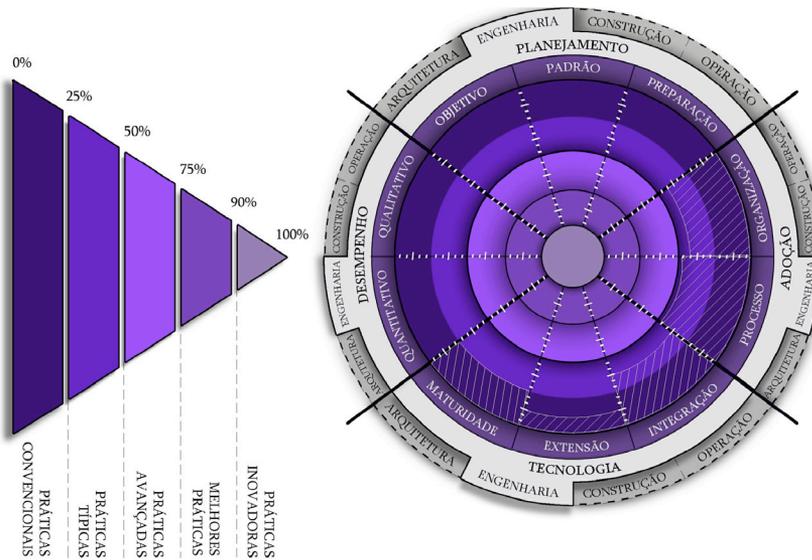


Figura 1. Nível de maturidade e diagnóstico VDC Scorecard. Fonte: STANFORD UNIVERSITY/CIFE, adaptado pelos autores (2015).

O VDC Scorecard utiliza uma escala percentual que é composta por cinco níveis de desempenho para cada uma das 56 métricas, e complementada com uma avaliação da segurança na pontuação. Os percentuais e as camadas são definidos por meio de observações de práticas da indústria. O método é composto por quatro áreas, 10 divisões, e 56 métricas, evidenciando o nível de confiança avaliado por sete fatores para indicar a precisão na pontuação global. Essas quatro áreas são:

- A área de planejamento, que abrange a criação de objetivos e normas, bem como a disponibilidade de recursos tecnológicos e fiscais que promovam os objetivos de negócio dos projetos;
- A área de desempenho, na qual a precisão e qualidade de informações obtidas sobre os objetivos alcançados são mensurados pela análise quantitativa e qualitativa;
- A área de adoção, que avalia os aspectos organizacionais e processuais de métodos sociais para adotar a tecnologia;
- A área de tecnologia, que avalia os modelos de produto, organização e processos implementados em cinco níveis de maturidade;

A inclusão de medição de nível de confiança fornece uma avaliação mais holística, informando aos usuários a confiabilidade da avaliação. O nível de confiança indica a precisão das medições, considerando as fontes, a conformidade de entrada e frequência das avaliações. A Figura 2 representa a estruturação do método, evidenciando o valor referente à pontuação final avaliada.

A pontuação geral do VDC Scorecard é uma medida criada usando média ponderada das pontuações por área correspondente ao VDC Scorecard para quantificar o desempenho geral de um projeto. A pontuação por área (04) é resultado da média ponderada de cada dimensão (10). E cada dimensão calculada com média ponderada para cada métrica (56). Esta pontuação viabiliza a classificação e adoção de estratégias para solução de problemas identificados nos setores que compõem estas áreas. Estas deficiências detectadas são avaliadas com base no planejamento de atividades para ações de melhoria e conseqüentemente são desenvolvidas recomendações para solução dos problemas detectados.

Para determinar maior confiança no resultado da pesquisa, os casos estudados são analisados conforme os sete fatores que classificam o nível de confiança do levantamento:

De acordo com Ho, Kam e Fischer (2009), o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação VDC/BIM não influencia apenas na qualidade da informação, mas também no desenvolvimento de base de dados gerenciais para melhoria constante na indústria trazendo também oportunidades para novas pesquisas e críticas construtivas que podem basear-se em uma base de conhecimento sólida e bem fundamentada. Esta base viabiliza a retroalimentação do conhecimento entre as universidades, as organizações públicas e privadas e diversos segmentos da indústria.

De acordo com Kam et al. (2014), os critérios para estruturação do método foram desenvolvidos considerando os seguintes aspectos:

- Holístico: abrangendo a avaliação do desempenho de aspectos técnicos do projeto com informações obtidas por colaboração social;
- Quantificável: uma estrutura de avaliação requer medidas objetivas e quantificáveis que possam ser utilizadas para monitorar e acompanhar o progresso do projeto e a maturidade VDC;
- Prático: o quadro de avaliação tem de ser acessível aos profissionais da AECO, pois retrata o desempenho do VDC/BIM de um projeto sobre uma série de medidas em relação aos padrões da indústria;
- Adaptável: a estrutura de avaliação deve ser capaz de se adaptar à diversidade e evolução das práticas no setor da AECO;

Pesquisadores e profissionais da AECO têm produzido uma série de orientações e documentos de pesquisa sobre o uso do VDC/BIM que influenciaram o desenvolvimento do VDC Scorecard (KAM et al. 2014). Embora alguns destes documentos possuam conteúdos abrangentes que cobrem muitos aspectos POP, mantendo uso prático na indústria, cada um deles contribuiu em sua respectiva área de conhecimento e prática. Por isso, é importante construir considerando as suas contribuições e pontos fortes, bem como suas limitações e fraquezas no contexto dos objetivos. Na subseção seguinte serão evidenciados alguns resultados de casos estudados.

Benefícios registrados

Segundo estudos realizados pelo grupo de pesquisa do CIFE, até o final de 2012 foram analisados 108 projetos da AECO. Estes estão distribuídos em 13 países da América do Norte, Europa, Ásia e 15 estados dos EUA, e foram projetados e construídos por empresas da AECO em várias regiões. Os resultados e pontuações destes projetos foram analisados utilizando o *VDC Scorecard*, a fim de estabelecer correlações entre as práticas, bem como a avaliação de desempenho VDC/BIM na indústria. De acordo com Kam et al. (2013), dos 108 projetos estudados, 2 estavam abaixo de 25% e foram classificados como “Prática convencional”; 49, entre 25% e 50%, sendo caracterizados como “Prática típica”; 52 projetos foram pontuados entre 50% e 75% e foram considerados “Práticas avançadas”; 5, entre 75% e 90%, considerados “Melhores práticas”; e nenhum projeto foi pontuado entre 90% e 100%, o que os caracterizaria como “Prática inovadora”. Estes estudos evidenciaram maior pontuação para os projetos localizados nos EUA em comparação com os de outros países. Os autores relacionam este resultado ao maior investimento pelos *stakeholders* na implementação do VDC/BIM no setor da construção americana, enfatizando a importância da participação e maior conhecimento destes na adoção de melhores práticas na indústria da AECO. Um exemplo desta observação pode ser analisado na avaliação da utilização do VDC/BIM no cenário da AECO nacional, em estudos realizados em projetos brasileiros.

No período de janeiro a março de 2015, em disciplina ofertada pelo CIFE, foi desenvolvido um estudo de aplicação do VDC Scorecard em seis projetos brasileiros. Dois desses projetos tiveram destaque em função das pontuações registradas, evidenciando o perfil atual do cenário brasileiro na adoção do VDC/BIM. Trata-se de projetos de edificações residenciais e empresariais situados na cidade de Curitiba/PR que foram analisados no

âmbito das quatro áreas que compõem o VDC Scorecard. Em função da diferença no cenário da construção civil brasileira, da execução de ambos os casos ainda estar em andamento e da quantidade de respondentes, as pontuações referentes ao nível de confiança das avaliações foram baixas (16%). Entretanto, a pontuação global registrada pela análise do VDC Scorecard, evidenciou resultados próximos ao nível de “práticas avançadas” (48 e 49%) devido aos valores registrados na área referente à análise tecnológica (49 e 59%) em função da maior integração da informação no modelo desenvolvido e conseqüentemente na avaliação qualitativa e quantitativa do seu desempenho (55 e 50%). Nessa análise, as deficiências ainda existentes pelo pouco aproveitamento de informações extraídas do modelo para documentação, a necessidade de maior variedade e melhor análise de projetos complementares (estrutural, elétrico, hidrossanitário, HVAC), junto com o pouco detalhamento destes sistemas, correspondem à insuficiência na obtenção da pontuação máxima. Abaixo são evidenciadas as principais considerações que influenciaram na pontuação nestas duas áreas:

1) Tecnologia

- Maior integração da informação no modelo, possibilitando melhor análise no 4D, 5D e detecção de interferências (clash detection). Sem perdas ou retrabalhos após transferência (IFC) da produção entre os envolvidos;
- Necessidade de ênfase no uso do modelo como ferramenta para melhor extração e documentação da informação multidisciplinar, não apenas como meio para detecção de interferências físicas na modelagem;
- Utilização do modelo principal (arquitetônico) para visualização e comunicação entre os projetistas. Necessidade de melhor aproveitamento do modelo BIM na elaboração de documentos que viabilizem melhor a comunicação entre os envolvidos;
- Maior detalhamento e aproveitamento de informações para melhor desenvolvimento de projetos complementares no modelo BIM. Incluir informações de sistemas (HVAC, mecânico, elétrico, equipamentos) no modelo, viabilizando maior precisão na detecção de interferências;

2) Desempenho

- Uma das análises foi caracterizada pelo estágio de desenvolvimento dos processos. Os projetos nesta análise correspondem a níveis de informação referentes à fase de entrega do produto resultante da implementação parcial da plataforma. O mesmo está em fase de execução da obra e atingiram o nível de satisfação do cliente. Contudo, ainda são necessárias melhorias na comunicação entre os projetistas, visando eficiência na solução de incompatibilidades projetuais identificadas no modelo colaborativo;
- Apesar de um dos estudos analisados ainda não ter tido retorno em relação ao investimento com a implementação gradativa da plataforma, o nível de satisfação por parte dos stakeholders foi elevado em função do esforço na comunicação, viabilizando maior participação entre as partes envolvidas. Ainda é necessário haver maior participação dos investidores no processo;
- Ambos os estudos buscaram máximo alinhamento entre os objetivos definidos pelos investidores em relação ao custo e prazo com a utilização da plataforma, e até a realização da coleta de dados, o nível de satisfação do cliente correspondeu aos objetivos esperados.

Além das considerações citadas referentes às duas áreas que obtiveram maior pontuação na análise dos estudos, foram coletadas informações que diagnosticaram os pontos fortes, deficiências e possibilidades de melhoria nas duas demais áreas com *scores* inferiores, classificadas como “práticas

típicas”. A disparidade entre os maiores valores obtida entre a análise tecnológica (59%, “práticas avançadas”) e menores valores relacionados à análise do planejamento (33%, “práticas típicas”) influenciaram na pontuação global, refletindo na caracterização do perfil dos casos estudados. Ainda que sejam necessários estudos mais criteriosos em decorrência dos diversos fatores e possíveis métricas a serem consideradas ou não aplicáveis a nível nacional, é perceptível a deficiência nas práticas correspondentes ao planejamento de projeto no cenário brasileiro. O mesmo influencia na adoção de novos conceitos, estratégias e eficiência no monitoramento e tomada de decisões essenciais para revisão de processos e qualidade final do produto. O planejamento de execução para implementação eficiente da plataforma é fundamental para maior controle e qualidade no gerenciamento do processo. Considerando que a retroalimentação da informação é essencial para definição de melhores práticas no uso colaborativo VDC/BIM, torna-se imprescindível direcionamento de esforços para analisar o planejamento e desempenho das mesmas, evitando ciclo vicioso de práticas obsoletas ou pouco produtivas em relação ao potencial da plataforma.

Tendo o desempenho dos casos estudados atingido um score responsável pela atribuição de valores resultantes da análise tecnológica classificada como próxima às “práticas avançadas”, é necessária a revisão de algumas diretrizes do planejamento e, conseqüentemente, do processo de implementação. A pontuação relacionada ao planejamento e adoção do VDC/BIM foi baixa em comparação às áreas citadas anteriormente. As razões variam desde inexistência de incentivos contratuais até inexistência de planejamento de execução para adoção e revisão de processos em função da implementação da plataforma, inviabilizando melhores práticas e maior eficiência no produto final.

As principais considerações que influenciaram na pontuação nestas áreas foram:

1) Planejamento

- Inexistência de planejamento para execução da implementação da plataforma. Em ambos os casos estudados, o uso do BIM foi caracterizado por não seguir diretrizes estabelecidas para maior controle na implementação dos processos e conseqüentemente formalização de melhores práticas para a empresa;
- Inexistência de controle de informações que contribuam para a formalização de banco de dados gerenciais de melhores práticas para uso do BIM no Brasil;
- Objetivos gerenciais definidos, porém inexistência de diretrizes básicas para alinhamento de informações com a evolução dos processos e obtenção dos resultados desejados a curto, médio e longo prazo;
- Ambos os casos estudados obtiveram razoável avaliação em relação à capacitação e treinamento dos profissionais que compõem a equipe BIM;
- Sem aplicações ou utilização do BIM para operação e manutenção (O&M);

2) Adoção

- Deficiência no compartilhamento formal do conhecimento e informação entre agentes;
- Inclusão de responsabilidades e incentivos contratuais. Revisão de atribuições entre os envolvidos, evitando sobrecarga de funções, ociosidade e absenteísmo (“quem”, “como”, “quando” e “nível de desenvolvimento”);
- Inexistência de análises e otimizações baseadas no modelo para projetos complementares;
- Necessidade de ênfase em treinamentos e capacitação de profissionais responsáveis pelos projetos complementares (estrutural, elétrico, hidrossanitário, HVAC, mecânico);

- Necessidade de criação de biblioteca para armazenamento de detalhes e objetos parametrizados para utilizações futuras;
- Necessidade de ênfase em treinamentos e capacitação de profissionais responsáveis pelo desenvolvimento 4D. Necessária maior participação dos *stakeholders* para maior compreensão do modelo.

Na Figura 3 é representado um gráfico com resultados obtidos a partir da utilização da versão on-line do VDC Scorecard para um dos projetos estudados (<http://www.sbi.international>).

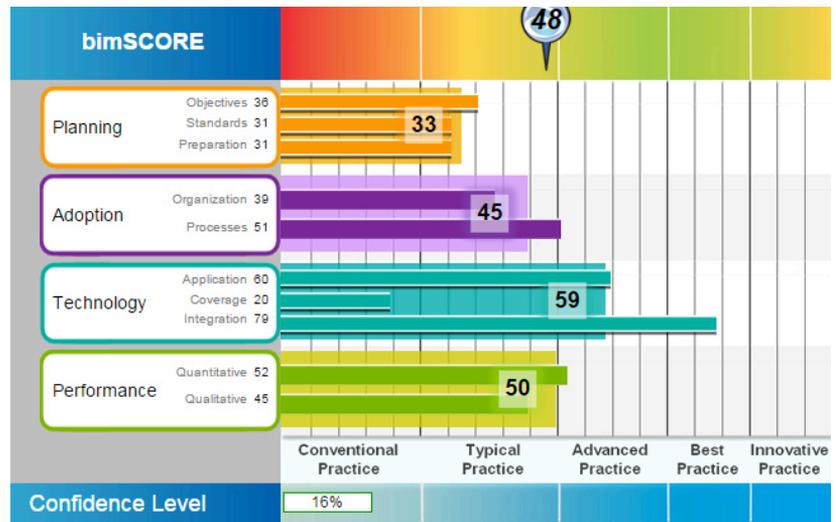


Figura 3. Resultados da aplicação do VDC Scorecard – Projeto 2. Fonte: Strategic Building Innovation (2015) – <http://www.sbi.international>.

Na Figura 4 está representado um gráfico de comparação (*benchmarking*) entre os seis projetos brasileiros estudados.

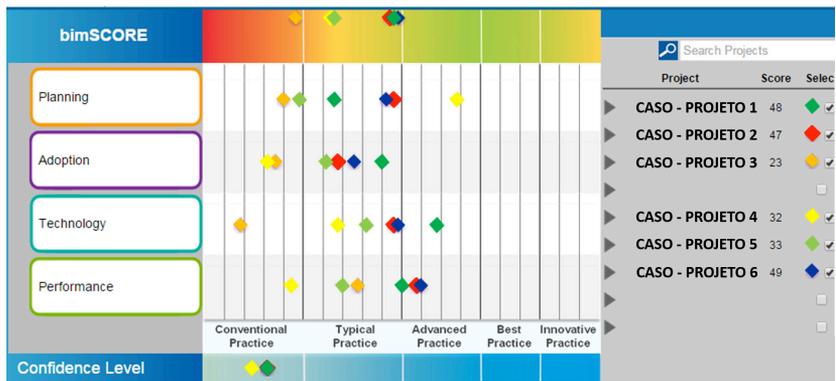


Figura 4. Comparação de resultados da aplicação para os seis projetos. Fonte: Strategic Building Innovation (2015) – <http://www.sbi.international>.

Considerando resultados em relação ao investimento pelos *stakeholders* na implementação do VDC/BIM no setor da construção dos EUA, torna-se necessário fomentar maior participação e conhecimento dos envolvidos na adoção de melhores práticas na indústria da AECO brasileira. Estas práticas necessitam ser avaliadas para definição da maturidade dos processos e aproximação de resultados que viabilizem qualidade na tomada de decisões e, sobretudo, documentação de banco de dados gerenciais para práticas eficientes.

Há ainda insegurança e descrença (menor que em anos anteriores) perante riscos no investimento (principalmente diante do atual cenário político-econômico nacional) para adoção de inovações na gestão de processos para construção civil. Ainda que seja fundamental considerar as adversidades relacionadas ao conservadorismo na gestão, ausência de

estratégias para implementação, mensuração de resultados, capacitação de agentes na TI, com o crescente, porém árduo, processo de padronização para troca de dados (interoperabilidade), é inevitável considerar a adoção da plataforma. A mesma, quando implementada de forma eficiente com revisões dos processos organizacionais, tem potencial para proporcionar melhor qualidade nos processos em ambiente colaborativo multidisciplinar da AECO a curto, médio e longo prazo. Contudo, existe interesse crescente, porém ainda lento, por parte dos *stakeholders* na adoção e utilização do VDC/BIM no setor da construção civil brasileira em função dos benefícios registrados pela utilização da plataforma. A subseção seguinte abordará considerações, resultados e perspectivas deste progresso no cenário brasileiro.

Cenário nacional

Kassem e Amorim (2015) apontam o setor da construção brasileira como um dos maiores globalmente, sendo responsável por 2% do total. Em um cenário globalizado, o contexto desejável de benefícios tem incluído melhorias na eficiência e sustentabilidade da construção e operação dos empreendimentos, bem como na previsibilidade de retorno e valor dos investimentos e também incremento de exportação com crescimento econômico.

De acordo com estudos desenvolvidos por Goetze (2014), a indústria brasileira da construção está gradualmente assimilando as considerações provenientes da implementação do BIM. A aplicação correta do BIM implica na revisão de negócios, modifica relações na indústria desde empreiteiros até fabricantes, dos clientes aos projetistas. Além disso, as organizações envolvidas com o BIM precisam de modificações internas, e sua eficiência e eficácia se baseiam na confiança entre os membros diferentes, as equipes e *stakeholders*. O processo de adoção BIM deve ser cuidadosamente nutrido e planejado para que a indústria possa explorar todo o seu potencial.

Benefícios citados por profissionais da AECO brasileira em entrevistas desenvolvidas por Goetze (2014) evidenciaram o fluxo emergente de interessados na implementação da plataforma. Algumas organizações realizaram estudos nos quais contratantes avaliaram os custos de um projeto de pequeno porte e concluíram que o uso de BIM teria economizado por volta de 15% a 20% dos custos totais, enquanto um cliente mediu a otimização de custos de 6,7% em um grande contrato. Entretanto, 100% dos entrevistados tinham um elevado número de detecções de incompatibilidade (*clash detection*) em todos os projetos graças ao BIM. No entanto, como os subcontratantes do projeto ainda não começaram a usar BIM, os custos de projetos subiram, segundo o autor. Os entrevistados têm evidenciado a transferência dos custos da fase de construção para a fase de concepção do projeto. Esta evolução contribui para análise de melhores práticas por meio do monitoramento da maturidade do VDC/BIM de forma constante.

De acordo com McGraw Hill Construction (2014), o cenário brasileiro possui grandes perspectivas em relação à utilização do VDC/BIM. O nível de interesse e investimento por parte de construtoras nacionais tem aumentado em função dos benefícios registrados de maior Return On Investment (ROI – Rendimento sobre Investimento). Segundo este relatório, o Brasil possui um valor percentual progressivo de 36% de ROI em VDC/BIM por conta das construtoras nacionais, próximo de países como Alemanha, Canadá, França e Japão. A razão do interesse emergente, segundo resultados divulgados pela Smart Market Report (2014), são maiores qualidade dos projetos e processos; melhoria da produtividade e melhor comunicação e compreensão por parte de visualização tridimensional multidisciplinar. Apesar do tempo de experiência e níveis de maturidade dos processos ainda em estágios iniciais (70 e 55% em níveis primários, respectivamente), as construtoras nacionais representam uma porção emergente na utilização do VDC/BIM, com níveis

crecentes de expertise dos profissionais envolvidos nos processos (entre moderado e avançado).

No âmbito do programa Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil, Kassem e Amorim (2015) conduziram um estudo sobre a adoção de BIM no Brasil e em cinco países da Europa (Reino Unido, França, Holanda, Finlândia e Noruega). Na iniciativa do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão do Brasil, e com apoio da FIESP/DECONCIC para o grupo de trabalho, os consultores desenvolveram um conjunto de recomendações e conclusões sobre a difusão de BIM no Brasil. As recomendações estão divididas em nove áreas, incluindo: estratégias, objetivos e estágios; protocolos e guias; atores líderes; resultados padronizados e bibliotecas de componentes digitais; arcabouço regulatório; medidas e otimização; educação e treinamento; infraestrutura e tecnologia; e viabilidade econômica e pesquisa de iniciativas de construção.

Assim como o Smart Market Report (2014), esse relatório produzido no âmbito dos Diálogos Setoriais União Europeia-Brasil aponta que a adoção de BIM é bastante avançada entre construtoras de médio e grande porte. Todavia, o uso no Brasil é mais voltado ao controle de custos da fase de construção e menos na colaboração entre os envolvidos no empreendimento. Isto representa um uso reverso do BIM quando comparado àquele verificado em outros países como o Reino Unido, França, Estados Unidos da América e Alemanha.

Como postulado por Kassem e Amorim (2015), “o estabelecimento de um sistema de medição do desempenho do BIM, seja individual (competências) ou para organizações (capacidade e maturidade), é o primeiro passo para o caminho de desenvolvimento de um sistema de certificação e auditoria no futuro”. Não foi encontrado por estes autores nenhum esquema bem estabelecido para medição e otimização de desempenho VDC/BIM.

CONCLUSÃO

A avaliação do desempenho em VDC/BIM é essencial na adoção de melhores práticas no setor da AECO nacional. Por se tratar de um método de avaliação holístico e adaptável baseado em evidências, o VDC Scorecard possui, na sua concepção, métricas que tendem a ser aproveitadas para o cenário brasileiro. Esta apropriação deve estar de acordo com a melhoria e atualização dos processos em função do lento, porém contínuo progresso da integração da informação na AECO nacional com o uso do VDC/BIM.

A atualização contínua do processo avaliativo e validação do VDC Scorecard fundamentam a correlação entre as métricas individuais e avaliação da pontuação geral. Este processo cria um ciclo de feedback positivo, em que o VDC Scorecard serve como método de avaliação para os profissionais da AECO, e seus dados podem ser utilizados para melhorar suas práticas no setor. Este ciclo de feedback positivo proporciona a consolidação de uma base de dados para melhores práticas no setor da AECO. Contudo, é imprescindível a adaptação e avaliação destes processos à realidade do cenário brasileiro, uma vez que eles são caracterizados pela maioria emergente na implementação do VDC/BIM, porém com considerável lentidão em relação aos processos convencionais da indústria nacional.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção (PPGECC) da UFPR e ao CNPq (Programa Ciência sem Fronteiras) pela concessão de bolsas. À colaboração dos professores Martin Fischer e

Calvin Kam e seus alunos na parceria com o Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) da Stanford University.

REFERÊNCIAS

- BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM – a case study approach. **Automation in Construction**, v. 24, p. 149-159, jul. 2012. DOI: 10.1016/j.autcon.2012.02.008.
- BUSINESS INNOVATION AND SKILLS. **A report for the Government Construction Client Group, Building Information Modelling (BIM) working party strategy, 2011**. Department for Business Innovation & Skills (BIS). Disponível em: <[http://www.cita.ie/images/assets/uk%20bim%20strategy%20\(summary\).pdf](http://www.cita.ie/images/assets/uk%20bim%20strategy%20(summary).pdf)>. Acesso em: 2 maio 2015.
- BLOOM, N.; VAN REENEEN, J. Measuring and explaining management practices across firms and countries. **Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 122, n. 4, p. 1351-1408, nov. 2007.
- COX, R.; ISSA, R.; AHRENS, D. Management's perception of key performance indicators for construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, Blacksburg, v. 129, n. 2, p. 142-151, abr. 2003. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:2\(142\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:2(142)).
- GOETZE, G. **Building information modelling: maturity and effects on the construction phase of a project in Brazil**. 2014. 108 pp. Dissertação (Mestrado) – University College London, School of Construction and Project Management, Londres, 2014.
- HO, P.; KAM, C.; FISCHER, M. Prospective validation of virtual design and construction methods: framework, application, and implementation guidelines. **CIFE Working Paper #WP123**, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. Stanford, dez. 2009, p.1-42. Disponível em: <<http://cife.stanford.edu/sites/default/files/WP123.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.
- KAM, C.; MCKINNEY, B.; XIAO, Y.; SENARATNA, D. The VDC Scorecard: evaluation of AEC projects and industry trends. **CIFE Working Paper #WP136**, Center for Integrated Facility Engineering, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. Stanford, out. 2013, p.1-31. Disponível em: <<http://cife.stanford.edu/sites/default/files/WP136.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.
- KAM, C.; MCKINNEY, B.; XIAO, Y.; SENARATNA, D. The VDC Scorecard: Formulation and Validation, **CIFE Working Paper #WP135 v2**, Center for Integrated Facility Engineering, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. Stanford, out. 2013. Revisado jan. 2014. p. 1-40. Disponível em: <<http://cife.stanford.edu/sites/default/files/WP135v2.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.
- KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. **BIM – Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015. Disponível em: <<http://sectorialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2015.
- KASSEM, M.; SUCCAR, B.; DAWOOD, N. A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS OF IT IN THE AEC INDUSTRY, 30., 2013, Pequim. **Proceedings of the CIB W78 2013...** Pequim: CIB W78, 2013. p. 1-11.
- KHANZODE, A.; REED, D.; FISCHER, M. Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems on a large healthcare project. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 13, p. 324-342, jun. 2008. Edição especial.
- KUNZ, J.; FISCHER, M. Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions. **CIFE Working Paper # 097**, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Dept. of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. jun. 2005. Revisado jan.2012. p.1-50. Disponível em: <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/WP097_0.pdf>. Acesso em: 22 out. 2015.
- MCGRAW-HILL Construction. **The Business value of BIM**. Nova York: Smart Market Report, 2012.
- MCGRAW-HILL Construction. **The Business value of BIM for construction in Major Global Markets**. Nova York: Smart Market Report, 2014.
- NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National Building Information Modeling Standard**. Washington: National Institute of Building Sciences, 2007. Disponível em: <<http://www.wbdg.org/>>

pdfs/NBIMSV1_p1.pdf>. Acesso em: 2 maio 2015.

SCHEER, S. Some thoughts about the "points of departure". **Notes for CEE 112/212B**. Spring 2015 Industry Applications of Virtual Design & Construction at Stanford University, 2015. No prelo.

SMART MARKET REPORT. **The Business value of BIM**. Nova York: McGraw-Hill Construction, 2012.

SMART MARKET REPORT. **The Business value of BIM for construction in Major Global Markets**. Nova York: McGraw-Hill Construction, 2014.

STANFORD UNIVERSITY. Center for integrated facility engineering. **VDC and BIM Scorecard**. (Homepage). Disponível em: <<http://vdcscorecard.stanford.edu>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

STAUB-FRENCH, S.; FISCHER, M. Industrial Case Study of Electronic Design, Cost, and Schedule Integration. **CIFE Technical Report #122**, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Dept. of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. Stanford, jan. 2001. p.1-125. Disponível em: <<http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR122.pdf>>. Acesso em: 22 out. de 2015.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders.

Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/222267027_Building_Information_Modelling_framework_A_research_and_delivery_foundation_for_industry_stakeholders>. Acesso em: 1 out. 2015. DOI:10.1016/j.autcon.2008.10.003.

SUCCAR, B. The five components of BIM performance measurement. In: CIB WORLD BUILDING CONGRESS, 18., 2010, Salford. **Proceedings...** Salford: CIB, 2010. p. 1-14.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: five metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 8, n. 2, p. 120-142, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/17452007.2012.659506>>. Acesso em: 28 abr. 2015. DOI: 10.1080/17452007.2012.659506.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. **Automation in Construction**, v. 35, p. 174-189, 2013. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/256502957_An_integrated_approach_to_BIM_competency_assessment_acquisition_and_application>. Acesso em: 30 abr. 2015. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.05.016.

Saulo Britto
SauloBritto.arq@gmail.com

Sérgio Scheer
Scheer@ufpr.br

Calvin Kam
calvin.kam@stanford.edu

Martin Fischer
fischer@stanford.edu

DISCUTINDO CITY INFORMATION MODELING (CIM) E CONCEITOS CORRELATOS

Discussing City Information Modeling (CIM) and related concepts

Arivaldo Leão de Amorim¹

RESUMO Este artigo discute o paradigma *City Information Modeling* (CIM) a partir de uma abordagem ampla, considerando um viés teórico e conceitual deste e de outros termos relacionados. O CIM tem sido apontado por alguns autores como uma extensão do conceito de BIM para o espaço urbano. Contudo, face às características da cidade em relação à edificação isolada e à profusão de conceitos ora em uso, algumas questões precisam ser aprofundadas. Esses conceitos estão intimamente relacionados, apresentando algum tipo de sobreposição (e talvez, por esse motivo, sejam confundidos). Assim, pretende-se ampliar a discussão sobre esses conceitos, contribuindo para a utilização destes e avançando no estabelecimento de uma conceituação e de terminologias que facilitem o desenvolvimento das aplicações e a adoção das tecnologias nas práticas relativas ao planejamento, à gestão e ao monitoramento da cidade. Não há intenção alguma de se esgotar o tema, seja pela vastidão das questões envolvidas ou pelo reduzido espaço para a discussão destas, mas principalmente, porque estas questões estão “em aberto” e são objetos de discussões e controvérsias.

PALAVRAS-CHAVE: *City Information Modeling* (CIM), *Building Information Modeling* (BIM), *City Geography Markup Language* (CityGML), *3D Geographic Information System* (3D GIS), *SmartCity*.

ABSTRACT This paper discusses the City Information Modeling (CIM) paradigm from a wide approach, considering the theoretical and conceptual bias on those and other related terms. The CIM has been pointed by some authors as an extension of the BIM concept for the urban space. However, considering the characteristics of the city comparing to an isolated building and the profusion of concepts in use, some issues need a more deep discussion. These concepts are closely related and have some overlap (that is why sometimes they are misunderstood). Thus, we intended to broaden the discussion to clarify the concept and terminology, and contribute to their use, in addition to improving the development of applications and technologies for planning, management and monitoring the cities. We have no intention of exhausting the theme, due the vastness of issues involved and the reduced space for discussion, but mainly because these issues are still “open”, promoting discussion and controversy.

KEYWORDS: City Information Modeling (CIM), Building Information Modeling (BIM), City Geography Markup Language (CityGML), 3D Geographic Information System (3D GIS), SmartCity.

¹LCAD – Laboratório de estudos avançados em Cidade, Arquitetura e tecnologias Digitais. Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, UFBA

How to cite this article:

AMORIM, A. L. Discutindo City Information Modeling (CIM) e conceitos correlatos. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 87-99, jul./dez. 2015 <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.103163>

Fonte de financiamento:
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Conflito de interesse:
Declararam não haver
Submetido em: 1 set. 2015
Aceito em: 1 set. 2015



CITY INFORMATION MODELING

Com a crescente complexidade dos Sistemas do Mundo Real (SMR), a contínua evolução das tecnologias digitais e a consequente e acelerada integração das várias disciplinas da área de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), nada mais natural e esperado que o surgimento de novos paradigmas. Neste artigo discute-se o *City Information Modeling*, ou simplesmente CIM, como está sendo difundido.

Mas, o que é *City Information Modeling*?

Segundo Hisham (2010), “[...] mais recentemente foi cunhado o um novo termo CIM ou modelo de Informações sobre a cidade, o qual visa transformar o modo como os planejadores urbanos lidam com os seus planos a semelhança dos arquitetos.”¹ [tradução nossa].

Embora à primeira vista esta afirmativa possa parecer interessante e fazer sentido, o trabalho realizado pelo arquiteto projetista é bastante diferente do que é feito pelo arquiteto planejador urbano. Isto acontece não apenas por tratarem de objetos diferentes, a edificação e a cidade, mas principalmente, pela natureza intrínseca de suas atividades. Por consequência, utilizam ferramentas de características bastante diversas.

Enquanto na projeção da edificação (atividade cujo efeito se dará em curto prazo), são detalhados ao extremo os diversos aspectos do objeto em foco, no planejamento urbano (a atividade cujas ações são propostas para acontecerem e produzirem efeitos em horizontes de curto, médio e longo prazo, de 5 a 20 anos), são fixados as diretrizes gerais de zoneamento, os parâmetros e os indicadores urbanos desejados, mas num grau de generalização e abstração incompatível com qualquer projeto executivo.

Outro aspecto relevante é a grande liberdade que os projetistas possuem para trabalhar com formas e materiais, enquanto os planejadores estão submetidos a um grande número de restrições, e, normalmente, trabalhar as formas e os materiais não faz parte do seu escopo do trabalho, que está focado em coletar dados do mundo real, analisá-los e propor cenários futuros.

Por estas e outras razões, considera-se que a afirmativa de Hisham (2010) é muito simplista, não contribuindo para o entendimento da ideia de CIM em toda a sua extensão e complexidade.

Quanto à origem do termo *City Information Modeling* (CIM), Gil et al. (2010) sugerem que este teria sido forjado por Lachim Khemlami, editor e fundador da publicação *on-line* AECbytes. Desde a criação da publicação em 2003, Khemlami vem pesquisando, analisando e revisando produtos e serviços baseados em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para a indústria da construção civil.

Em seus estudos, Gil, Almeida e Duarte (2011) apontam que:

“O CIM poderá estender o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no planejamento urbano como ferramentas de apoio à decisão (WEBSTER, 1993; BATTY et al., 1998), através da integração com o Projeto Assistido por Computador (CAD), constituindo uma ferramenta de apoio ao projeto” (DAVE e SCHMITT, 1994; MAGUIRE, 2003, tradução nossa)².

Assim, os autores entendem o CIM como equivalente ao conceito de *Building Information Modeling* (BIM) para a projeção urbana (GIL; ALMEIDA; DUARTE, 2011, p. 143).

Segundo os mesmos autores,

¹ “[...] more recently a new term was coined, CIM or the City Information Model, which aims to transform the urban planners way of handling their plans just like architects.”

² “The CIM would extend the use of Geographic Information Systems (GIS) in urban planning as decision support tools (Webster, 1993; Batty et al., 1998) through the integration with Computer Aided Design (CAD), to become a design support tool (Dave and Schmitt, 1994; Maguire, 2003).”

O projeto de pesquisa “City Induction” foi focado no desenvolvimento de um sistema baseado em um método de projeção urbano que integra as etapas de formulação, geração e avaliação de projetos urbanos apoiados por uma plataforma de software CAD e GIS (Ibidem, tradução nossa)³.

Portanto, esse projeto reduz o conceito do CIM ao âmbito da projeção urbana, não levando o conceito até as últimas consequências, tornando-se, assim, um paradigma capaz de abranger todo o “ciclo de vida” da cidade ou dos sistemas urbanos.

No mesmo sentido, Stojanovski (2013) estabelece que:

“CIM é uma analogia ao BIM em urbanismo. É um sistema de elementos urbanos representados por símbolos em um espaço 2D e dentro de um espaço 3D. Ele também é concebido como expansão 3D do GIS (SI3D ou Sistema de Informação 3D) enriquecido com vistas em vários níveis e múltiplas escalas, caixa de ferramentas de projeto e inventário de elementos 3D com seus relacionamentos” (STOJANOVSKI, 2013, p. 4, tradução nossa)⁴.

Muito embora Stojanovski (2013) conceitue desta maneira, sua visão explicitada no artigo “*City Information Modeling (CIM) and Urbanism: Blocks, Connections, Territories, People and Situations*” aproxima o CIM mais de um recurso para análise das complexas relações urbanas do que de um conjunto de ferramentas para a projeção e a gestão urbanas. Paradoxalmente, descreve uma situação muito mais próxima do *Geographic Information Systems*, que ele considera limitada para as aplicações urbanas, do que de uma visão de *Building Information Modeling*, considerada por ele como mais adequada para o enfrentamento das questões por ele apresentadas.

Contudo, face às características da cidade em relação à edificação isolada, cabe explicitar quais dimensões ou aspectos da cidade se pretende considerar nesse tipo de modelagem. Se, por um lado, a ideia ou conceito de BIM já é por si só bastante amplo e complexo, por outro, a ideia ou o conceito de CIM envolve uma complexidade e problemas muito maiores.

Enfim, a presente discussão aborda a profusão de conceitos já cunhados e em uso, mostrando que eles estão intimamente relacionados e apresentam algum tipo de sobreposição. Esses conceitos são por vezes confundidos, a exemplo de *SmartCity*; *3D Geographic Information Systems* (3D GIS), *City Geography Markup Language* (CityGML) e os clássicos conceitos de planejamento, gestão e monitoramento urbanos, só para ficar entre os mais difundidos.

Entende-se que para o estabelecimento e a consolidação de um “paradigma CIM”, independentemente das questões de ordem tecnológicas, existem algumas questões conceituais que precisam ser discutidas e aprofundadas pela comunidade envolvida na busca de uma definição consensual.

Assim, pretende-se fomentar a discussão sobre esses e outros conceitos relacionados contribuindo para sua difusão. Isto se desdobra no desenvolvimento de aplicações e na adoção de novas ferramentas nas práticas relativas ao planejamento, à projeção, à construção, à gestão (operação e manutenção) e ao monitoramento das cidades, como deve ser o escopo do CIM.

ESTABELECENDO UM CONTEXTO PARA A DISCUSSÃO

Buscando contribuir para uma maior e melhor explicitação do contexto, são aqui apresentados e discutidos alguns conceitos que constituem o

³ “The City Induction research project has been focusing on the development of such a system, based on an urban design method that integrates the stages of formulation, generation and evaluation of urban designs supported by a CAD/GIS software platform.”

⁴ “CIM is a BIM analogy in urbanism. It is a system of urban elements represented by symbols in 2D space and the 3D spaces within. It is also conceived as 3D expansion of GIS (3DIS or 3D information system) enriched with multilevel and multiscale views, designer toolbox and inventory of 3D elements with their relationship.”

background do *City Information Modeling*, que vão desde o conceito de *SmartCity*, passando pelas funções da administração urbana e, finalmente, chegando às tecnologias e ferramentas que dão suporte aos diversos sistemas de automação e viabilizam as aplicações.

SmartCity

O conceito de *SmartCity*, *SmarterCity* ou “cidade inteligente” é sutil e controverso. Vários outros termos têm sido empregados para expressar conceitos mais ou menos semelhantes, como *cyberville*, *digital city*, *eletroniccommunities*, *flexicity*, *information city*, *intelligent city*, *knowledge-based city*, *MESH city*, *telecity*, *teletopia*, *ubiquitous city*, *wirecity* dentre outros (WIKIPEDIA, 2014).

Embora esses conceitos possam diferir um pouco segundo os vários autores, a principal ideia por trás deles consiste no uso intensivo e extensivo das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), empregando todo o potencial destas visando aperfeiçoar o desempenho dos serviços urbanos, de modo a suportar o desenvolvimento econômico, social e cultural; contribuir para o estabelecimento das chamadas “indústrias criativas”; propiciar bem estar para todos os usuários da cidade e ainda assegurar a participação eficaz dos cidadãos em todas as questões que lhe dizem respeito⁵.

Por meio do uso disseminado das tecnologias de informação e comunicação, espera-se que uma “cidade inteligente” responda mais rapidamente aos desafios globais e às suas próprias demandas, sendo capaz de aprender, inovar e se adaptar de forma eficaz às mudanças de contexto.

O crescente interesse por este tipo de abordagem tem sido motivado pelos grandes desafios do final do século passado, como a globalização acelerada, o crescimento e a reestruturação econômica mundial, o envelhecimento da população nos países mais desenvolvidos, o crescimento da indústria do entretenimento e do varejo *on-line*, as pressões sobre as finanças públicas, as mudanças climáticas, dentre outros fatores.

Selada e Silva (2013) apontam um estudo da União Europeia realizado pela *Technische Universität Wien*, pela *University of Ljubljana* e pela *Delft University of Technology*, que considera a existência de seis “indicadores de inteligência” para uma *SmartCity*, a saber: economia, governança, mobilidade, pessoas, ambiente e modo de vida.

De forma sintética, estes indicadores representam a competitividade econômica das cidades considerando aspectos relacionados à inovação e ao empreendedorismo. A governança diz respeito a questões relativas à cidadania, como a participação e a qualidade dos serviços e da administração pública nos seus vários níveis. A mobilidade está relacionada aos sistemas de transportes internos e externos, e à disponibilidade e qualidade das redes de informação e comunicação. O indicador “pessoas” considera o grau de qualificação dos recursos humanos, a abertura e o nível das interações sociais. O ambiente é definido pela atratividade das condições naturais, proteção ambiental e gestão dos recursos. Finalmente, o indicador modo de vida integra diversas questões ligadas à qualidade de vida, como habitação, saúde, segurança, cultura e turismo.

Concluindo, na visão de Lee e Hancock (2012) existem 143 projetos de *SmartCities* distribuídos pelo mundo, sendo 47 na Europa, 40 na Ásia, 35 na América do Norte, 11 na América do Sul e 10 na África e no Médio Oriente. Esses autores afirmam ainda que, enquanto na Europa e na América do Norte tem prevalecido projetos de renovação urbana (como o *Amsterdam SmartCity* na Holanda e o *SmartSantander* na Espanha), na Ásia e no Oriente Médio as iniciativas apontam para o planejamento e a construção

⁵ Outros conceitos relacionados são: *e-government*, *e-participation*, *e-education* e outros. Entretanto, o aprofundamento destes temas foge ao escopo deste trabalho.

de cidades inteiras a partir do zero, como Masdar nos Emirados Árabes Unidos e Songdo na Coreia do Sul.

O planejamento, a gestão e o monitoramento urbano

Diferentemente de uma edificação, uma cidade raramente é planejada, projetada, construída, ocupada e usada num curto prazo. Brasília e outras poucas cidades são raros exemplos disto. As cidades estão em contínua transformação, aumentando a sua complexidade e com demandas sempre crescentes, seja pelo novo, seja pela melhoria daquilo já existente.

Crescendo e adensando a população, expandindo o perímetro urbano, ocupando novas áreas e verticalizando as já construídas, transformando o uso e a ocupação do solo, e ampliando sua impermeabilização, ou ainda por meio do aperfeiçoamento ou da implantação novos sistemas de infraestrutura, as cidades vão crescendo, transformando-se e reinventando-se num ciclo de vida dinâmico e complexo. Este ciclo não é igual para toda a cidade ou mesmo para as suas partes ou subsistemas. Assim, com essa dinâmica, as cidades raramente morrem, elas são sempre renovadas⁶.

Nesse sentido, os tradicionais recursos de enfrentamento das questões urbanas pelas administrações públicas compreendem o planejamento, a gestão e o monitoramento urbanos. Enquanto o planejamento foca na elaboração de estudos, planos, projetos, legislação etc., fica no âmbito da gestão executar o planejamento e as demais ações, ou seja, a construção da infraestrutura e das edificações com a implantação, operação e manutenção de todos os sistemas e serviços públicos. Finalmente, cabe ao monitoramento as funções de controle, de fiscalização e de verificação da qualidade dos serviços públicos ofertados à população e o impacto disto sobre o meio ambiente, de modo a realimentar os processos de planejamento e gestão num contínuo aperfeiçoamento.

Até então, os recursos de planejamento, gestão e monitoramento sempre deram conta, com maior ou menor eficácia, das necessidades urbanas e das transformações delas decorrentes. Entretanto, o contexto que agora se apresenta é o das megacidades, da superpopulação e da sustentabilidade frente à escassez de solo, água e energia, dentre outros recursos naturais, aliado à demanda crescente por novos serviços, a expansão dos padrões de consumo, a incorporação de parcelas das populações que antes não eram atendidas ou estavam marginalizadas, o combate à poluição, as mudanças climáticas e a proteção ao meio ambiente. Somam-se a isso os crescentes custos econômicos e financeiros para o provimento de todas as ações e os serviços necessários para fazer frente a esses desafios. Para atender a todas estas questões, novas ferramentas e estratégias têm sido propostas e desenvolvidas.

3D Geographic Information Systems (3D GIS)

Geographic Information Systems (GIS) ou Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem ser entendidos como bancos de dados espaciais, constituído por um mapa base contendo as feições de interesse da aplicação e seus atributos.

Mais recentemente tem sido comum a representação da superfície da terra por Modelos Digitais de Terreno (MDT) que cumprem o papel dos mapas e objetos geográficos (vias, edificações, acidentes naturais) ou feições a serem representados por objetos 3D digitais. Os sistemas de informações geográficas dotados dessas características têm sido chamados de 3D_GIS,

⁶ Não há dúvidas de que existem casos de cidades decadentes por razões econômicas e consequente perda de população, ou ainda aquelas destruídas e abandonadas por conta de catástrofes naturais, acidentes, ou intervenções humanas. Entretanto, estas situações não constituem a regra geral.

para diferenciá-los dos sistemas baseados em representações 2D, ou seja, os mapas digitais tradicionais.

O mapa base, as feições e seus atributos semânticos, juntos de todas as outras informações associadas a eles, constituem a base de dados do SIG. A partir dos dados armazenados é possível elaborar consultas, análises e a visualização de informações, além de realizar simulações diversas e a formulação de cenários alternativos. Como resultado das operações efetuadas sobre a base de dados é possível gerar produtos como mapas, relatórios, tabelas e gráficos que documentam os estudos, as análises, as projeções, as propostas e os cenários (BURROUGH; McDONNELL, 1998; GOODCHILD, 2006).

No contexto urbano, esta tecnologia tem sido usada principalmente no desenvolvimento de aplicações voltadas às questões de planejamento, de gestão e de monitoramento, como a operação dos vários sistemas e serviços, a mitigação de desastres e, de forma ainda incipiente, em aplicações no âmbito do patrimônio histórico e cultural. O desenvolvimento dos 3D_GIS para a representação de cidades e suas aplicações tem sido chamado de *Urban Information Modeling*.

Os SIG são especificados, projetados e implantados para representar um ou mais sistemas do mundo real. Os SIG podem ser desenvolvidos para suportar ações de planejamento, gestão (operação e manutenção) e monitoramento de todos os sistemas urbanos, a exemplo de segurança e políticas públicas, e sistemas de infraestrutura, como telecomunicações, transportes públicos e saneamento, ou sistemas sociais como educação e saúde, dentre outros.

Os SIG voltados para a operação e a manutenção de redes e dos sistemas de infraestrutura são denominados de *Computer Aided Facilities Management* (CAFM). Um recurso poderoso, à disposição destes sistemas e que os potencializa ainda mais, é a possibilidade de receber informações *on-line* por meio de sistemas de telemetria, permitindo a alimentação dinâmica da base de dados e o acompanhamento contínuo do desempenho do sistema do mundo real representado na aplicação.

Enquanto Burrough (1998) considera os SIG como um poderoso conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados, autores como Cowen (1988) estabelecem que os SIG podem ser melhor definidos como sistemas de apoio à decisão, envolvendo a integração de dados georreferenciados em larga escala para os mais diversos tipos de aplicações.

De qualquer forma, embora os SIG apresentem valiosos recursos para o planejamento, gestão e monitoramento das cidades, eles estão muito longe de serem ferramentas de projeto, no contexto da Arquitetura, da Engenharia ou do Urbanismo.

City Geography Markup Language

O *City Geography Markup Language* ou CityGML, como é mais conhecido, constitui um padrão internacional e neutro para um modelo de dados e formato para intercâmbio de dados e informações geoespaciais que foi desenvolvido na Europa e está sendo usado em escala mundial para a representação tridimensional digital de cidades.

O modelo de dados proposto é capaz de representar todas as partes relevantes da cidade, com sua aparência, geometria, topologia e semântica, em formato numérico. O padrão foi estabelecido em 2008 pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) com o lançamento da versão CityGML 1.0. A versão mais recente, a 2.0, foi aprovada em 2012 incorporando significativas melhorias e constituindo um padrão de codificação aberto, não proprietário e abrangente para a representação das cidades.

O padrão contempla a representação de todos os objetos da cidade (*CityObjects*) desde o terreno (MDT), as edificações, as redes de transportes,

os corpos d'água, o mobiliário urbano, as linhas de transmissão, a vegetação e outros elementos. Suas principais características são a representação visual baseada em cinco níveis de detalhes (*Level of Detail* – LOD) que variam do mais geral e esquemático (LOD 0) para o mais específico e detalhado (LOD 4); a definição de uma única estrutura geométrica e topológica para os objetos; o uso de mapeamento de texturas e o acesso livre e isento de custos (GRÖGER et al., 2012).

O CityGML é portanto um padrão para a representação tridimensional digital dos elementos físicos da cidade e suas relações, que visa a interoperabilidade dos sistemas e aplicações de natureza urbana. Assim, pode-se estabelecer que o CityGML é um padrão para a implementação dos 3D_GIS. Sendo considerado o núcleo do modelo de informações para os modelos tridimensionais numéricos de cidades (*Computer City Models*). São exemplos desse tipo de aplicação os modelos de Berlim, Colônia, Dresden, Munique e do Campus Norte do *Karlsruhe Institute of Technology*, dentre outros (GRÖGER et al., 2012).

Por fim, cabe observar que embora o padrão CityGML tenha sido pensado e desenvolvido inicialmente para a cidade, ou seja o urbano, os objetos representados possuem significância e abrangência regional, como os sistemas de transportes, as linhas de transmissão de energia, as adutoras, os rios, os canais, as bacias hidrográficas etc. Isto possibilita a extensão das aplicações para o município como um todo e mesmo para territórios mais vastos.

CIM NA VISÃO DOS PROVEDORES DE TECNOLOGIA

Como é possível observar, mesmo no plano teórico, a conceituação de *City Information Modeling* não é pacífica e uma definição consensual está longe de ser estabelecida. Além disso, no que se refere aos aspectos tecnológicos implementados em pacotes de ferramentas necessárias ao desenvolvimento das aplicações práticas, o quadro ainda é de indefinição ou de perplexidade.

No sentido de entender melhor o novo conceito e sua perspectiva de aplicação prática, procurou-se identificar a visão das *softhouses* sobre o tema, por meio de consultas aos *websites* e a documentos oficiais de três importantes representantes da indústria de *software* para AECO: Autodesk, Bentley e Esri.

Autodesk

Curiosamente, na busca realizada no *website* da Autodesk, fabricante da ferramenta CAD-BIM mais difundida, verificou-se que não existe um único *white paper* dedicado ao *City Information Modeling* (CIM), nem mesmo uma discussão ou menção explícita ao conceito.

Entretanto no *white paper* “*BIM for Infrastructure: a vehicle for business transformation*” (AUTODESK, 2012) a empresa expõe a sua visão e estratégia para a área de infraestrutura, o acrônimo CIM aparece com outro significado, ainda assim guardando alguma relação.

O documento de certa forma justifica a não adoção do termo *City Information Modeling*, mostrando que a Autodesk prefere apostar no conceito “*BIM for infrastructure*”, quando explicita que:

Diferentes títulos e acrônimos foram testados para descrever uma abordagem baseada em modelos para projeto em engenharia civil, engenharia virtual e construção (VDC) e gerenciamento de informações civis (CIM), para citar dois. No entanto, fica claro que apesar da inicial resistência para o termo aplicado à engenharia

civil e disciplinas relacionadas, o BIM para infraestrutura está se tornando corrente (AUTODESK, 2012, p. 18, tradução nossa)⁷.

As ferramentas que poderiam ser associadas a aplicações relativas aos temas urbanos e cidades são rotuladas como “*Infrastructure Design Suite*” ou “*Civil Infrastructure*”, que compreendem vários pacotes de ferramentas para projetos diversos na área da engenharia civil, mas longe ainda de esgotarem todas as necessidades da “projeção urbana”.

Embora muitas dessas ferramentas utilizem recursos de modelagem paramétrica e outros conceitos do momento, o seu principal formato de arquivo de dados é o DWG. No que pese este tenha sido e continue sendo um importante e eficiente formato de arquivo para o armazenamento de informações gráficas, é um formato pobre em semântica, bem distante daquilo que se entende como necessidade do BIM ou do conceito de interoperabilidade.

Na busca realizada não foram encontradas referências a uma futura incorporação do padrão IFC (*Industry Foundation Classes*) para o conjunto de ferramentas citadas ou mesmo a outro formato de arquivo proprietário, a exemplo do RVT, que venha a ser mais adequado para a aplicação integrada e seja dotada de riqueza semântica, como se entende ser o CIM.

Em outras palavras, a filosofia e as tecnologias contidas nessas ferramentas estão muito mais próximas do conceito de “*CAD stand alone*” (ou seja, da projeção por meio de disciplinas individualizadas) do que de uma abordagem integrada e colaborativa, dotada de recursos interoperáveis e com o foco no ciclo de vida do empreendimento, como é o caso do paradigma BIM.

Bentley

Num *case study showcase* divulgado pela Bentley (2011) denominado “*City Information Modeling for Sustaining Cities – Lessons Learned from Advanced Users*” são apresentadas três aplicações que envolvem a modelagem urbana desenvolvida com auxílio de produtos da empresa.

Os projetos citados compreendem o *3D City Model* de Helsinki, iniciado em 1987, o *3D City Model* de Montreal e o projeto Crossrail em Londres, iniciado em 2001, e que detalha a implantação de uma linha metroviária de 118 km de extensão, cortando a cidade. É importante destacar que, segundo a publicação, os modelos produzidos nessas aplicações são detalhados, precisos e destinados não apenas à visualização, mas, sobretudo, são importantes recursos usados no planejamento, na projeção e na gestão urbanas.

Na visão da própria Bentley:

Cada uma das equipes de projeto compartilha um objetivo comum: gerenciar complexos projetos de infraestrutura no ambiente urbano da maneira mais eficiente. As visões por trás das estratégias desenvolvidas por estes diferentes organizações se baseiam no mesmo princípio: uso de um modelo 3D inteligente para apoiar a colaboração em todo o ciclo de vida de ativos de infraestrutura, incluindo o planejamento, projeto, engenharia (sic), construção e o gerenciamento na fase de operação (BENTLEY, 2011, tradução nossa).⁸

Das informações coletadas depreende-se que as ferramentas usadas nessas aplicações foram os tradicionais recursos de projeto da Bentley,

⁷ “Different titles and acronyms have been tested to describe a model-based approach to design for civil engineering – virtual design and construction (VDC) and civil information management (CIM), to name two. However, it is clear that despite early resistance to the term as applied to civil engineering and related disciplines, BIM for Infrastructure is entering the mainstream.”

⁸ “The project teams for each share a common objective: to manage complex infrastructure projects in an urban environment in the most efficient way. The visions behind the strategies developed by these different organizations are based on the same principle: use an intelligent 3D model to support collaboration across the lifecycle of infrastructure assets, including their planning, design, engineering, construction, and management on into the operations phase.”

integrados e associados a massas de informações semânticas armazenadas em bancos de dados (Oracle) de grande capacidade que suportam os objetos 3D e o formato de arquivo gráfico 3D DGN.

Ainda segundo Bentley (2011), nas lições aprendidas é destacado que a implementação de um *3D City Model* para atender às necessidades de infraestrutura colocou essas cidades à frente de muitas outras de mesma categoria, constituindo num processo estratégico que oferece um bom retorno sobre o investimento e que os benefícios mais valiosos são atingidos quando se vai além da visualização tridimensional e contempla um modelo semanticamente rico.

Observa ainda (BENTLEY, 2011) que frequentemente os dados 3D provenientes de CAD ou GIS são contrapostos aos dados 2D usados até recentemente. As aplicações demonstraram que não importa a discussão sobre o uso de dados 2D ou 3D, e sim como fazer a integração mais eficiente possível entre eles. Entretanto, o projeto londrino demonstra claramente como tirar partido das representações 2D extraídas dos modelos 3D. Finalmente, a análise conclui que a modelagem das feições existentes acima e abaixo do solo é essencial para um *3D City Model* completo, mesmo porque uma significativa parte da infraestrutura da cidade é subterrânea.

Da leitura da publicação (BENTLEY, 2011) depreende-se que até aquele momento a empresa ainda não tornara pública uma estratégia para o desenvolvimento de uma plataforma CIM, com as características semelhantes ao BIM, mas sim enfrentava o desenvolvimento de aplicações complexas, colaborativas e integradas com os seus recursos (CAD/GIS/CAFM) disponíveis e que a sua visão de CIM se refere à projeção, à construção e à operação da infraestrutura física urbana.

Assim, o esforço da empresa está em assegurar a integração do grande número de ferramentas já disponíveis para as áreas de arquitetura, engenharia, construção e operação de todos os tipos de infraestrutura, incluindo sistemas de serviços públicos, estradas e ferrovias, pontes, edifícios, redes de comunicação, redes de água e de esgotos, dentre outros. Segundo Thein⁹ (2011), na condição de membro fundador da *International Alliance for Interoperability* (IAI), a Bentley fornece significativos recursos para a definição do formato de dados IFC e trabalha no desenvolvimento de uma interface IFC para as suas aplicações.

Esri

A visão da Esri expressa num *white paper* de 2014 (ESRI, 2014) reflete que os *3D urban maps* (mapas urbanos 3D) e os modelos de edificações a eles associados estão permitindo a convergência de várias disciplinas estabelecidas, incluindo os desenhos de engenharia feitos no computador (CAD) (sic), o gerenciamento das informações de edificações (BIM) (sic) e sistemas de informações geográficas (GIS).

Um dos primeiros usos comuns de mapeamento urbano 3D é a simulação para modelagem de inundações, que tem crescido em importância desde o furacão Katrina, em 2005. Quando os modelos de edificações são combinados com dados de terreno precisos (DTM) as simulações podem ser criadas para identificar com precisão as áreas de risco com base em uma variedade de cenários hipotéticos (ESRI, 2014)¹⁰.

Desse modo, um único “mapa urbano 3D” pode conter as informações detalhadas das edificações, representações das características físicas e

⁹ Volker Thein, *IFC Product Manager*.

¹⁰ “One of the common early uses of 3D urban mapping is simulation for flood modeling, which has grown in importance since Hurricane Katrina in 2005. When building models are combined with accurate terrain data (DTM), simulations can be created that accurately identify areas of risk based on a variety of what-if scenarios.”

funcionais das instalações, tudo vinculado a uma localização geográfica tridimensional.

Os mapas urbanos tridimensionais assim compostos, se totalmente modelado com seus atributos, proporcionam um alto grau de compreensão de todo o ambiente urbano e amplia a capacidade de planejar e gerenciar os eventos, possibilitando maior segurança na tomada de decisões. Entretanto, mesmo que parcialmente completos, os mapas tridimensionais dotados de atributos-chave permitem avanços significativos em relação às tradicionais aplicações desenvolvidas em 2D.

No *white paper* (ESRI, 2014) são citados usos potenciais dos *3D urban maps* e são apresentados dois estudos de casos de aplicações no estado do Hawaii e na cidade de Portland nos Estados Unidos.

São exemplos que contemplam a espacialização de leis urbanas, especialmente no que se refere ao zoneamento, seja para a análise da conformidade das edificações, seja para a visualização de cenários futuros em caso de alterações introduzidas nas leis, a realização de estudos solares, como a análise do sombreamento provocado pelas edificações ou ainda, a elaboração de mapas das superfícies com potencial de captação da energia solar para instalação de dispositivos fotovoltaicos. E finalmente, o cálculo do potencial de captação de água de chuva por meio do telhado das edificações a partir da intensidade pluviométrica.

Como esperado, a Esri, tradicional *softhouse* na área de geotecnologias, foca a sua visão de *City Information Modeling* numa abordagem de espacialização e análise de informações geográficas, típicas dos GIS, passando ao largo das aplicações voltadas para projetos ou de aspectos da construção dos sistemas de infraestrutura e das edificações.

Entretanto, surpreende quando não faz maiores considerações sobre uma aproximação com o BIM, com a integração com o padrão IFC, ou deixa de abordar a interoperabilidade entre diferentes plataformas ou aplicações. Limita-se a expressar a compatibilidade dos seus formatos de dados com o padrão internacional CityGML e citar o desenvolvimento de um padrão proprietário, o 3D-CIM¹¹ para uso em *3D urban mapping*.

CAMINHANDO EM DIREÇÃO A UMA CONCEITUAÇÃO

Considerando-se uma visão sistêmica da cidade, os vários tipos de edificações e os sistemas físicos de infraestrutura urbana são elementos essenciais e estão presentes em qualquer definição de cidade, sendo estes uma condição necessária ao estabelecimento de qualquer assentamento humano.

Nesse sentido, uma visão de CIM tem que contemplar necessariamente uma visão de BIM. Em outras palavras, o conceito de BIM está contido no conceito de CIM, da mesma forma que o conceito de CAD está contido no conceito de BIM. É importante destacar que o fato de estar contido não significa estar superado, ultrapassado ou ainda ser substituído, ser substituível ou mesmo ser de importância menor. A condição “está contido” significa apenas a submissão hierárquica de um sistema em relação ao outro, a partir de uma visão sistêmica, estratégica e integrada.

Assim, mantida a analogia com o BIM enfatizada por diversos autores, um dos principais aspectos a serem definidos é a questão do ciclo de vida no contexto CIM. Como este deve e pode ser caracterizado tanto para a cidade quanto para cada um dos seus complexos subsistemas, mesmo que sejam dotados de características e regulações próprias e administrados por diferentes autoridades.

Um segundo aspecto essencial é a questão do modelo CIM, ou seja, a base de dados que viabiliza as aplicações que atuam sobre o sistema. As informações devem estar centralizadas num modelo único e serão

¹¹ Estranhamente, a Esri (2014) adota a terminologia *City Information Model* (3D-CIM) para o seu formato de dados proprietário. Isso de forma alguma contribui para um melhor esclarecimento do conceito ou de uma visão de integração de tecnologias a aplicações.

acessadas e transacionadas entre os vários subsistemas do CIM, e seus administradores. Entretanto, aqui reside um dos maiores problemas a serem enfrentados, que é a integração dos vários subsistemas e a garantia da interoperabilidade entre eles.

Tradicionalmente, as abordagens sobre a cidade têm sido tratadas em plataformas GIS numa visão temática cobrindo todo o espaço urbano, em aplicações como planejamento urbano, sistemas de abastecimento de água, distribuição de energia elétrica, entre outros, e num recorte também temático, mas com intervenções mais pontuais, por meio de plataformas CAD em aplicações como o projeto de um trecho do sistema viário ou a expansão de uma rede coletora de esgotos ou de toda a infraestrutura de um novo “bairro”.

Verifica-se que tanto as plataformas CAD quanto as plataformas GIS apresentam problemas de interoperabilidade no seu próprio escopo (GIS – GIS) ou (CAD-CAD) entre os produtos dos diversos fabricantes e mesmo entre os produtos de um mesmo fornecedor. Ou seja, dificilmente as conversões de dados atualmente feitas entre as diferentes plataformas e aplicações acontecem sem a perda de informações e retrabalho. E isto implica em problemas operacionais, tecnológicos e, sobretudo, na necessidade de tempo e custos adicionais.

A implementação de uma plataforma CIM significa que as ferramentas deverão ter características CAD e GIS (GIL et al., 2010) e vai necessitar da definição de um formato de dados que possibilite a integração e a desejada interoperabilidade, como foi pensado o IFC para o BIM.

Diante disto, será o padrão IFC (*Industry Foundation Classes*) capaz de suportar ou se adaptar para atender às necessidades do CIM? Ou será necessária a criação de mais um padrão para fazer parte do complexo quadro já existente?

Por outro lado, o padrão CityGML (*City Geography Markup Language*) embora bem definido e documentado, e ainda com uma excelente perspectiva de adoção em escala internacional, inclusive com importantes aplicações implementadas, é semanticamente mais pobre do que o formato IFC, sendo portanto incapaz de suprir as demandas de um CIM.

Assim, de forma análoga ao BIM, a etapa de uso (operação e manutenção) do sistema deverá ter um papel preponderante, demandando especial cuidado na modelagem do CIM, dada a multiplicidade de aspectos envolvidos, de forma que as aplicações de uma *SmartCity* possam atuar sobre o CIM (trocar informações).

A aplicação *SmartCity* (sistemas) seria mais voltada para os usuários finais de todos os sistemas urbanos, basicamente constituída pelos cidadãos e administradores, enquanto que a aplicação CIM (sistemas) seria mais votada para aqueles que lidam com a produção e a operação dos sistemas físicos, como planejadores, projetistas, construtores, operadores e administradores.

A seguir, a Figura 1 busca aproximar essa ideia de integração entre os conceitos de CIM e de *SmartCity* na configuração de uma cidade virtual, que seria a reunião de duas grandes aplicações ou de dois grandes sistemas urbanos digitais e as suas respectivas bases de dados.

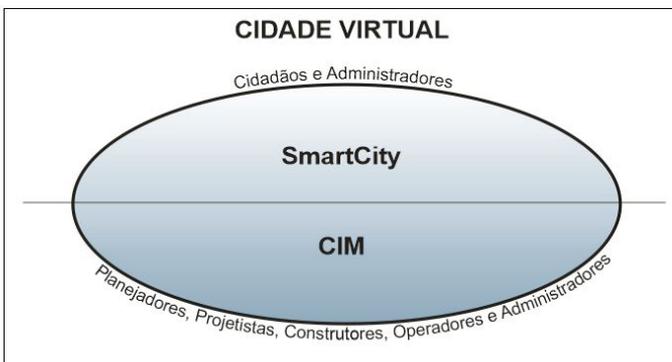


Figura 1. Cidade Virtual: integração CIM / SmartCity. Fonte: Elaborada pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho aborda o paradigma *City Information Modeling* por meio de uma analogia com o *Building Information Modeling*, da conceituação de outros autores e da análise de outros conceitos correlatos, considerando a visão dos provedores de tecnologia e as ferramentas disponíveis para a implementação de uma plataforma de *software* dotada das características necessárias.

Não tem a pretensão de esgotar o tema, seja pela vastidão das questões envolvidas, seja também pelo reduzido espaço para a discussão das mesmas, mas principalmente porque essas questões ainda estão “em aberto”, sendo objeto de discussões e controvérsias. Visa, portanto, contribuir para uma discussão mais ampla e integrada, e ressaltar a necessidade do encaminhamento das questões envolvidas.

A implantação de um *City Information Modeling* pode ser um dos caminhos para um cidade alcançar o status de *CitySmart*, uma vez que o CIM, em última instância, busca a eficácia global de todos os sistemas de infraestrutura urbana, e conseqüentemente, dos serviços e atividades dependentes desses sistemas de infraestrutura. Já uma *SmartCity* se caracteriza pelo uso de sistemas e tecnologias de informação e comunicação (TIC), além daqueles contidos no CIM, para atingir a eficiência e a eficácia de todos os sistemas urbanos em benefício da qualidade de vida dos seus cidadãos.

A implantação de um CIM não é suficiente para se chegar à *SmartCity*. São dois empreendimentos de grande envergadura, tanto pelos custos e riscos tecnológicos envolvidos, quanto pelas dificuldades operacionais, administrativas e legais. Entretanto, eles são dotados de uma relativa interdependência, de uma grande afinidade e capazes de produzir sinergia. A decisão de uma implementação integrada entre *City Information Modeling* (CIM) e *SmartCity* reduz os riscos inerentes aos processos, minimiza os custos e maximiza os resultados. De toda sorte, existe um árduo caminho a ser trilhado até a cidade virtual.

Por fim, o que garante de fato o status de uma *SmartCity* ou de uma Cidade Virtual não é a simples existência, ou mesmo o bom desempenho dos sistemas informatizados de produção e de controle dos vários sistemas urbanos, mas sim o bom desempenho desses “sistemas físicos”, comprovados pela satisfação dos seus usuários.

AGRADECIMENTOS

O autor formaliza o seu agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa a ele concedida, bem como por financiamento concedido ao grupo de pesquisa LCAD por meio do Edital Universal.

REFERÊNCIAS

- AUTODESK. BIM for Infrastructure: a vehicle for business transformation. **Autodesk White Paper**, 2012.
- BENTLEY. City Information Modeling for Sustaining Cities: lessons learned from advanced users. **Bentley: Case Study Showcase**, 2011.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? **Photogrammetric Engineering And Remote Sensing**, v. 54, n. 11, p. 1551-1555, 1988.
- ESRI. 3D Urban Mapping: from pretty pictures to 3D GIS. **Esri White Paper**, dez. 2014.
- GIL, J.; ALMEIDA, J.; DUARTE, J. The backbone of a City Information Model (CIM): Implementing a spatial data model for urban design. In: EDUCATION AND RESEARCH

IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 29., 2011, Ljubljana. **Proceedings...** Ljubljana, University of Ljubljana / Faculty of Architecture, 2011.

GIL, J.; BEIRÃO, J.; MONTENEGRO, N.; DUARTE, J. Assessing Computational Tools for Urban Design: towards a city information model. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 28., 2010, Prague. **Proceedings...** Prague, Czech Technical University in Prague / Faculty of Architecture, 2010.

GOODCHILD, M. F. Geographical information science: fifteen years later. In: **International Journal of Geographical Information Science and Systems**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 199-204. Disponível em: <<http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/424.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

GRÖGER, G.; KOLBE, T. H.; NAGEL, C.; HÄFELE, K. H. (Eds.). **OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard**. [S. l.]: Open Geospatial Consortium, 2012.

HISHAM, A. The new trend of CIM. In: **Ahmad's Findings**. Disponível em: <<http://ahmadfindings.blogspot.de/2010/05/new-trend-of-cim.html>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

LEE, J.; HANCOCK, M. **Toward a framework for Smart Cities**: a comparison of Seoul, San Francisco & Amsterdam. Stanford Program on Regions of Innovation and Entrepreneurship, 2012.

SELADA, C.; SILVA, C. As cidades inteligentes na agenda europeia: oportunidades para Portugal. In: CONFERÊNCIA DE PLANEAMENTO REGIONAL E URBANO (PRU), 2., ENPLAN, 8., e WORKSHOP APDR, 18., 2013, Aveiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.inteli.pt/uploads/documentos/documento_1373454640_1255.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2015.

STOJANOVSKI, T. City Information Modeling (CIM) and Urbanism: blocks, connections, territories, people and situations. In: Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design, 2013, San Diego. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2500016>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

THEIN, V. Industry Foundation Classes (IFC) – BIM interoperability through a vendor-independent file format. **Bentley White Paper**, set. 2011.

WIKIPEDIA. **Smart City**. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_city>. Acesso em: 20 nov. 2014.

O USO DO CIM (*CITY INFORMATION MODELING*) PARA GERAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO EM CONJUNTOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO

CIM (City Information Modeling) use for the generation of site layouts for social housing complexes: a teaching experience

José Nuno Beirão¹, Leticia Teixeira Mendes², Gabriela Celani³

RESUMO A questão da habitação e os paradigmas que envolvem o habitar humano na contemporaneidade têm sido uma temática recorrente no panorama arquitetônico do século XXI; assim, torna-se necessário entendê-los como elementos fundamentais na estruturação das cidades. Essa problemática se intensifica ao analisarmos o tema da habitação de interesse social (HIS) e seu impacto na qualidade de vida dos habitantes e, como consequência, das cidades brasileiras. O presente trabalho é parte dos resultados de uma pesquisa de doutorado que utilizou o formalismo da gramática da forma e a abordagem da modelagem paramétrica como métodos para a geração de espaços públicos em conjuntos de HIS no Brasil, assumindo que essa metodologia possa contribuir para uma exploração mais ampla e aprofundada de diferentes soluções projetuais. A fim de testar o método proposto foram organizados três workshops com alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas. Cada workshop foi direcionado para diferentes escalas do projeto de um conjunto habitacional: (1) desenho urbano, (2) implantação urbana do conjunto habitacional e (3) relação entre os edifícios e os espaços externos. Este artigo apresentará os resultados obtidos no workshop (1), denominado Parametric Urban Design.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem paramétrica, City Information Modeling, Habitação de interesse social.

ABSTRACT The issue of housing and the paradigms related to human dwelling in the contemporary world have been a recurrent topic in the 21st century architectural scenario; therefore, it is necessary to understand them as fundamental elements in the structuring of cities. This issue is even more relevant when we consider low-income housing and its impact on the life quality of people and, therefore, of Brazilian cities. This paper presents part of the results of a PhD research that used the Shape Grammar formalism and the parametric modeling approach as methods for the generation of public spaces in low-income housing developments in Brazil. The research assumed that these methods could contribute to the generation of a broader number of design alternative solutions. Aiming to test the proposed method, three workshops were offered to the University of Campinas Architecture and Urban Design students. Each workshop focused on a different design scale: (1) urban design, (2) site planning of the complex and (3) spatial relations between buildings and open spaces. In this paper the results of the first workshop, titled Parametric Urban Design, are described.

KEYWORDS: Parametric design, City Information Modeling, Low-income housing.

¹ Universidade de Lisboa, UL

² Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

³ Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

How to cite this article:

BEIRÃO, J. N.; MENDES, L. T.; CELANI, G. O uso do CIM (*City Information Modeling*) para geração de implantação em conjuntos de habitação de interesse social: uma experiência de ensino. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 101-112, jul./dez. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102564>

Fonte de financiamento:

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos nº 2012/10498-3, 2011/50139-0 e 2013/09362-2)

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 20 ago. 2015

Aceito em: 31 ago. 2015



INTRODUÇÃO

O problema habitacional e as questões que tangem o habitar humano na atualidade têm sido frequentemente abordados no panorama do século XXI, tornando fundamental seu entendimento como elemento que estrutura o ambiente citadino. A partir de uma análise da produção de habitação de interesse social (HIS), percebe-se uma intensificação dessa problemática no contexto brasileiro e seu impacto na qualidade de vida dos habitantes, e como consequência, das cidades do país. A questão da repetição e padronização na arquitetura – incluindo a habitação – tem sido discutida desde a Modernidade, após o advento da produção industrial ter influenciado a construção civil, implicando em racionalidade e aumento da produção, a partir da padronização de projetos e elementos. O resultado dessas transformações levou ao desenvolvimento de uma arquitetura de massas, rompendo com as tradições construtivas locais e estabelecendo normas universais para acomodações mínimas, monotonia e falta de qualidade dos espaços urbanos.

Mitchell (2008) define dois paradigmas de projeto: o primeiro ilustra a produção arquitetônica do século XX – caracterizado como um período em que os arquitetos e projetistas se preocupavam com a padronização, generalização e repetição, com o intuito de reduzir custos e aumentar a produtividade; e o segundo propõe um novo paradigma para o século XXI – como cenário de uma mudança fundamental no processo de projeto e produção arquitetônica, com ênfase renovada em questões relacionadas ao local, ao indivíduo e à variação promovida em resposta a essa interação. Segundo o autor, essa transformação ocorrerá por meio da utilização das tecnologias da informação aplicadas ao projeto e na construção de edifícios, permitindo dessa forma, uma nova abordagem em relação ao habitat humano e sua concepção.

Dentro desse paradigma, a produção de HIS no Brasil revela um vínculo à lógica modernista da padronização das tipologias, definida para o homem “médio” corbusiano, determinando assim, a forma de projetar e construir moradias ao longo do século XX até os dias atuais. Os arquitetos e projetistas da era industrial defrontavam-se com o problema de responder às exigências das massas, compostas por usuários diferentes, com necessidades distintas. No entanto, a estratégia modernista para essa questão foi utilizar um modelo “ideal” ou “médio” de usuário como base para projetar tanto eletrodomésticos quanto habitações. Assim, uma das vantagens proclamadas pela padronização e repetição indefinida referia-se à economia de tempo e trabalho intelectual, uma vez que projetar todas as possibilidades individualmente, em resposta às diferenças reais dos usuários, demandava tempo e maior orçamento para desenvolvimento e execução dos projetos (MITCHELL, 2008).

Steele (2001) aponta três grandes revoluções tecnológicas que marcaram e modificaram o curso da história humana: a agrária, a industrial e a informática. O impacto das duas primeiras revoluções no campo da arquitetura foi amplamente discutido; no entanto, a revolução informática, iniciada nos anos 1950, está em desenvolvimento e sua consequência ainda não pode ser mensurada. As mudanças decorrentes deste processo introduziram novos paradigmas em relação à produção industrial e à concepção de produtos, alcançando inclusive o setor habitacional. Hoje vivenciamos uma nova abordagem em direção à personalização em série, em contraposição à padronização Moderna.

A partir do panorama contemporâneo, o espaço é redesenhado através da multiplicidade de dispositivos e ferramentas resultantes da Era da Informação – dispositivos que possibilitam novas realidades arquitetônicas, personalização da produção e sugerem formas mais complexas, abertas e dinâmicas. Dessa forma, as tecnologias digitais estão transformando não apenas os processos de projeto, como também a prática arquitetônica (sua

produção e fabricação), possibilitando avanços na construção alcançados anteriormente apenas nas indústrias automotiva, aeronáutica e naval (KOLAREVIC, 2005). Hoje, pela primeira vez, podemos vivenciar uma geração de jovens profissionais nascidos na era digital; no entanto, as consequências dessas transformações no processo projetual e seus impactos ainda não são totalmente mensuráveis. Os avanços nas tecnologias CAD (*computer-aided design*) e CAM (*computer-aided manufacturing*) e o potencial gerativo e criativo dos meios digitais promoveram uma conexão direta entre método de projeto e construção. Como consequência deste fato, a relação histórica entre arquitetura e seus meios de produção sofre uma mudança de paradigma (KOLAREVIC, 2005), levando a uma necessidade cada vez maior de correlação entre a produção em massa e a individualidade na sociedade contemporânea, aplicável desde o desenho industrial até o âmbito do habitat humano.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Desde o *Design Methods Movement* – período de discussões, conferências e publicações sobre métodos de projeto nas áreas de arquitetura, engenharia e desenho industrial na década de 1960 – duas abordagens vêm sendo empregadas no sentido de otimizar o processo de projeto e proporcionar maior flexibilidade aos projetos arquitetônicos: a parametrização (Figura 1A) e o projeto baseado em regras (*rule-based design*). A primeira estratégia consiste em definir relações topológicas entre as partes de um edifício ou plano no caso de projeto urbano, sendo a definição das medidas precisas uma fase subsequente do projeto. Em geral essas dimensões podem ser selecionadas a partir de um intervalo desejável, com valores mínimos e máximos, sempre múltiplos das medidas dos componentes construtivos, resultando maior flexibilidade e variedade (MONEDERO, 2000). A estratégia baseada em regras (BROADBENT, 1970) consiste em definir situações em que determinado elemento pode ser conectado a outro, e de que maneira isto pode ocorrer (Figura 1B). Este método permite uma variedade ainda maior de projetos, uma vez que a ordem da aplicação das regras pode resultar em composições completamente diferentes. A combinação dessas duas estratégias – *rule-based design* e parâmetros – pode levar a um número ainda maior de possibilidades, mantendo a racionalidade e a lógica construtiva (Figura 1C).

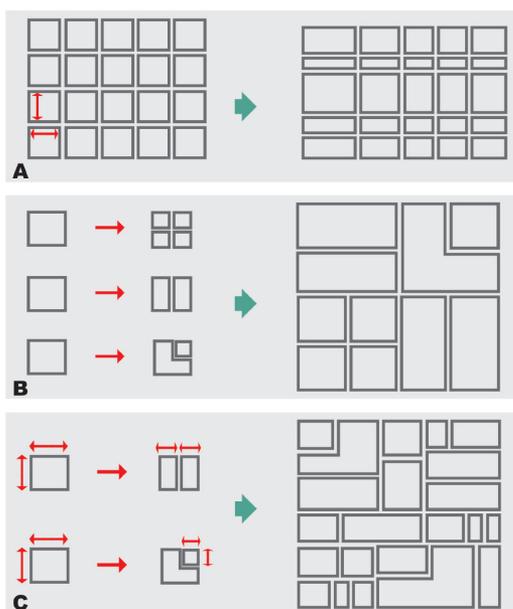


Figura 1. Diferentes abordagens projetuais: Parametrização (A); Projeto baseado em regras (B) e combinação das duas estratégias (C). Fonte: Autor, 2014.

Um dos métodos que vêm sendo utilizados para a geração sistemática de arranjos espaciais personalizados é a Gramática da Forma, que, ao longo dos anos, tem sido explorada em diversas aplicações para a resolução de problemas projetuais, permitindo a geração de projetos a partir de uma forma inicial, por meio da aplicação recursiva de regras compositivas (DUARTE, 2007; KNIGHT, 2000; CELANI et al., 2006). Este método permite combinar as regras com a variação paramétrica, gerando uma grande diversidade de possibilidades, mas sempre com uma lógica subjacente.

O presente trabalho é parte dos resultados de uma pesquisa de doutorado que utilizou o formalismo da gramática da forma e a abordagem da modelagem paramétrica como métodos para a geração de espaços públicos em conjuntos de habitação de interesse social (HIS) no Brasil; assumindo, assim, que essa metodologia pode contribuir para uma exploração mais ampla e aprofundada de diferentes soluções projetuais.

A fim de testar o método proposto foram organizados três workshops com alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Cada workshop foi direcionado para diferentes escalas do projeto de um conjunto habitacional: (1) desenho urbano (escala do bairro), (2) implantação urbana do conjunto habitacional e (3) relação entre os edifícios e os espaços externos. Este artigo apresentará os resultados obtidos no workshop (1), denominado *Parametric Urban Design*, a partir da análise da utilização de um conjunto de ferramentas definido como *CityMaker*. A nomenclatura dessa ferramenta remete ao conceito de CIM (*City Information Modeling*) (MONTENEGRO; BEIRÃO; DUARTE, 2011; GIL; ALMEIDA; DUARTE, 2011) e tem como objetivo analisar, gerir e projetar o espaço urbano, avaliando resultados como suporte à decisão em projetos urbanísticos.

A realização desse workshop possibilitou uma excelente oportunidade de aplicação de uma nova ferramenta de projeto, desenvolvida por Beirão durante seu doutorado na Universidade Técnica de Delft (TU Delft), e na Universidade Técnica de Lisboa (UT Lisboa), no âmbito do projecto *CityInduction* (DUARTE; BEIRÃO; MONTENEGRO; GIL, 2012), que consiste em uma abordagem para a análise e geração de planos urbanísticos, incluindo um uso ilustrativo de um conjunto de ferramentas que foram desenvolvidas para esse efeito, incluindo o método de projeto desenvolvido por Duarte e Beirão (2012). Esse método permite a utilização de padrões de projeto paramétricos programados numa plataforma constituída por um software de modelagem tridimensional e uma interface de programação paramétrica¹. Além disso, essa experiência demonstra a importante contribuição dos conceitos desenvolvidos por Beirão, Duarte e Stouffs (2011) e por Beirão (2012) e sua colaboração na pesquisa de doutorado que estava em desenvolvimento na Universidade Estadual de Campinas por Mendes (2014), uma vez que as questões de personalização, projeto paramétrico e gramática da forma eram temas comuns em ambas investigações.

Área de intervenção e *design brief*

A primeira etapa do workshop foi constituída por uma breve explicação das ferramentas que seriam utilizadas e exemplos de sua aplicação em outros contextos. Além disso, o uso da Gramática da Forma para análise de implantação urbana de conjuntos de HIS, a área de intervenção para a proposta de urbanização e o *design brief* foram apresentados aos estudantes. A área delimitada para a intervenção proposta está localizada na cidade de Campinas, limítrofe à Rodovia Lix da Cunha e constitui um importante vetor de crescimento da cidade em direção ao aeroporto internacional. O local também suscita diversas questões com as quais os estudantes teriam que

¹ O software de modelagem tridimensional utilizado foi o Rhinoceros juntamente com o plug-in Grasshopper – o qual permite a construção de um modelo paramétrico. À medida que os valores dos parâmetros estabelecidos no Grasshopper são alterados, o modelo geométrico é automaticamente atualizado.

se confrontar para o desenvolvimento do projeto, dentre elas a diversidade da vizinhança (que inclui um condomínio de alto padrão, um conjunto habitacional, um loteamento de baixa renda, assentamentos informais e um empreendimento do Governo Federal para treinamento Olímpico), e a proximidade do cruzamento da Anhanguera com a Lix da Cunha, onde se encontra o maior assentamento informal de Campinas, o Parque Oziel².

O *design brief* incluiu o desenvolvimento de um desenho urbano para essa região, considerando os seguintes requisitos: (1) habitação para uma população de 5.000 a 10.000 pessoas distribuídos em três conjuntos predefinidos de acordo com sua renda mensal; (2) estruturas para facilitar e incentivar o comércio local; (3) instalações (escolas, postos de saúde, creches, parques, centro de esportes); (4) estruturas para prestação de serviços (possivelmente relacionados com atividades aeroportuárias) e (5) infraestrutura de transporte para conexão entre a cidade e o aeroporto.

CityMaker

O método de projeto definido como *CityMaker*, foi desenvolvido por Duarte e Beirão (2012) e consiste em um método associado a um conjunto de ferramentas para gerar soluções alternativas para um contexto urbano. O método propõe a utilização de um conjunto combinado de padrões de projeto (*design patterns*) que codificam ações típicas de projeto usados por urbanistas. *Design Patterns*, na definição de Gamma et al. (1995), constituem “*templates*” de código frequentemente utilizados em programação que aqui se adaptam para o contexto do projeto urbano. A combinação de padrões gera diferentes planos urbanos que podem ser ajustados por meio da manipulação de vários parâmetros em relação aos indicadores urbanos atualizados. Os padrões foram desenvolvidos a partir da observação de procedimentos típicos de desenho urbano, primeiro codificado como *gramáticas discursivas* (Duarte 2001) e, mais tarde traduzidos para padrões de projeto paramétricos (Figura 2). O método e as ferramentas propostos em *CityMaker* permitem ao arquiteto compor uma solução projetual a partir de um conjunto de premissas programáticas e ajustá-la, alterando parâmetros enquanto verifica as mudanças dos indicadores urbanos em tempo real. O termo *CityMaker* inclui o acrônimo CIM relativo a *City Information Modeling* que à semelhança do termo BIM pretende integrar numa única plataforma o projeto urbano e métodos analíticos fazendo uso de informação associada por georreferenciação.

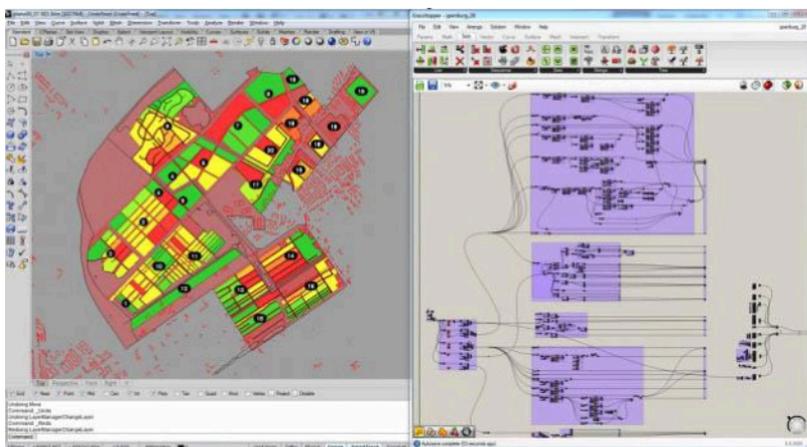


Figura 2. Ferramenta *CityMaker* implementada no plug-in *Grasshopper* e visualização no software de modelagem *Rhinceros*. Fonte: Beirão, 2012.

² Parque Oziel é a maior invasão urbana da América Latina, possui uma população estimada pela Secretaria da Habitação de Campinas em 30 mil pessoas, ou 6.600 famílias.

A ferramenta computacional *CityMaker* inclui um conjunto de padrões de projeto paramétricos programados para gerar as operações típicas de projeto urbano, tais como ruas, malhas e espaços públicos, e um segundo conjunto de ferramentas utilizadas para medir as propriedades de densidade de espaços urbanos segundo as convenções desenvolvidas por Berghäuser-Pont e Haupt (2010). Portanto, essa abordagem combina ferramentas analíticas e de projeto que podem ser utilizadas de forma interativa dentro da mesma plataforma de trabalho. Os Padrões de Projeto Urbano (*Urban Design Patterns*) que compõem o sistema *CityMaker* são códigos projetados para replicar ações típicas de projeto urbano, assim, diferentes modalidades desses padrões possibilitam produzir diferentes modelos urbanos. Entre as ferramentas analíticas encontram-se ferramentas de cálculo de indicadores do plano.

Em detalhe, os Padrões de Projeto Urbano apresentados aos alunos incluem:

1. Padrão de projeto de rua (*Street design pattern*): gera a representação de uma rua incluindo a sua superfície em função de uma largura de *input* e o seu eixo central (*street center line*);

2. Padrão de malha retangular (*Rectangular grid pattern*): gera uma malha retangular em função do *input* de dimensões da quadra, largura da rua e orientação da malha; gera em fluxos de informação separados as quadras e os eixos centrais das ruas.

3. Filtro 1 (filtragem de pequenas áreas): filtra quadras com área inferior a um valor de *input*. Os dois fluxos de informação ficam disponíveis para posteriores processamentos.

4. Filtro 2 (filtro de seleção polígono(s)): seleciona um polígono marcado com um ponto mantendo referência à estrutura de dados.

5. Padrão Distribuição de Altura Máxima da Construção (*Maximum Building Height Distribution Pattern*): distribui um limite de altura máxima em função de um ponto atrator ou rua com efeito atrator.

6. *Open Space / Coverage Distribution Pattern*: distribui uma ocupação máxima de solo em função de um ponto atrator ou rua com efeito atrator.

Padrão para importar informações (*Data Import Patterns*): Este padrão importa informações de um banco de dados SIG (Sistema de Informação Geográfica). No workshop de Campinas esse padrão não foi utilizado pois o SIG estava incompleto e as informações necessárias foram disponibilizadas no modelo geométrico em CAD. A informação relativa ao número de pisos estava no entanto disponível.

Padrões de Análise (*Analysis Patterns*): Este padrão usado no workshop incluía basicamente padrões para análise de densidade. Outros tipos de análise foram programadas pelos estudantes diretamente no *Grasshopper*.

7. *Spacematrix indicators patterns*: padrões de cálculo dos indicadores de densidade de acordo com as definições teóricas de Berghäuser-Pont e Haupt (2010).

8. *Spacematrix indicator converter pattern*: a partir do *input* de dois indicadores de densidade dá o valor dos restantes.

Alguns dos padrões utilizados resultaram do trabalho de colaboração de Beirão com Pirouz Nourian (TU Delft) e Pedro Arrobas (TU Lisboa).

WORKSHOP PARAMETRIC URBAN DESIGN

Os alunos foram divididos em equipas de 4 componentes e receberam assessoria dos professores no desenvolvimento do projeto. O resultado do workshop mostrou-se satisfatório, na medida em que os alunos conseguiram compreender as ferramentas e conceitos de projeto propostos e aplicá-los ao desenho urbano do exercício projetual. A equipa 1 apresentou uma proposta fundamentada na evolução urbana e na constante alteração das necessidades e diversidade, preocupando-se em encontrar soluções flexíveis e elaborar

soluções alternativas para redefinir as relações entre espaço construído e espaço livre, garantindo a importância dos fluxos. Para isto, a equipe optou pela criação de pontos focais descentralizados e multiplicados (Figura 3). Além disso, o grupo apresentou o desenho das quadras a partir da divisão geradas pelas avenidas principais e dos parques, bem como a distribuição da densidade do bairro baseada nos pontos focais. A equipe demonstrou ter assimilado com facilidade o conjunto de ferramentas *CityMaker* para explorar diferentes soluções a partir da alteração dos parâmetros e variáveis.

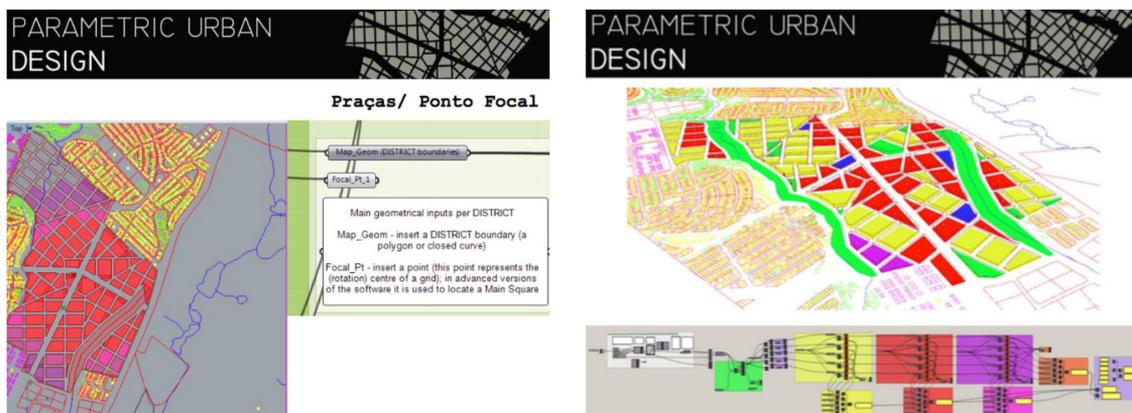


Figura 3. Apresentação do projeto da equipe 1. Utilização das praças como ponto focal e setorização da área de intervenção. Fonte: MENDES, 2014.

A equipe 2 apresentou como diretriz projetual pensar a expansão da malha urbana por meio de um desenho associado ao entorno que fortalece a região com a criação de novos equipamentos e infraestrutura. A intervenção considerava as áreas verdes existentes e previa a criação de espaços públicos, a fim de adequar-se aos parâmetros urbanos internacionais. A apresentação da proposta incluiu referências do traçado urbano de cidades como Paris, Barcelona, São Francisco, Londres e Nova Iorque, bem como explorou de forma relevante as ferramentas do *CityMaker* para análise de uso e ocupação do solo da área do entorno e cálculo da distância do sistema de transporte público. Essa equipe conseguiu chegar ao detalhamento de algumas diretrizes para o conjunto habitacional, propondo a subdivisão da área em distritos menores e assim, apresentar possíveis soluções – desde a escala do desenho urbano ao edifício. Partindo também de um método baseado em regras, a equipe apresentou regras para subdivisão e opções de ocupação da quadra, implantação dos edifícios, detalhamento das vias e gabarito dos edifícios; bem como regras para ampliação das habitações unifamiliares como um sistema evolutivo (Figura 4).

A equipe 3 desenvolveu a proposta projetual a partir das seguintes considerações: (1) a área constitui um vazio urbano; (2) possui infraestrutura precária; (3) possui áreas verdes com potenciais não valorizados; (4) possui áreas de invasão ao longo dos cursos d'água. Dessa forma, a solução adotada pelos alunos foi projetar o desenho urbano baseado nos equipamentos urbanos e áreas verdes, assim, definiram as diferentes densidades do bairro a partir de pontos de atração, escalonando o gabarito das edificações baseando-se na localização dos pontos de atração. Para atingir esses objetivos, a equipe utilizou ferramentas do *CityMaker* para definir as áreas verdes significativas e a partir da utilização do componente Galápagos³ do *plug-in Grasshopper*, foi feito o cálculo das conexões entre as áreas verdes mais relevantes. Essa equipe também conseguiu partir do desenho urbano à escala da quadra, alcançando bons resultados com o uso da ferramenta Galápagos para otimizar o uso e ocupação das quadras e gabarito dos edifícios (Figura 5).

³ Galápagos é um componente do *plug-in Grasshopper* que funciona como uma plataforma genérica para a aplicação de algoritmos evolutivos com ampla variedade de problemas por não-programadores.

Figura 4. Apresentação do projeto da equipe 2. Utilização do conjunto de ferramentas *CityMaker* para análise de uso e ocupação do solo e detalhamento de diretrizes para o conjunto habitacional, Distrito 1: subdivisão da quadra e regras para ampliação de habitações unifamiliares (sistema evolutivo). Fonte: MENDES, 2014

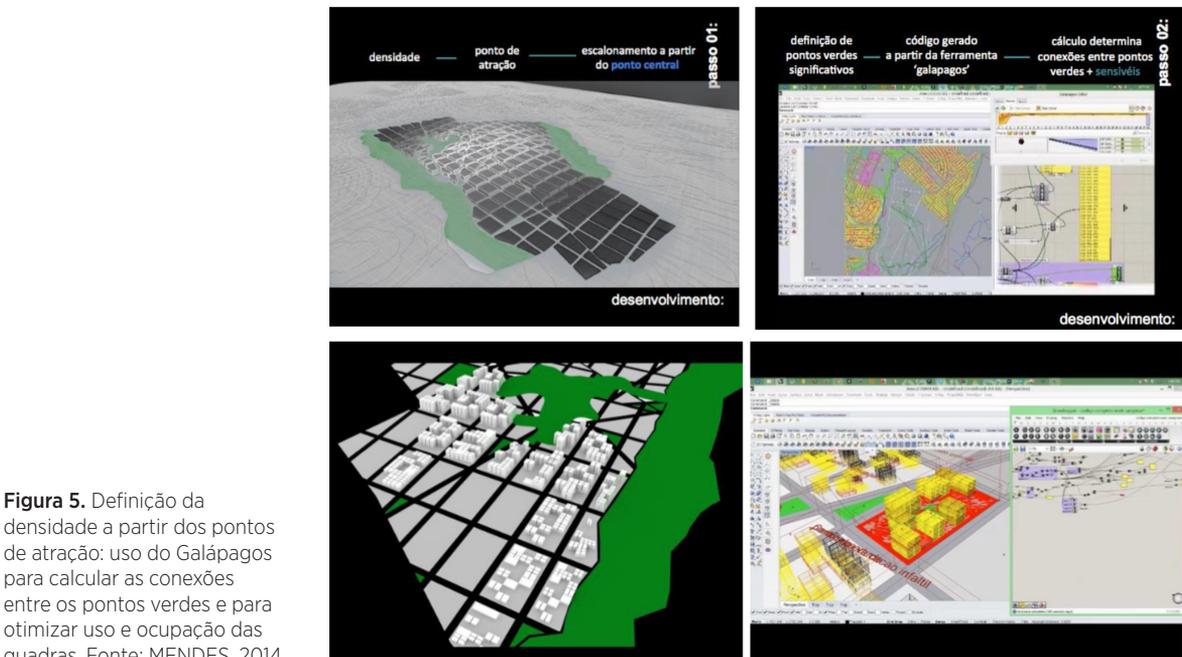
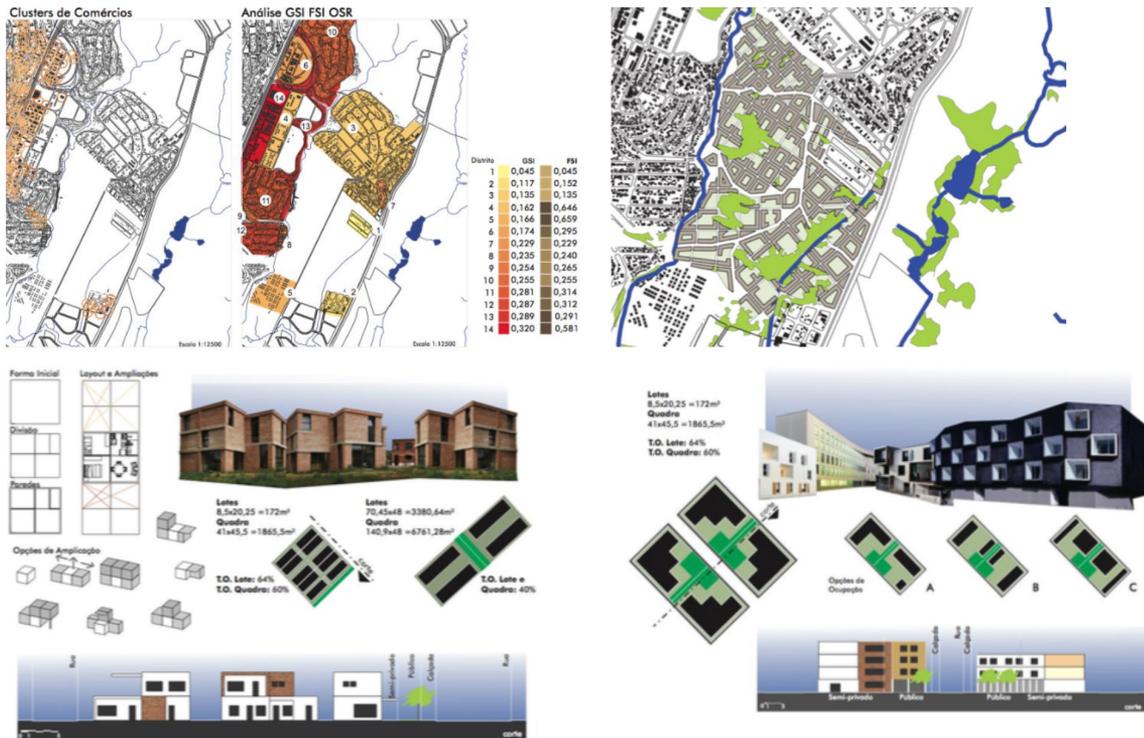


Figura 5. Definição da densidade a partir dos pontos de atração: uso do Galápagos para calcular as conexões entre os pontos verdes e para otimizar uso e ocupação das quadras. Fonte: MENDES, 2014.

O workshop consistiu na primeira etapa para se alcançar o objetivo da presente pesquisa: a utilização de um método baseado em regras para desenvolvimento de um projeto de conjunto de HIS, com foco na questão da implantação dos edifícios e áreas externas. A experiência didática mostrou-se de grande relevância para a avaliação da presente pesquisa, uma vez que demonstrou o potencial da utilização de regras paramétricas implementadas em um sistema computacional no ensino de desenho urbano, ainda que em curto prazo de duração do workshop. Outra importante questão levantada a partir dessa atividade foi a observação do rápido desenvolvimento de soluções – com certa complexidade – voltadas para a escala do bairro, e ainda sua capacidade para explorar diferentes soluções, considerando diversos parâmetros e variáveis envolvidas como: uso e ocupação do solo, densidade, conexão de áreas verdes, entre outros aspectos.

RESULTADOS

Os resultados foram avaliados em termos da qualidade dos projetos em relação aos resultados de projetos similares desenvolvidos por alunos com métodos tradicionais e baseado na avaliação dos participantes sobre o workshop. Os projetos desenvolvidos neste workshop mostram uma grande variedade entre as diferentes equipes, mais do que em workshops tradicionais de projeto. Os resultados também apresentam grande diversidade de tipos morfológicos urbanos dentro de um único projeto, ou seja, os alunos não restringiram as soluções para uma malha única definida para toda a área em desenvolvimento, assumindo claramente a exploração de soluções formalmente complexas e explorando muitas variações disponíveis pelas ferramentas antes de definir a solução projetual final. Ou seja, os alunos não restringiram suas soluções a uma malha única definida para toda a área em desenvolvimento, explorando diversas variações geradas pela ferramenta antes de optarem por uma solução de projeto final.

Independentemente da avaliação dos estudantes sobre o método, eles reconheceram como o ambiente *CityMaker* contribuiu na geração de diversas configurações espaciais e na experimentação de diferentes parâmetros, gerando assim um plano mais diversificado. Uma professora de desenho urbano que não estava familiarizada com as técnicas de projeto paramétrico foi convidada para avaliar os resultados e se surpreendeu com a variedade dos resultados e a qualidade dos planos produzidos num curto período de tempo.

Durante o workshop os alunos foram incentivados a usar as ferramentas para executar várias análises urbanas e medir os indicadores de densidade como um meio para apoiar a tomada de decisão em projeto. Uma discussão sobre as soluções morfológicas comumente desenvolvidas no Brasil por agentes do setor habitacional público foi bastante relevante, em particular, ao questionar o uso recorrente dos arranha-céus isolados em condomínios fechados. Vários preconceitos a respeito da expressão formal sobre densidade urbana foram discutidos, permitindo que os alunos explorassem mais livremente soluções projetuais não convencionais. A combinação das ferramentas *CityMaker* e a teoria do *Spacematrix* se mostraram bastante úteis para apoiar esse processo, principalmente porque essa estratégia forneceu medições com visualização simultânea, permitindo uma maior e mais rápida percepção do significado urbano das soluções exploradas. Na apresentação final, o conjunto de dados de densidade calculadas a partir do modelo era obrigatório. Os alunos também deveriam apresentar os indicadores utilizados para a definição dos planos urbanos, bem como fundamentar suas escolhas baseadas na análise desenvolvida. Esta tarefa mostrou dois comportamentos contrastantes. Por um lado, os alunos poderiam facilmente produzir medições realizadas a partir de seus projetos com uma prontidão que nunca tinha sido experimentado antes. Por outro

lado, a manipulação de ferramentas de medição requer muita atenção tanto em termos metodológicos, durante a definição do modelo de projeto, quanto interpretativos, considerando o significado e os impactos das medidas obtidas, como forma de apoio à decisão de projeto. Esta situação levantou observações sobre a atenção necessária para o desenvolvimento do modelo paramétrico e conhecimento teórico correto. Em primeiro lugar, em relação ao desenvolvimento dos modelos paramétricos, os alunos foram alertados sobre a necessidade de se ter uma noção clara sobre o conceito de “nível de agregação”⁴, a fim de definir objetivamente os cálculos dos indicadores nos níveis requeridos. Em segundo lugar, o significado dos indicadores de densidade requerem uma interpretação detalhada à luz do contexto da intervenção urbana. Este último envolve uma abordagem teórica bastante complexa para definir como os indicadores de densidade estão relacionados, primeiro com a forma urbana, bem como com a qualidade urbana. Aqui, os métodos analíticos revelaram-se úteis para uma melhor compreensão do comportamento de ambientes urbanos. Embora os resultados do workshop tenham sido reconhecidos por todos os participantes como altamente positivos e formativos, ainda é possível abstrair comentários dos alunos e apresentações que poderiam ter apresentado possíveis melhores resultados com palestras mais aprofundadas sobre a teoria de projeto urbano, especialmente na identificação e no significado de indicadores de qualidade e, em particular, no contexto dos ambientes urbanos brasileiros.

DISCUSSÃO

Nos exercícios desenvolvidos nesse workshop foi possível perceber a lógica sequencial com que os alunos aplicaram os padrões, dando a entender o processo de detalhamento das decisões, mas deixando-as sempre dependentes de parâmetros que, por meio do modelo paramétrico, mantiveram-se sempre disponíveis para afinação em função das avaliações críticas e discussões em grupo. O sistema permitiu fazer alterações facilmente para cada padrão incorporado em termos de tipo e/ou parâmetros, possibilitando a avaliação de um número infinito de possibilidades.

Ainda que a plataforma de projeto definida como *CityMaker* seja essencialmente paramétrica, a combinação de diferentes padrões de projeto define a estrutura topológica do modelo que é produzido no processo projetual, constituindo um conjunto limitado de regras que são interpretadas pelo código paramétrico correspondente. Por conseguinte, o projeto contém um algoritmo e uma dimensão paramétrica que podem ser representados em termos mais abstratos por meio de uma gramática da forma, e mais simplificada por um diagrama de fluxos. Em outras palavras, o conjunto de padrões de projeto definidos como *CityMaker* constitui uma gramática genérica (BEIRÃO; DUARTE; STOUFFS, 2010) para o desenvolvimento de projetos urbanos na qual cada padrão codifica uma operação típica por meio de uma gramática da forma e é implementada em uma plataforma de projeto paramétrico. Cada plano urbanístico instanciado pode ser visto como uma gramática traduzida pela combinação de padrões na qual uma atribuição específica de parâmetros instancia uma solução no universo de soluções da gramática específica (BEIRÃO, 2014).

O workshop demonstrou (1) a facilidade com que alguns alunos não familiarizados com programação conseguiram explorar espaços de solução de projeto complexos por meio da programação paramétrica visual, (2) a possibilidade de combinar modelos analíticos com os modelos de exploração de projeto, (3) a capacidade de justificar suas soluções de projeto com o apoio das análises derivadas dos modelos geométricos. Os métodos de projeto experimentados permitiram assim integrar na mesma plataforma

⁴ Tal como definido por Berghauer-Pont e Haupt (2010).

tecnológica síntese e análise, em um discurso interativo conducente à decisão.

Conforme exposto anteriormente, o workshop aqui descrito faz parte de uma pesquisa maior com o objetivo de usar as estratégias de projeto baseado em regras (*rule-based design*) e modelagem paramétrica para desenvolvimento de maior diversidade dos espaços públicos em conjuntos de HIS no Brasil. Um dos planos urbanos desenvolvidos neste workshop foi escolhido como base para o segundo workshop, no qual os alunos usaram o formalismo da gramática da forma para projetar um conjunto habitacional, destacando questões referentes ao crescimento da população, planos de evolução e mix de função.

Além da contribuição para os campos de pesquisas referentes à modelagem paramétrica e ao projeto baseado em regras, esta pesquisa foi uma oportunidade para demonstrar como a fusão de diferentes tipos de conhecimento pode levar a novas introspecções. Dentro desse contexto foi possível fundir (1) pesquisa e ensino, (2) estudantes de graduação e pós-graduação em um ateliê de projeto, (3) as culturas europeia e latino-americanas, (4) a análise e o projeto, (5) o uso de parâmetros e regras combinadas no processo projetual, (6) pesquisadores especializados tanto em projeto arquitetônico como urbano e (7) a pesquisa desenvolvida por dois investigadores de doutorado.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processos nº 2012/10498-3, 2011/50139-0 e 2013/09362-2). Os autores também gostariam de agradecer a importante contribuição da professora Gisele Leonelli na avaliação e discussão dos resultados do workshop e a participação dos alunos: Camila Caetano, Daniel Creme Winnik, Filipe Campos, Giusepe Filocomo, Giulia Corsi Moreno, Isabela Tavares, Lucas Ariel Gomes, Marcia Anaf Wagner, Marina Duzzi, Maycon Sedrez, Maurício Oliveira, Renata Venitucci, Roberto Hirota Mori, Vinicius Mizobuti, Víctor Calixto e Yasmin Pinheiro.

REFERÊNCIAS

- BEIRÃO, J. N. CityMaker. Designing Grammars for Urban Design. **Architecture and the Built Environment**, n. 5, p. 1-440, 2012.
- BEIRÃO, J. N. Gramáticas genéricas para o domínio da cidade e urbanismo. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 2, n. 1, p. 44-46, 2014.
- BEIRÃO, J. N.; DUARTE, J. P.; STOUFFS, R. Creating generic grammars from specific grammars: towards flexible urban design, 2010. **Nexus Network Journal**, v. 13, n. 1, p. 73-111, 2011.
- BERGHAUSER-PONT, M.; HAUPT, P. **Spacematrix**. Rotterdam: NAI Publishers, 2010.
- BROADBENT, G. **Design in architecture: architecture and the human sciences**. Londres: John Willey & Sons, 1970.
- CELANI, G.; CYPRIANO, D.; GODOI, G.; VAZ, C. E. V. A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. **Conexão - comunicação e cultura**, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, p. 180-197, 2006.
- DUARTE, J. P. A discursive grammar for customizing mass housing: the case of Siza's houses at Malagueira. **Automation in Construction**, v. 14, n. 2, p. 265-275, mar. 2005.
- DUARTE, J. P. **Personalizar a habitação em série: uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.
- DUARTE, J. P.; BEIRÃO, J. N. Towards a methodology for flexible urban design: designing with urban patterns and shape grammars. **Environment and Planning B**:

planning and design, v. 38, n. 5, p. 879-902, 2012.

DUARTE, J. P.; BEIRÃO, J. N.; MONTENEGRO, N.; GIL, J. City induction: formulating, generating, and evaluating urban plans. In: ARISONA, S. M.; WONKA, P.; ASCHWANDEN, G.; ALATSCH J. A. (Eds.). Digital urban modeling and simulation. **Communications in Computer and Information Science (CCIS)**, v. 242, p. 79-104, 2012.

GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R.; VLISSIDES, J. **Design patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software**. New Jersey: Pearson Education, 1995.

GIL, J.; ALMEIDA, J.; DUARTE, J.P. The backbone of a City Information Model (CIM): implementing a spatial data model for urban design. In: CONFERENCE ON EDUCATION IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 29. **Proceedings...** Ljubljana, Slovenia, September 19-20, 2011, p. 143-151.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age: design and manufacturing**. Nova York: Routledge, 2005.

KNIGHT, T. Shape grammars in education and practice: history and prospects. **International Journal of Design Computing,**

v. 2, 2000-2001. Disponível em <<http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

MENDES, L. T. **Personalização de habitação de interesse social no Brasil: o caso da implantação urbana em conjuntos habitacionais**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, 2014.

MITCHELL, W. J. **A lógica da arquitetura**. Campinas: Unicamp, 2008.

MONEDERO, J. Parametric design: a review and some experiences. **Automation in Construction**, v. 9, n. 4, p. 369-377, 2000. DOI: 10.1016/S0926-5805(99)00020-5.

MONTENEGRO, N.; BEIRÃO, J. N.; DUARTE, J. P. Public space patterns: towards a CIM standard for urban public space. In: CONFERENCE ON EDUCATION IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 29. **Proceedings...** Ljubljana, Slovenia, September 19-20, 2011, p. 79-86.

STEELE, J. **Arquitectura y revolución digital**. Trad. Jean Escofet. México: Gustavo Gilli, 2001.

José Nuno Beirão
jnb@fa.ulisboa.pt

Leticia Teixeira Mendes
leticia.mendes@ufpe.br

Gabriela Celani
celani@fec.unicamp.br

ESCANEAMENTO 3D A LASER, FOTOGRAMETRIA E MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO PARA GESTÃO E OPERAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

3D laser scanner, photogrammetry and bim for historic buildings facilities management and operation

Elóisa Dezen-Kempton¹, Lúcio Soibelman², Meida Chen², Alexandre Victor Müller Filho³

RESUMO Este artigo apresenta os resultados de integração de tecnologias de levantamento híbridas (escaneamento 3D a laser, fotogrametria) para a captura do estado real de uma edificação histórica do campus da University of Southern California em Los Angeles visando sua modelagem BIM. O estudo de caso é um edifício de dois andares construído em 1964 em linguagem modernista, com estrutura metálica aparente, considerado patrimônio histórico recentemente. A escolha da abordagem híbrida pautou-se em critérios como: precisão dos dados levantados; nível de detalhe requerido para cada elemento do edifício; esforço para aquisição e pós-processamento dos dados; e acessibilidade ao elemento a ser capturado. Levando-se em conta os resultados obtidos, apresentamos a avaliação das ferramentas e estratégias empregadas para aquisição dos dados espaciais do edifício, em função dos seguintes critérios: escala, complexidade e alcance dos equipamentos. O modelo tridimensional em forma de nuvens de pontos gerado pela captura constitui a base para a criação de um modelo de informações de construção semanticamente orientado, ferramenta potencial para produzir um inventário abrangente que considere os requisitos de manutenção peculiares de edificações históricas. Esse artigo pretende contribuir para ampliar a discussão sobre a adoção de BIM na área de patrimônio histórico.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Gestão e operação, Patrimônio histórico, 3D laser scanner, Fotogrametria.

ABSTRACT This article presents the results of integrating hybrid-surveying technologies (3D laser scanning, photogrammetry) to capture the real state of a historic building on the campus of the University of Southern California in Los Angeles aiming to create its BIM model. The case study is a two-story building, built in 1964 in modernist language, with apparent steel structure, considered historical heritage recently. The adoption of hybrid approach was guided on the following criteria: accuracy of data collected; level of detail required for each element of the building; effort to acquire and post-processing of data; and accessibility to the element to be captured. Taking into account the results obtained, we present the evaluation of the tools and strategies used to acquire the building's spatial data, according to the following criteria: scale, complexity and range of equipment. The point clouds three-dimensional model, generated by the capturing tools, forms the basis for creating a semantically oriented building information model. BIM is a potential tool to produce a comprehensive inventory that considers the unique maintenance requirements of historic buildings. This article intends to contribute to the discussion on the adoption of BIM in the heritage area.

KEYWORDS: BIM, Facilities management, Historic heritage, 3D laser scanner, Photogrammetry.

¹ Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

² University of Southern California, USC

³ Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

How to cite this article:

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; MÜLLER, A.V. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124, jul./dez. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710>

Fonte de financiamento:

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processo nº 2014/02951-5

Conflito de interesse:

Declaram não haver

Submetido em: 24 ago. 2015

Aceito em: 31 ago. 2015



INTRODUÇÃO

Na história recente da construção civil, os processos de projeto, construção e gestão têm sido altamente beneficiados com as funcionalidades introduzidas pelas novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), como a Modelagem da Informação da Construção (BIM), particularmente para as edificações complexas. Contudo, esses benefícios alcançam prioritariamente as novas edificações.

Pesquisas recentes indicam que, em grandes cidades, o índice de novas construções está entrando em declínio enquanto aumenta o número de processos de reforma e manutenção do estoque de edifícios existentes, inclusive visando adaptá-los às modernas condições de habitabilidade e sustentabilidade. Nos Estados Unidos, o índice de novas construções está entre 2 a 3% do estoque de edificações existentes por ano (BROWN et al., 2005 apud KLEIN et al., 2012)

Como parte do estoque de edificações existentes, as edificações consideradas patrimônio cultural, devido às suas excepcionais condições de manutenção, conservação e restauro, pouco têm se beneficiado das novas TIC. Elaborar um diagnóstico e documentação adequados para essas edificações torna-se imperativo, a fim de melhorar o seu desempenho, funcionalidade e qualidade ambiental, visando atender aos novos padrões de sustentabilidade. Além disso, esse material pode atuar como documento de preservação do caráter de excepcionalidade que resultou em sua tutela.

Assim, no domínio do patrimônio cultural, a captura de dados precisos e detalhados e a criação de um modelo com a tecnologia BIM apresenta-se como ferramenta potencial para produzir um inventário abrangente que considere os requisitos de manutenção peculiares destas edificações, incluindo documentação sobre o ciclo de vida do edifício até o presente estado.

Este trabalho relata uma pesquisa de pós-doutorado financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e desenvolvida na University of Southern California (USC) em Los Angeles, cujo objetivo foi desenvolver metodologias para a elaboração de modelos BIM de edifícios históricos que possibilitem o compartilhamento e visualização tanto de suas características físico-estruturais como de seus dados históricos.

O artigo apresenta os resultados de integração de tecnologias de levantamento híbridas (3D laser scanner, fotogrametria) para a captura do estado real de uma edificação histórica do campus da USC em Los Angeles e sua modelagem BIM. O estudo de caso é um edifício de dois andares construído em 1964 em linguagem modernista, com estrutura metálica aparente, considerado patrimônio histórico recentemente.

A escolha da abordagem híbrida pautou-se em critérios como: precisão dos dados levantados; nível de detalhe requerido para cada elemento do edifício; esforço para aquisição e pós-processamento dos dados; e acessibilidade ao elemento a ser capturado.

Levando-se em conta os resultados obtidos, apresentamos a avaliação das ferramentas e estratégias empregadas para aquisição dos dados espaciais do edifício, em função de sua escala, complexidade e alcance dos equipamentos, e que servirão de base para a criação de um modelo de informações de construção semanticamente orientado. Este artigo pretende contribuir para ampliar a discussão sobre a adoção de BIM na área de patrimônio histórico visando a adequada e criteriosa manutenção e operação de edifícios desta categoria.

PANORAMA SOBRE CAPTURA DA REALIDADE E MODELAGEM 3D PARA EDIFÍCIOS EXISTENTES

O levantamento de edifícios existentes é um processo de engenharia reversa que, a partir das informações obtidas do objeto real, se reconstrói e interpreta a ideia anterior a sua realização, ou seja, o seu projeto.

Esses processos dependem fortemente de levantamentos manuais para o desenvolvimento de desenhos e modelos. A verificação das condições de construção existentes, incluindo suas dimensões, materiais e estado, são realizadas comumente através de levantamentos de campo que utilizam câmeras digitais, fitas métricas e/ou dispositivos de medição a laser. Esses dados são usados para atualizar desenhos e modelos *as-built* ou, no caso da inexistência de documentação *as-built*, para gerar documentos digitais.

No caso de edificações históricas, o problema torna-se mais complexo, pois muitas sequer possuem o projeto original (*as-designed*) e muito menos o registro das alterações que se sucederam ao longo de seu ciclo de vida. Além disso, os métodos tradicionais de levantamento por medição direta, apesar de mais simples, acabam tornando-se, em função da complexidade e do nível de detalhamento requerido para a finalidade de conservação e restauro, um método caro, moroso e incapaz de registrar fielmente as peculiaridades de todos os componentes arquitetônicos da edificação.

As tecnologias de sensoriamento remoto e varredura apresentam-se como uma alternativa para os procedimentos de levantamento manuais por permitir coletar grande densidade de informações de forma rápida, registrando com precisão a forma real dos objetos, suas irregularidades e imperfeições decorrentes do processo construtivo, e as deformações e desgastes decorrentes do ciclo de vida da edificação (GROETELAARS; AMORIM, 2012)

Portanto, as tentativas de automação do levantamento e modelagem das condições atuais dos edifícios (*as-built/as-is*) incluem alavancar novas tecnologias de sensoriamento remoto, como o escaneamento tridimensional e a fotogrametria, que empregam sensores para capturar informações espaciais tridimensionais a partir de uma dada distância de forma ininterrupta (KLEIN et al., 2012).

Na última década, o uso de tecnologias de digitalização 3D para coletar remotamente informação espacial de edifícios foi popularizado por gerar uma quantidade enorme de dados, comparado com outros instrumentos de levantamento, em curto espaço de tempo e em situações de acesso limitado e/ou perigosa. As tecnologias de escaneamento a laser 3D e de fotogrametria são as tecnologias de digitalização mais empregadas para levantamentos de edificações, e apesar das diferenças de custo de equipamentos e processos de detecção, são sistemas de aquisição tridimensional, automatizadas e sem contato como o objeto analisado, que usam sensores baseados em ondas de luz para a medição, direta ou indireta, do objeto. O Quadro 1 sintetiza as principais características de cada tecnologia.

Quadro 1. Comparação entre as tecnologias de captura da realidade.

Características	Tecnologias	
	Escaneamento a laser 3D	fotogrametria
Precisão	Milímetro	Centímetro
Resolução	Milhões de pontos	Centenas de pontos
Custo do equipamento	Dezenas de milhares	Centenas
Habilidade necessária	Média-alta	Baixa
Portabilidade	Volumoso	À mão
Geração de dados 3D	Captura automática	Pós-processamento
Modelagem 3D	Extração automática da forma	Modelagem manual
Desafios ambientais	Refletividade, textura da superfície, tempo, movimento do alvo, bordas, linha de visão	Repetição, textura da superfície e do material, ângulo e linha de visão

Fonte: KLEIN et al. (2012, p. 163).

Muitas pesquisas têm se debruçado atualmente em comparar métodos de abordagem e tecnologias de captura da realidade visando à elaboração de modelos tridimensionais *as-built/as-is*. Estas pesquisas estão voltadas

tanto para o estoque de edifícios existentes visando otimizar e tornar mais eficiente e racional o seu processo de manutenção e operação (DAI et al., 2013; HUBER et al., 2011; KLEIN et al., 2012; TANG et al., 2010), quanto para edifícios históricos (CHEVRIER et al., 2010; PENTTILÄ et al., 2007; SORIA-MEDINA et al., 2013) visando à elaboração de um inventário abrangente que auxilie na tomada de decisões para sua conservação, restauro preventivo e reabilitação.

Na elaboração da documentação *as-built/as-is*, a escolha do melhor método de captura da realidade provou ser um desafio a equacionar (BERALDIN, 2004; MOUSSA et al., 2012; REMONDINO; EL-HAKIM, 2006). De acordo com Moussa et al. (2012), tal desafio é devido à inexistência de uma abordagem ideal adequada para todas as aplicações e suas demandas. O escaneamento terrestre a laser (TLS) lida diretamente com pontos 3D de objetos através de um conjunto de coordenadas, com informações geométricas e espaciais precisas, mas com informações RGB e de textura em baixa resolução. Fotografias contêm informação RGB e de textura em alta resolução, mas não contêm qualquer informação métrica explícita sem etapas de processamento complementares. Além disso, algumas dificuldades na escolha do método de captura foram observadas por Remondino e El-Hakim (2006) devido aos requisitos particulares para cada objeto e local, tais como: alta precisão geométrica; portabilidade; nível de automação, fotorrealismo; baixo custo; flexibilidade e eficiência. Beraldin (2004) enfatiza que para modelar ambientes complexos, aqueles compostos de vários objetos com diferentes características, é essencial combinar dados de diferentes sensores e informações de diferentes fontes.

Modelo *as-built* BIM

A construção de um modelo aprimorado do edifício real, com a possibilidade de exploração de sua informação semântica, na forma de um modelo BIM representa uma abordagem das mais promissoras e de rápido desenvolvimento para a gestão da informação *as-built* (EASTMAN et al., 2011).

De acordo com Akcamete et al. (2010), o uso de modelos BIM para Operação e Manutenção (O&M) é uma nova forma de analisar o comportamento e deterioração do edifício ao longo do tempo, fornecendo informações do estado atual da edificação, além de seu histórico de manutenção e reformas anteriores. Para os autores, BIM tem a capacidade de armazenar informações sobre todo o sistema, integrado no modelo espacial 3D, que não poderiam ser facilmente conseguidas com os formatos de representação de dados tradicionais.

Como muitos pesquisadores apontam, o modelo *as-built* é mais adequado para a gestão de instalações que o modelo *as-designed* BIM (EASTMAN et al., 2011; HUBER et al., 2011; LAGÜELA et al., 2013).

Os potenciais benefícios de se utilizar BIM na gestão e operação de edifícios parece ser significativo em diversas áreas, tais como a melhoria dos fluxos de informação, mitigação de riscos, documentação de inventário, gestão de espaço e energia, planejamento de retrofit, monitoramento e controle dimensional na construção (BOSCHÉ, 2010; BECERIK-GERBER et al., 2012; VOLK et al., 2014).

Arayici (2007) propôs uma abordagem semiautomatizada para o desenvolvimento de modelo *as-built* BIM com a finalidade de reabilitação de edifícios existentes com base em dois estudos de caso (Jacint House, em Manchester, e Peel Building, no campus da Universidade de Salford). Para o autor, o modelo BIM *as-built* resultante da captura a laser é um documento importante no processo de tomada de decisão sobre intervenções em edifícios históricos.

Fai et al. (2011) ampliam a visão do emprego de modelos semanticamente orientados para a gestão do ciclo de vida do crescente estoque de edificações históricas ao enfatizar a potencialidade de BIM como um banco de dados de conhecimento multidisciplinar. Os autores sublinham a contribuição potencial dessa tecnologia para armazenar as informações complexas sobre os aspectos tangíveis e intangíveis relacionadas ao edifício em um banco de dados orientado a objetos.

Apesar dos benefícios apontados, Tang et al. (2010) alertam que a geração do modelo BIM, a partir da nuvem de pontos resultante da digitalização do edifício, é um processo fundamentalmente manual, moroso, de natureza subjetiva e sujeito a erros, que motiva a necessidade de ferramentas de automação ou, pelo menos, semiautomatizadas de reconhecimento de componentes visando a modelagem.

A abordagem multidisciplinar é abordada por Brilakis et al. (2010) ao afirmar que a elaboração de documentação *as-built/as-is* para edifícios em operação é um problema que requer especialistas nas áreas de levantamento (digitalização tridimensional), visão computacional, videogrametria, aprendizado de máquina (*machine learning*) e modelagem paramétrica de objetos.

Com isso, pode-se concluir que desafios específicos do domínio da engenharia reversa e de métodos de reconhecimento de objeto, usados para o desenvolvimento de modelos *as-built* baseados na tecnologia BIM a partir de dados capturados pelas tecnologias de varredura, ainda estão sem solução.

DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A USC foi fundada em 1880, e seu campus desenvolveu-se rapidamente, assim como o bairro no qual ele está inserido, sendo que em 1919 foi elaborado o primeiro plano diretor para direcionar sua ampliação. Desde então o campus teve quatro planos diretores que guiaram sua expansão, e imprimiram a imagem que ele possui atualmente.

O estudo de caso desta pesquisa é o University Religious Center (URC), concebido segundo as diretrizes do terceiro plano diretor para o campus da USC, desenvolvido pelo escritório de arquitetura de William L. Pereira & Associates em 1961. Durante os 25 anos de vigência deste plano, mais de 20 edifícios foram construídos usando linguagem arquitetônica moderna e inovadora, mas em harmonia com o estilo vernacular da USC (UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA, 2011).

Killingsworth, Brady & Associates projetaram o URC em 1964 aplicando os princípios arquitetônicos básicos do estilo moderno, que incluem volumetria retangular, modulação, estrutura (vigas e pilares) aparente de aço, fenestração rítmica com janelas de vidro do piso ao teto, telhado plano e ausência de ornamentação (Figura 1). Possui acabamento de tijolo aparente nas fachadas principais, material característico dos demais edifícios do campus. O escritório Killingsworth, Brady & Associates fazia parte do grupo influente de arquitetos praticantes do estilo modernista na Califórnia durante os anos 1960. O edifício foi nomeado pela cidade de Los Angeles, em 2013, como monumento cultural por sua distinção arquitetônica.

O URC apresenta baixa complexidade arquitetônica devido ao seu sistema estrutural metálico, assim como ao emprego de tipologia única de caixilharia e a prevalência de formas geométricas básicas. O elemento arquitetônico de destaque deste edifício é o brise-soleil metálico horizontal de ambos os lados de seu volume frontal independente (Figura 1-A). O edifício possui dois pavimentos, um pátio interno (Figura 1-B e C) e área bruta de cerca de 1040 m².



Figura 1. Fachada principal [A] e pátio interno [B,C] do URC. Fonte: Arquivo pessoal.

MÉTODO

Para aquisição dos dados espaciais do edifício foi usado o Laser Escâner Terrestre (LET), modelo VZ-400, da empresa austríaca Riegl, que trabalha com o sistema de tempo de voo e digitalização de eco. O Riegl VZ-400 possui um alcance máximo de 600 m, campo de visão horizontal de 360° e vertical de 100°, taxa de varredura de 122.000 pontos por segundo e uma precisão de medição de 3 mm em 100 m. O scanner é integrado a uma câmera digital, marca Nikon modelo D700 SLR, que torna possível a captura de dados de cor em alta resolução (12.1 megapixels). O LET VZ-400 fornece aquisição autônoma de dados através de interface de usuário no aparelho, ou remotamente através de computador (conectado no escâner ou via LAN) usando o software RiscanPRO, também da Riegl.

No escaneamento do edifício, o escâner foi controlado via software RiscanPRO e via display. O uso de software permite ao operador armazenar e converter os dados durante o processo de aquisição de dados, registrar os escaneamentos individuais em campo, bem como controlar e verificar visualmente a captura.

Para cobrir os pontos cegos do levantamento feito com o LET foram realizadas tomadas fotográficas com um iPhone 6 Plus da Apple, que possui câmera embutida iSight. Essa câmera tem resolução de 8 megapixels, estabilização óptica e digital, lente de cinco elementos, filtro IR híbrido e abertura fixa de $f/2.2$.

O fluxo de trabalho desenvolvido para a reconstrução geométrica 3D do URC consistiu em: (1) planejamento dos pontos de captura da digitalização a laser para otimizar o tempo do trabalho de campo e cobrir a área máxima possível superando os obstáculos; (2) digitalização 3D a laser; (3) tomadas fotográficas das áreas não cobertas pelo laser; (4) processamento dos dados brutos; (5) fusão das nuvens de pontos geradas pelo escaneamento a laser e pelo processo de fotogrametria para criar o modelo 3D híbrido.

Planejamento da captura

A implantação do URC favorece o posicionamento do LET, pois mantém um distanciamento lateral de 6 m com o edifício a sua direita (College House); à esquerda há um edifício em construção, frontalmente faceia a West 34th Street (rua interna do campus) e ao fundo um estacionamento separa o edifício da West Jefferson Boulevard. Há pouca vegetação e algumas árvores espaçadas no pátio interno, portanto somente a existência do canteiro de obras na lateral esquerda do edifício (Figura 2-B) compromete, de fato, o escaneamento a laser. Assim, foi programada uma poligonal com 19 posições do LET (Figura 2-A) para o escaneamento do exterior do edifício, de acordo com as limitações do equipamento e as obstruções e obstáculos encontrados. As posições 1 a 17 (em vermelho) estão no pavimento térreo

de pontos no nível de detalhamento requerido. O tempo de levantamento, com resolução angular de 0.025, foi expressivamente superior às demais resoluções e sobrecarregou o computador. A densidade da nuvem de pontos resultante da amostragem com resolução angular de 0.035 (espaçamento entre pontos de 58mm a cada 100m) foi suficiente para cobrir os detalhes mais complexos dos elementos menores e esta foi a resolução adotada para executar a digitalização.

O escaneamento a laser cobriu 80% do exterior do edifício, e foram necessárias 2h36 para realizar as 19 varreduras. Materiais transparentes (vidros), superfícies com água, com reflexão especular (cobre) ou que absorvem o sinal (asfalto) dificultam a obtenção de dados. Para cobrir as oclusões e a cobertura, aproximadamente 700 fotos foram tiradas a partir do telhado com sobreposição mínima de 50%. Visando aumentar a nitidez e a qualidade das imagens, evitando-se sombreamentos e incidência excessiva de luz de fundo, o levantamento fotográfico foi realizado no início da manhã. As imagens desfocadas foram eliminadas manualmente.

Processamento dos dados brutos

Nopós-processamento dos dados do escaneamento a laser foram empregados dois softwares. O registro das varreduras individuais com equipamentos Riegl geralmente é realizado no software proprietário RiscanPRO, que se baseia na correspondência de pontos entre os diversos arquivos a partir de alvos reflexivos. Optou-se por realizar o escaneamento sem alvo para acelerar o processo de digitalização em campo, assim empregou-se o software ReCap Pro da Autodesk para realizar o registro de todas as varreduras.

O fluxo de trabalho do ReCap Pro baseia-se na seleção de 3 pontos nos eixos XYZ em uma digitalização base (Figura 3-A) e o software buscará a correspondência entre esses pontos na outra varredura e assim sucessivamente consolidando as varreduras individuais em uma única nuvem de pontos (Figura 3-B). O usuário define o sistema de coordenadas de referência para o registro total dos escaneamentos individuais.

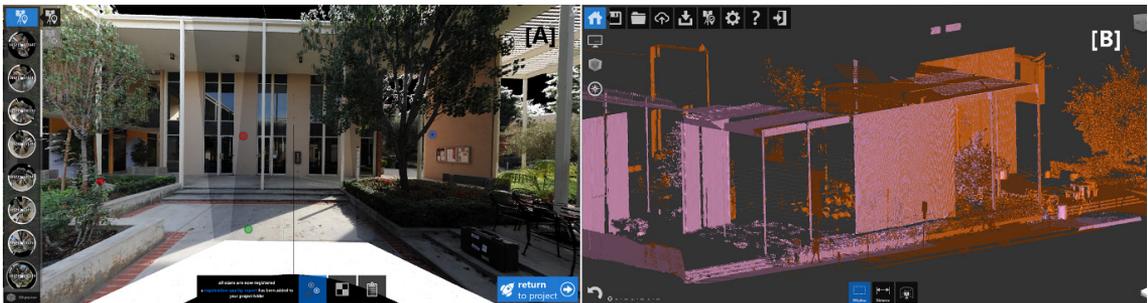


Figura 3. [A] pontos de referência para o Registro [B] Registro das varreduras n.10 e 1. Fonte: Arquivo pessoal.

O software fornece um relatório dos resultados e aponta a qualidade do registro, dando subsídios para o operador aprovar e finalizar o registro ou rejeitar e selecionar novamente outros pontos de referência até o resultado ser satisfatório. O relatório de qualidade do registro apresentado pelo ReCap Pro considera os seguintes requisitos: equilíbrio, percentual de sobreposição de pontos e percentual de pontos com menos de 6 mm. ReCap Pro recomenda pelo menos 30% de sobreposição entre cada varredura a fim de processar o registro corretamente. As varreduras do URC apresentaram sobreposição média de 39,2%.

Para a reconstrução 3D a partir das fotografias empregou-se a tecnologia Dense Stereo Matching a partir de alguns softwares *open source* (Autodesk ReCap360 e VisualSFM) e comerciais (Smart3D Capture), que realizam o processamento de imagens via web ou local. Os resultados alcançados com o Smart3D Capture superaram aqueles dos softwares *open source* em

função da ausência de limite de número de imagens de entrada, tamanho e resolução.

Fusão das nuvens de pontos

A nuvem de pontos resultante da varredura a laser e a malha triangulada gerada no processo de fotogrametria digital foram registradas usando o software *open source* CloudCompare. Este software processa o registro dos dados heterogêneos dos dois tipos de levantamento a partir da seleção automática de pontos comuns, usando a nuvem de pontos da varredura a laser como referência para escalar a malha triangulada, que por natureza não tem referência métrica.

A Figura 4-A apresenta o diagrama de captura e fusão das duas técnicas de levantamento visando à elaboração do modelo BIM, e a Figura 4-B mostra o modelo 3D consolidado da nuvem de pontos.

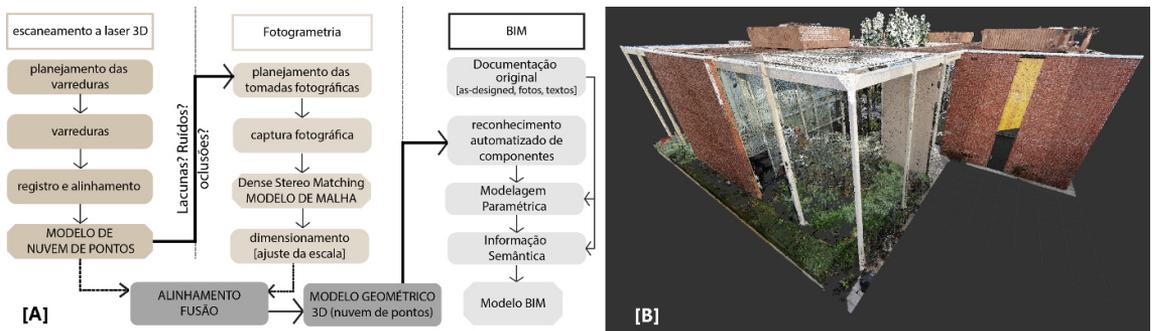


Figura 4. [A] Diagrama de Etapas e [B] Modelo 3D de nuvem de Pontos gerado pela fusão de dados do escâner e das fotografias. Fonte: Elaboração do autor.

Modelagem BIM da disciplina Arquitetura

O Modelo Geométrico 3D de nuvens de pontos constitui a base para a modelagem BIM da disciplina arquitetura, sendo que a técnica de escaneamento digital cobre somente as partes visíveis da edificação. Para efeito de modelagem, foram considerados os detalhes do sistema construtivo constantes na documentação *as-designed* da edificação, pois estes não podem ser capturados através da digitalização 3D.

A modelagem BIM da disciplina arquitetura foi elaborada no software Revit, versão 2015, da Autodesk.

Nesta primeira etapa, não foi empregada previamente nenhuma técnica de reconhecimento automatizado de componentes; assim, o modelo de nuvem de pontos foi importado para o REVIT e todos os componentes foram modelados através de sobreposição a esta base.

Para a modelagem das famílias (portas, janelas, brise-soleil) foi importado um arquivo em formato .dxf, extraído do arquivo de dados brutos (não registrados) da varredura a laser no software RiscanPro da Riegl, pois, primeiramente, o ReCap Pro da Autodesk não exporta esse formato de arquivo e, em segundo lugar, o Revit não importa nuvem de pontos diretamente para arquivos .rfa (family file).

A Figura 5 apresenta imagens da família de janelas de piso a teto modeladas no Revit. No plano de referência [A] podemos ver a nuvem de pontos em azul, assim como na vista exterior [B] e na perspectiva [C], e comparar o modelo geométrico da janela com a imagem na nuvem de pontos capturada pelo escaneamento a laser [D].

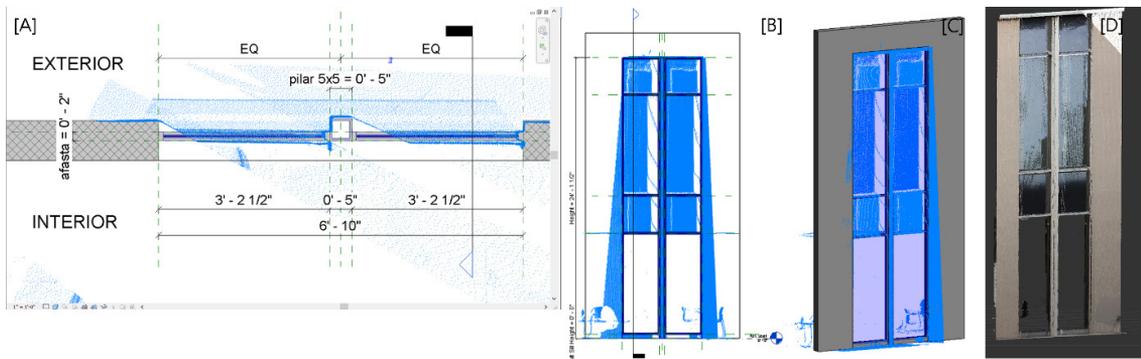


Figura 5. Família de janela modelada no Revit [A, B e C] e vista da nuvem de pontos consolidada [D]. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a modelagem da edificação no Revit, o arquivo de nuvem de pontos registrado e consolidado em formato .rcp (ReCap Pro) foi importado para o arquivo de projeto, servindo de base métrica para o desenvolvimento dos elementos construtivos, assim como para as definições de níveis e eixos (Figura 6). Para definições de materiais, acabamentos e detalhes construtivos, recorreu-se aos dados do projeto original (*as-designed*).

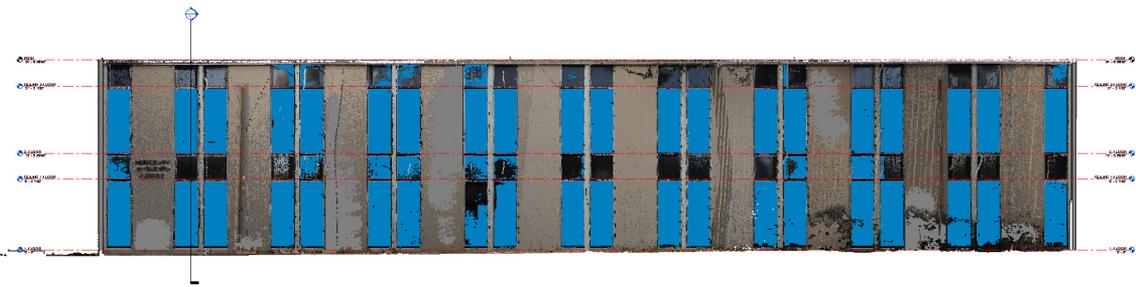


Figura 6. Fachada posterior. Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante a modelagem 3D foram constatadas diversas lacunas de informação geométrica que os levantamentos fotográficos e o LET não cobriram. Por tratar-se de um edifício de geometria relativamente simples e que emprega elementos padronizados (como os caixilhos), foi possível a identificação, em outros elementos de geometria idêntica, das informações geométricas e de dimensionamento faltantes. Este procedimento é inviabilizado em estruturas mais complexas e com elementos diferenciados, o que certamente induziria a levantamentos de campo mais detalhados de áreas específicas para a execução precisa da modelagem a partir da nuvem de pontos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados da integração de tecnologias de digitalização tridimensional de edifícios existentes e sua fusão visando a criação do modelo geométrico 3D na forma de nuvem de pontos. O modelo resultante constitui a referência para a criação do modelo semanticamente orientado visando a documentação das características espaciais e materiais da edificação histórica na modalidade arquitetônica.

Cada tecnologia de digitalização 3D apresenta limitações para a aquisição de dados. Enquanto a varredura a laser produz grande densidade de informação em curto espaço de tempo, e o resultado da captura pode ser conferido em tempo real, a digitalização realizada a partir de fotografias necessita de processamento em softwares baseados na web ou local, o que é um processo lento, e seu resultado só pode ser conferido posteriormente. Além das diferenças de aquisição e processamento, o custo do equipamento

de varredura a laser mais econômico é cerca de 15 vezes superior ao de uma câmera fotográfica de excepcional qualidade, o que acaba sendo o principal impedimento para a disseminação de seu uso. Por outro lado, os softwares proprietários para fotogrametria digital apresentam performance superior e limites mais flexíveis para o *input* de dados do que os *open-source*, mas seu custo é elevado. A questão portabilidade também é um item a ser considerado, principalmente em função do volume e do peso do LET e das exigências de estabilidade para sua instalação e operação. O alcance do equipamento fica limitado à sua instalação e a necessidade de resolver a varredura de locais que o LET não cobre leva obrigatoriamente ao uso de outras formas de captura, inclusive com o emprego de VANT (veículos aéreos não tripulados).

O modelo de nuvens de pontos é um elemento essencial para reconstituição das características espaciais e geométricas do edifício que se pretende documentar, mas constitui apenas a etapa inicial deste processo. De posse da nuvem de pontos, o grande desafio deste projeto foi estabelecer o diálogo entre os diferentes softwares. Nesta pesquisa optou-se por empregar programas de registro de escaneamentos, fotogrametria e modelagem BIM da Autodesk por acreditar-se que a transferência de dados seria mais fácil e rápida entre produtos da mesma empresa, o que acabou não acontecendo. A principal questão enfrentada foi a exportação de formato de arquivo compatível para a leitura da nuvem de pontos pelo Revit no momento de elaborar as famílias de componentes.

O processo de elaboração do modelo *as-built* BIM sem a existência de modelagem anterior ainda está intensamente baseado em trabalho manual, não somente para detecção de componentes na nuvem de pontos gerada no levantamento, mas também para a criação dos elementos paramétricos, o que torna esse processo moroso e sujeito a erros. Além disso, o levantamento das demais disciplinas (hidráulica, elétrica, estrutura) depende de outras tecnologias de sensoriamento.

O método híbrido estabelecido para o levantamento e representação de estruturas arquitetônicas de edificações históricas mostrou-se adequado para o estudo apresentado, contudo a realização de pesquisas avançadas para a interação entre dados, automação de reconhecimento de componentes na nuvem de pontos e no processo de *Scan to BIM* são fundamentais para vencer as limitações apresentadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de pesquisa no exterior concedida, processo nº 2014/02951-5.

REFERÊNCIAS

- AKCAMETE, A.; AKINCI, B.; GARRET Jr, J. H. Potential utilization of building information models for planning maintenance activities. In: INTERNATIONAL CONFERENCE COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2010, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: Nottingham University Press, p. 151-157.
- ARAYICI, Y. An approach for real world data modelling with the 3D terrestrial laser scanner for built environment. **Automation in Construction**, v. 16, n. 6, p. 816-829, set. 2007. DOI:10.1016/j.autcon.2007.02.008.
- BECERIK-GERBER, B.; JAZIZADEH, F.; LI, N.; CALIS, G. Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. **Journal of Constr. Eng. and Management**, v.138, n.3, p. 431-442, mar. 2012. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000433](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433).
- BERALDIN, J. A. Integration of Laser Scanning and Close-Range Photogrammetry – the Last Decade and Beyond. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 20., 2004, Istanbul.

Proceedings... Istanbul: ISPR, 2004, p. 1031-1042.

BOSCHÉ, F. Automated recognition of 3D CAD model objects in laser scans and calculation of as-built dimensions for dimensional compliance control in construction. **Advanced Engineering Informatics**, v. 24, n. 1, p. 107-118, jan. 2010. DOI: 10.1016/j.aei.2009.08.006.

BRILAKIS, I.; LOURAKIS, M.; SACKS, R.; SAVARESE, S.; CHRISTODOULOU, S.; TEIZER, J.; MAKHMALBAF, A. Toward automated generation of parametric BIMs based on hybrid video and laser scanning data. **Advanced Engineering Informatics**, v. 24, n. 4, p. 456-465, nov. 2010.

CHEVRIER, C.; CHARBONNEAU, N.; GRUSSENMEYER, P.; PERRIN, J-P. Parametric Documenting of Built Heritage: 3D Virtual Reconstruction of Architectural Details. **International Journal of Architectural Computing**, v. 8, n. 2, p. 135-150, jun. 2010

DAI, F.; RASHIDI, A.; BRILAKIS, I.; VELA, P. Comparison of Image-Based and Time-of-Flight-Based Technologies for Three-Dimensional Reconstruction of Infrastructure. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 1, p. 69-79, jan. 2013.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

FAI, S.; GRAHAM, K.; DUCKWORTH, T.; WOOD, N.; ATTAR, R. Building information modeling and heritage documentation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE FOR DOCUMENTATION OF CULTURAL HERITAGE (CIPA), 23., 2007, Praga. **Proceedings...** Praga: CIPA. Não paginado.

GENERAL SERVICE ADMINISTRATION. **BIM Guide for 3D Imaging**. Washington, DC: GSA, 2009

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. Um panorama sobre o uso de nuvens de pontos para criação de modelos BIM. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS, 2., 2012, Belém. **Anais...** Belém: UFPA, 2012.

HUBER, D.; AKINCI, B.; ADAN, A.; ANIL, E.; OKORN, B.; XIONG, X. Methods for automatically modeling and representing as-built building information models.

NSF CMMI RESEARCH INNOVATION CONFERENCE, 2011, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: NSF, 2011, p. 1-8.

KLEIN, L.; LI, N.; BECERIK-GERBER, B. Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings. **Automation in Construction**, v. 21, p. 161-171, jan. 2012. DOI: 10.1016/j.autcon.2011.05.023.

LAGÜELA, S.; DIAZ-VILARIÑO, L.; MARTÍNEZ, J.; ARMESTO, J. Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes. **Automation in Construction**, v. 31, p. 230-240, maio 2013. DOI: 10.1016/j.autcon.2012.12.013.

MOUSSA, W., ABDEL-WAHAB, M., FRITSCH, D. Automatic Fusion of Digital Images and Laser Scanner Data for Heritage Preservation. In: IOANNIDES, M.; FRITSCH, D.; LEISSNER, J.; DAVIES, R.; REMONDINO, F.; CAFFO, R. (Eds.). **Progress in Cultural Heritage Preservation**. Berlim-Heidelberg: Springer, 2012, p. 76-85.

PENTILLÄ, H. Early Architectural Design and BIM. In: INTERNATIONAL CAAD FUTURES CONFERENCE, 12., 2007, Sydney. **Proceedings...** Sydney: CAAD, 2007, p. 291-302.

REMONDINO, F.; EL-HAKIM, S. Image-based 3D modeling: a review. **The Photogrammetric Record**, v. 21, n. 115, p. 269-291, set. 2006

SORIA-MEDINA, A.; MARTINEZ, J.; ARIAS, P.; ARMESTO, J.; BUFFARA-ANTUNES, A. Z. Three-Dimensional Modeling of the Romanesque Church of Santa Maria de Castrelos (Vigo - Spain) Using Terrestrial Laser Scanner. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XL-5/W2, p. 601-604, jul. 2013. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W2-601-2013.

TANG, P.; HUBER, D.; AKINCI, B.; LIPMAN, R.; LYTLER, A. Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. **Automation in Construction**, v. 19, n. 7, p. 829-843, nov. 2010. DOI: 10.1016/j.autcon.2010.06.007.

UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA. **2030 Master Plan**. Adaptive Mitigation Management Approach, maio 2011.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. **Automation in Construction**, v. 38, p. 109-127, mar. 2014. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.

Eloisa Dezen-Kempton
elo@ft.unicamp.br

Lúcio Soibelman
soibelman@usc.edu

Meida Chen
meidache@usc.edu

Alexandre Victor Müller Filho
alexandremullerfilho@gmail.com