



GESTÃO E TECNOLOGIA DE PROJETOS

Design Management and Technology

2015 jan.-jun.; 10(1)

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.

Projeto Gráfico
Editora Cubo

Produção e Assessoria Editorial

TIKINET

5 EDITORIAL

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery, Prof. Dr. Márcio Minto Fabricio

7 RESTRIÇÕES ORÇAMENTÁRIAS E ENTREGA DE VALOR: SINERGIAS ENTRE BIM E CUSTEIO-META

Cost constraints and value delivery: synergies between bim and target costing

Marcelo de Moraes, Ariovaldo Denis Granja, Regina Coeli Ruschel

29 ESTUDO EXPLORATÓRIO COMPARATIVO DA EFICÁCIA ENTRE PROTÓTIPOS FÍSICO, ANALÍTICO 2D E 3D NA IDENTIFICAÇÃO DE INCONSISTÊNCIAS DE PROJETOS

A comparative exploratory study on the effectiveness of physical, analytical 2D and 3D prototypes for the identification of design inconsistencies

Lucas Melchiori Pereira, Fernanda Aranha Saffaro, Ercilia Hitomi Hirota, Celso Saito

49 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO EM REFORMAS DE EDIFICAÇÕES DE UNIVERSIDADE PÚBLICA

Assessment of the Project Design in Renovations of Public University Buildings

Paulo Roberto Andery, Cícero Starling, Rute Martins

67 AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO: PRÉ-TESTE DE INSTRUMENTOS PARA VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES

Post-occupancy evaluation: pre-test of tools for performance check of housing developments in innovative building systems

Rosaria Ono, Sheila Walbe Ornstein, Fabiana Lopes de Oliveira, Walter José Ferreira Galvão

83 **CAPTURA E HIERARQUIZAÇÃO DE REQUISITOS DO CLIENTE DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL A PARTIR DA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E DA TÉCNICA DE PREFERÊNCIA DECLARADA**

Capturing and ranking customer's requirements of social housing from post-occupancy evaluation and stated preference technique

Priscilla Assis Conceição, César Imai, Mariana Ragasi Urbano

103 **INTEGRATED DESIGN OF INDUSTRIALIZED BUILDING SYSTEMS: THE TECHNOLOGY CENTER OF THE SARAH NETWORK - CTRS, BRAZIL**

Projeto Integrado de Sistema Construtivo industrializado: Centro de Tecnologia da Rede Sarah - CTRS, Brasi

Marieli Azoia Lukiantchuki, Michele Caroline Bueno Ferrari Caixeta, Márcio Minto Fabricio

Editorial Volume 10 Número 1 Junho de 2015

A **Gestão & Tecnologia de Projetos** publica sua primeira edição de 2015, inaugurando o décimo ano de publicação da revista que teve seu primeiro número lançado em novembro de 2006.

Ao longo desse tempo, o periódico vem cumprindo sua função de colaborar com as discussões em torno de tecnologias e métodos inovadores referentes à metodologia, gestão, avaliação e ensino do processo de projeto no ambiente construído.

Continua vigente seu objetivo de colaborar com os debates em torno da qualidade do projeto, mais ainda nesse momento em que a construção civil brasileira atravessa um cenário de incerteza, no qual a competitividade de empresas e empreendimentos passa pela melhoria do processo de projeto.

A partir deste ano a revista passa a publicar três números por ano de forma a incrementar o número de trabalhos publicados e encurtar os prazos entre o aceite e a publicação das contribuições recebidas. Para realizar a transição de dois para três números anuais, temos em 2015 a publicação deste número de meio de ano e dois números programados para novembro e dezembro. A partir de 2016 a revista passa a publicar em intervalos quadrimestrais.

Essa primeira edição de 2015 encarta trabalhos que revelam mais uma vez a multiplicidade de temas e focos assumidos por pesquisadores brasileiros da área, com destaque para linhas de pesquisa que estão na atual arena de debates: o uso de BIM no processo de projeto, o desenvolvimento de métodos de técnicas de avaliação pós-ocupação e a reflexão sobre os processos de coordenação de projetos. São três linhas temáticas que sempre estiveram presentes nesse periódico.

O primeiro trabalho, “Restrições orçamentárias e entrega de valor: sinergias entre BIM e custeio-meta”, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), apresenta uma revisão crítica da literatura mostrando as oportunidades de uso do BIM no levantamento e processamento de informações utilizadas como suporte aos trabalhos de custeio-meta, na fase inicial de concepção dos empreendimentos.

O segundo trabalho, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Estadual de Londrina (UEL), apresenta um estudo exploratório que confronta o desempenho de protótipos na análise de inconsistências de projetos, comparando protótipos físicos com modelos analíticos 2D e 3D, esses últimos produzidos a partir do BIM.

O terceiro trabalho foi desenvolvido no âmbito da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e apresenta um estudo exploratório sobre o processo de projeto de reformas em edifícios de uma instituição universitária pública, destacando sua complexidade em função de características peculiares do processo de projeto nesse tipo de instituição.

O quarto trabalho, “Avaliação Pós-Ocupação: pré-teste de instrumentos para verificação do desempenho de empreendimentos habitacionais em sistemas construtivos inovadores”, desenvolvido por pesquisadores da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), destaca a associação de métodos de avaliação pós-ocupação e de instrumentos de avaliação técnica de desempenho para avaliar sistemas construtivos inovadores em habitações de interesse social, considerando parâmetros estabelecidos pela NBR 15575, de 2013.

O quinto trabalho também concentra sua atenção em mecanismos de avaliação pós-ocupação, destacando o uso da técnica de preferência declarada na avaliação de habitações de interesse social no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida.

Por último, o trabalho “Integrated design of industrialized building systems: the technology center of the Sarah Network – CTRS, Brasil”, em língua inglesa, resgata

o tema da gestão do processo de projeto, estudando-o em edificações que utilizam princípios de industrialização. Esse estudo foi realizado em um empreendimento do conhecido arquiteto João Figueiras Lima, também conhecido como Lelé. Desejamos a todos uma excelente leitura.

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery

Prof. Dr. Márcio Minto Fabricio

RESTRIÇÕES ORÇAMENTÁRIAS E ENTREGA DE VALOR: SINERGIAS ENTRE BIM E CUSTEIO-META

Cost constraints and value delivery: synergies between BIM and target costing

Marcelo de Moraes¹, Ariovaldo Denis Granja¹, Regina Coeli Ruschel¹

RESUMO O *target costing* ou custeio-meta (CM) é uma abordagem que teve sua origem na indústria manufatureira que tem como objetivo proporcionar a redução de custo sem diminuir a qualidade e o valor do produto aos olhos do cliente e começou a ser utilizada na indústria da construção civil em diversos países. Um aspecto relevante para sua implementação na indústria da construção civil é a qualidade da informação e interação das equipes nas fases iniciais de um empreendimento. O uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) permite a extração de informações de forma rápida e precisa no início da elaboração do projeto, por exemplo, na forma de quantitativos e custos. O artigo tem como objetivo explorar a sinergia existente entre o CM e o BIM, apontando quais os benefícios proporcionados por essa união. Este é um estudo secundário por meio de revisão de literatura de estudos primários sobre CM e BIM com o objetivo de sintetizar os resultados e explorar a possível sinergia do uso integrado dessas abordagens. Os resultados evidenciam os aspectos positivos dessa utilização conjunta. As conclusões apontam para diversos benefícios e estratégias para que ocorra sinergia, tais como a quantificação automática, estímulo à criatividade, avaliação de alternativas de custos e a integração das equipes em novas formas de contratação.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, custeio-meta, modelo de custos.

ABSTRACT Target costing (TC) is an approach that has its origins in the manufacturing industry that aims to provide cost savings without reducing the quality and value of the product to the customer's eyes and has been used in the construction industry in various countries. One aspect relevant to its implementation in construction industry is the quality of information and interaction of the teams in the early stages of a project. The use of Building Information Modeling (BIM) allows the extraction of information quickly and accurately at the beginning of the project design, for instance, quantities and costs estimation. The paper aims to describe the synergy between TC and BIM, pointing out the positive aspects offered by this union. This is a secondary study using literature review of primary studies on TC and BIM to synthesize the results and to explore a possible synergy integrating both approaches. The results show the positive aspects of joint use. The findings point to several benefits and strategies for this synergy to occur, such as automatic quantification, stimulating creativity, assessment of cost alternatives and the integration of the teams in new forms of employment.

KEYWORDS: BIM, target-costing, cost model.

¹Universidade Estadual de Campinas

How to cite this article:

MORAIS, M.; GRANJA, A. D.; RUSCHEL, R. C. Restrições orçamentárias e entrega de valor: sinergias entre BIM e custeio-meta. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 7-27, jan./jun. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.81141>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 05 mar. 2015

Aceito em: 06 maio 2015



INTRODUÇÃO

No contexto atual da construção civil, resolver a aparente incompatibilidade entre a necessidade de redução de custos nos empreendimentos do setor e, ao mesmo tempo, assegurar a entrega de valor na percepção do cliente ou usuário final adquire grande relevância. O *target costing* ou custeio-meta (CM) tem sido proposto como um dos métodos potenciais para resolver essa incompatibilidade. As interações nas análises de custos e a sua efetividade na entrega de valor ao cliente ou usuário final, típicas do CM, podem ser catalisadas com o uso do *Building Information Modeling* (BIM).

Poucas foram as pesquisas que procuraram investigar a possível sinergia entre o CM e o BIM na construção civil. Este artigo apresenta o resultado de uma pesquisa bibliográfica que teve como objetivo investigar a interação entre a abordagem do CM e o conceito BIM, assim como identificar quais características relevantes do BIM podem auxiliar na aplicação do CM na indústria da construção civil. Trata-se, portanto, de um estudo secundário objetivando sintetizar os resultados e apresentar evidências dos estudos primários já publicados. O foco do estudo está nas questões relativas ao uso de modelos de informação da construção e o CM.

O artigo apresenta, também, um caso bem-sucedido de utilização de BIM e CM, realizado em um prédio hospitalar na Califórnia – *Sutter Medical Center Castro Valle*. Optou-se por citar o caso, pois este foi modelo para implementação de outros projetos do setor hospitalar na Califórnia, pioneiro na utilização de novas formas de contratação como o *Integrated Project Delivery*TM (IPD) e uso de modelos BIM para gerenciar o CM no empreendimento.

Desejou-se sintetizar o conhecimento acumulado sobre o tema. Sendo assim, o trabalho desenvolve uma discussão teórica sobre o assunto, sendo apresentado como resultado parcial de pesquisa vinculada à Rede Cooperativa de Pesquisa FINEP de Tecnologias da Informação de Comunicação Aplicadas à Construção de Habitação de Interesse Social (TICHIS). Verificou-se uma sinergia entre o BIM e o CM por meio das informações passíveis de serem geradas pelos modelos, tal como a extração de quantitativos de forma rápida e precisa para apoiar decisões em fases iniciais de concepção, as quais contribuem para a abordagem proativa e para a análise de alternativas de custo no desenvolvimento de produtos da construção civil. Finalizando, o artigo apresenta um panorama das pesquisas em que o CM utiliza o ferramental BIM como suporte ao processo de tomada de decisão.

CUSTEIO-META

Vários autores, como Monden (1995), Nicolini et al. (2000), Yook et al. (2005) e Okano e Suzuki (2007), atribuem a origem do CM à indústria automobilística japonesa no início da década de 1960. Segundo Moden (1995), a Toyota foi a primeira a desenvolver o CM, que surgiu da necessidade da competitividade de preço e redução de custos entre os fabricantes de automóveis. Hoje, o CM é usado não apenas na indústria automotiva, mas também em outras áreas da indústria de manufatura.

Porém, há indícios de que a Ford utilizou conceitos relacionados ao CM para desenvolver o Modelo T, fixando um valor estimado indicativo para seu desenvolvimento (COOPER; SLAGMULDER, 1997). A Volkswagen também utilizou conceitos da abordagem para desenvolver o Fusca em 1930 (FEIL; YOOK; KIM, 2004 apud JACOMIT; GRANJA, 2011). Tais fatos salientam que a indústria japonesa incorporou esses conceitos e a engenharia de valor, transformando a abordagem do CM como é conhecida atualmente. Além da indefinição da origem da abordagem, não há consenso sobre sua definição.

Para Nicolini et al. (2000), o CM é entendido como uma ampla prática de gestão estratégica que dá relevância à coordenação da cadeia de suprimento, com intuito de obter vantagem competitiva via entrega de um produto para o qual haverá demanda de compradores.

Para Ansari et al. (1997), CM é um sistema para gerenciamento de custos e planejamento dos lucros realizado de forma multidisciplinar, baseado no preço de mercado, e tem como meta atender às necessidades do cliente.

Moden (1995) define o CM como um sistema de gerenciamento de custos que envolve níveis competitivos de custos e preços e que garanta a lucratividade, e tem como objetivo oferecer produtos com qualidade, com preços acessíveis e que agradem aos clientes.

De acordo com Cooper e Slagmulder (1997), o CM é definido por uma estratégia de desenvolvimento de novos produtos, sendo que o custo passa a ser um dos fatores que irão influenciar diretamente sua concepção. Este, por sua vez, pode ser influenciado por três fatores de custeio baseados no mercado, no nível do produto e no nível do componente, sendo necessário um tipo de esforço distinto para quebrar as barreiras de custo do produto em cada parte do processo, e cada fator determina uma relação específica com o produto e sua produção (COOPER; SLAGMULDER, 1997).

Para Ballard (2008), o CM é um método de desenvolvimento do produto que garante ao cliente a entrega de valor levando-se em consideração as restrições orçamentárias. Esse método deve ser entendido como uma filosofia de gestão empresarial que implica necessidades de melhoria contínua e inovação constantes.

Percebe-se que não há um consenso sobre o CM, alguns definem como sistema, processo, método de desenvolvimento do produto, prática de gestão estratégica. No contexto deste trabalho, CM é compreendido como um sistema proativo para o gerenciamento de custos no desenvolvimento de novos produtos na indústria de AECO e não se restringe apenas a uma ferramenta para gerenciamento de custos. Dessa forma, CM tem como objetivo reduzir os custos, sem perder a qualidade e demais atributos que adicionam valor na perspectiva do cliente.

O termo *Target Value Design* (TVD) vem sendo adotado como uma adaptação mais recente do CM para a construção civil. A menção ao termo TVD surgiu pela primeira vez em um artigo escrito por Hal Macomber, Gregory Howell e Jack Barberio (2007), e passou a ser utilizado principalmente pela indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) nos EUA. Segundo Zimina et al. (2012), o TVD é utilizado em contextos altamente colaborativos na construção civil que pressupõem a adoção do *Integrated Project Delivery*TM (IPD) e do *Integrated Form of Agreement* (IFOA) no empreendimento. Vários autores apresentam os aspectos de utilização e caracterização do CM.

Para Ballard e Reiser (2004), o CM é utilizado inicialmente na concepção de um produto e nas suas modificações posteriores pertinentes ao processo de fabricação e ao longo do seu ciclo de vida e deve ter seu foco ao longo do processo como um todo.

Segundo Yook, Kim e Yoshikawa (2005), a utilização do CM na construção civil tem se ampliado no Japão. A primeira constatação da aplicação integral da abordagem do CM na construção civil foi em 1997 pelo governo japonês, na construção de obras públicas, com uma série de adaptações necessárias às peculiaridades da construção civil.

Entre as empresas japonesas, os resultados mais significativos com a adoção do CM foram, primeiramente, o envolvimento de um número maior de funcionários no processo para reduzir custos e a compra de insumos por melhores preços e, finalmente, a redução dos custos na construção (YOOK; YOSHIKAWA, 2005).

O CM utiliza os custos como parâmetro de entrada para o desenvolvimento do produto e, consequentemente, exerce influência na gestão do processo de projeto. Restrições orçamentárias, bastante frequentes em empreendimentos do setor, devem ser levadas em consideração no processo de desenvolvimento do produto, utilizando-se ferramentas tais como a Engenharia de Valor e modelos BIM para apoio à tomada de decisão ao longo da gestão do processo de projeto. Isso também potencializa a interação e a colaboração entre os agentes envolvidos, permitindo evoluções projetuais ao longo de seu desenvolvimento e por meio de *workshops* (BALLARD; REISER, 2004).

Para Monden (1995), o CM tem como uma de suas características incorporar a administração do lucro em todo o processo de elaboração de um produto na empresa. Para que isso ocorra, é necessário o envolvimento de todos os setores. Inicialmente, deve ser realizado um plano para verificar a qualidade do produto aos olhos do cliente. Em seguida, deve ser realizada uma pesquisa em relação ao custo do produto no mercado (garantindo-se, assim, o lucro necessário que se deve atingir ao definir o custo-meta) e, finalmente, os esforços devem garantir que ocorra a redução dos custos e a satisfação do cliente (MONDEN, 1995).

Outra característica da abordagem do CM é considerar o custo, a funcionalidade e a qualidade do produto como parâmetros determinantes na fase inicial de desenvolvimento do projeto. Tais fatores irão orientar a intenção de se projetar para um determinado valor, ou custo-meta. O uso de modelos 3D¹ pode potencializar a interação e a colaboração entre os agentes envolvidos no desenvolvimento do projeto na construção civil, permitindo evoluções projetuais do modelo ao longo de seu desenvolvimento, visando atingir as restrições presentes no empreendimento, na maioria das vezes orçamentárias (WHINCH, 2002).

Segundo Ballard (2008), deve haver um esforço para se reduzir o desperdício em todo o ciclo do projeto e orçamento; também é necessário que ocorra uma mudança fundamental de pensamento de “custos esperados” para metas de custo, bem como o envolvimento de diversas equipes funcionais sem pressupor que apenas um agente detenha todo o conhecimento. Finalmente, o uso do CM pressupõe um projeto integrado, desenvolvido em ambientes colaborativos, ou seja, um processo de custo ligado ao modelo da informação da construção (BALLARD, 2008).

BIM

O paradigma BIM é definido por Eastman et al. (2011) como uma tecnologia de modelagem e de processos associados para produzir, analisar e comunicar modelos com as informações de edifícios. Uma de suas principais características é o uso de modelos paramétricos e está fundamentada na interoperabilidade e colaboração entre os diversos profissionais da indústria da construção civil. Com a criação do modelo de informação da construção, é possível gerar, de forma automática, documentos, desenhos, quantitativos, entre outras informações, continuamente atualizadas e vinculadas entre si (EASTMAN et al., 2011).

Ainda de acordo com Eastman et al. (2011), o BIM se adequa ao uso da engenharia de valor no desenvolvimento de produtos da construção civil por meio de estimativas de custos e programação contínua, integradas na concepção do projeto. Facilita-se, assim, a tomada de decisão nas fases iniciais de projeto como análise de viabilidade por meio das estimativas de custo. Pode ainda subsidiar o gerenciamento da construção civil, como suporte à implantação de abordagens inovadoras como o IPD.

O detalhamento na modelagem é outro aspecto importante quando o foco é a extração de custos, checagem de conflitos e análise de desempenho. Eastman et al. (2011) descrevem a importância da maturidade e da evolução dos detalhes entre as fases de desenvolvimento do empreendimento, que vão da concepção à construção.

Bedrick (2008) descreve os níveis de desenvolvimento do modelo como LOD (*Level of Development*), uma forma lógica de como um modelo BIM deve evoluir, indo do menor nível de desenvolvimento, na etapa conceitual do projeto até o maior nível de precisão e representação na etapa de construção,

¹ Segundo Winch (2002), o uso de modelos 3D com tecnologia *object orientated database* (OODB), lançado pela Bentley em 2000, elimina algumas limitações presentes no gerenciamento de documentos eletrônicos gerados por desenhos em CAD como: o esforço na interação baseada em desenhos impressos, os desenhos não contêm informações extras como quantitativos, e os trabalhos são realizados de forma dissociada, sendo que os projetistas não podem trabalhar simultaneamente em um mesmo modelo.

fabricação e operação. A especificação desses níveis de desenvolvimento ou *Model Progression Specification* (MPS), segundo o autor, foi iniciada pela Vico² e Webcor³, e posteriormente desenvolvida pela subcomissão de tecnologia do *The American Institute of Architects da Califórnia* – AIA (2008), e passou a ser adotada pela mesma em 2008, por meio do protocolo E 202™-2008, *Building Information Modeling Protocol* (BEDRICK, 2008).

Segundo AIA (2008), independentemente das ferramentas utilizadas, todos os modelos devem seguir a mesma classificação padrão de objetos determinados pela *National Building Information Model Standard* (NBIMS). Além disso, o responsável pela gestão do modelo deverá facilitar a implementação dos protocolos de modelagem. Os protocolos são relativos às padronizações e às definições dos papéis de modelagem de cada indivíduo durante a criação e o compartilhamento dos arquivos em formato digital.

Alguns desses protocolos são relativos ao(s) modelo(s) criados como: a definição do sistema de coordenadas, ponto de origem do modelo, das unidades de trabalho, do local de armazenamento do(s) arquivo(s) etc.

Outros, relativos à segurança nos procedimentos de transferência de dados em meio digital, como: ao acessar o(s) modelo(s) para detecção de conflitos, ao realizar alteração(ões) no(s) modelo(s), ao criar modelo(s) específicos para cada disciplina, ao estabelecer os direitos de acesso(s) e alterações do(s) modelo(s), dentre outros, a serem definidos quando necessário.

As descrições dos LOD servem para identificar os requisitos de conteúdo específicos e associados para cada modelo, definindo seis níveis progressivos de desenvolvimento de 100 até 500. Cada LOD subsequente baseia-se no nível anterior e inclui todas as suas características, possuindo um incremento de detalhes que são adicionados gradualmente. Esses níveis são descritos a seguir (AIA, 2008, 2013).

O nível *conceptual* (100) é equivalente à fase inicial de concepção ou estudo volumétrico do projeto; o modelo é constituído de toda a volumetria global da construção e pode realizar algumas análises de construção, tais como: definir a forma inicial da edificação, a orientação do edifício e o seu custo por metro quadrado.

O segundo nível de desenvolvimento, *approximate geometry* (200), é comparado à fase de concepção do projeto ou anteprojeto e possui parte da sua geometria já definida, com quantitativos aproximados, tamanho e formas predefinidos. Há a representação parcial das instalações prediais, sendo que, nessa fase, a orientação do edifício e sua localização já estão definidas. É possível anexar informações aos componentes do modelo, permitindo a realização de análises de desempenho e quantitativos aproximados vinculados aos componentes.

No terceiro nível, *precise geometry* (300), o projeto está praticamente definido, possuindo a especificação dos materiais, os quantitativos já precisos e refletindo o que será construído no canteiro. É possível gerar a documentação para a obra, a lista de compras, bem como anexar o cronograma da obra em uma macroescala (sem detalhes de montagem). Isso permite a realização de diversas análises simulando o comportamento do edifício, englobando instalações prediais. O modelo pode ser utilizado para a construção, aproximando-se dos detalhes da fase de fabricação.

No quarto nível, *assemblies for coordination* (350), os níveis de desenvolvimento são suficientes para a coordenação, compatibilização e checagem de conflitos entre disciplinas (arquitetura, estrutural e sistemas prediais). Definem-se nessa fase os escopos de projeto por disciplina e o nível de desenvolvimento do modelo que possam garantir a compatibilização entre os projetos como de estrutura e hidráulica, prevendo, muitas vezes, o

² A Vico Software Inc. é uma *softhouse* americana que também presta serviços para a indústria da construção civil, especializada em gerenciamento da construção. Disponível em: <<http://www.vico-software.com>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

³ Webcor é uma empresa americana especializada tanto no desenvolvimento projetos quanto na construção civil. Disponível em: <<http://www.webcor.com>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

detalhamento de reforços, conexões da estrutura que possam influenciar na sua compatibilização⁴.

Na etapa *fabrication* (400), o modelo está pronto para a construção e fabricação. Para a execução desse modelo, é essencial a participação de todos os envolvidos no processo. Os detalhes do cronograma de obras devem estar vinculados ao modelo, que reflete o processo relativo da montagem (*assembly*) da obra. Essa fase permite simulações precisas e processos de manufatura dos componentes.

O último LOD, *as built* (500), reflete como o modelo foi construído e é considerado ideal para a realização da operação, da manutenção e de reformas.

No estudo realizado por Leite et al. (2011), observa-se a importância de definições dos LOD necessários para executar cada tarefa que se deseja atingir como: detecção de conflitos de instalações, extração de quantitativos, análise de desempenho, dentre outros. Dessa forma, pode-se otimizar o tempo de modelagem e atingir os objetivos propostos, viabilizando-se a definição de parâmetros para a utilização conjunta de BIM e CM.

MÉTODO DA PESQUISA

O método de pesquisa adotado para o desenvolvimento do artigo foi a pesquisa bibliográfica. O estudo se caracteriza como secundário por meio de revisão de literatura de estudos primários com foco em BIM e CM, visando sintetizar os resultados e identificar benefícios do uso combinado dessas abordagens. O delineamento da pesquisa se deu com a definição do tema, do levantamento bibliográfico preliminar, da formulação do problema. Para isso, foi elaborado um plano provisório de assunto e, posteriormente, a busca das fontes, leitura do material e a organização lógica do tema para a redação do artigo (GIL, 2010).

Na fase do plano provisório de assunto, buscaram-se publicações que apresentassem os temas BIM, CM, *target costing* ou *target value design* correlacionados no mesmo artigo. Foram definidos dois critérios básicos para a coleta do material final: o temporal e o filtro de publicações. O critério temporal estabeleceu a abrangência dos estudos entre 2002 e 2012. Já o filtro de publicações definiu a seleção de artigos por meio da identificação das palavras-chave CM ou *target costing* ou *target value design* e BIM no título e resumo dos estudos.

A busca das fontes ocorreu em *websites* de busca como Google Acadêmico e bases de referências bibliográficas como Web of Science e Scopus. Também houve a seleção de teses, dissertações e livros relevantes sobre o tema. Esse processo também incluiu publicações contidas no International Group for Lean Construction (IGLC), no *Journal Automation in Construction*, no AECbytes e no *Journal of Construction Engineering and Management*.

Para a organização da estrutura lógica do assunto, adotou-se o processo de argumentação lógica proposto por Groat e Wang (2002). Segundo os autores, a estratégia de pesquisa de argumentação lógica consiste na capacidade de dar ordem lógica a um conjunto de fatores previamente díspares. Dessa forma, enquadram-se de forma lógica sistemas conceituais que ainda não estavam relacionados, devido a interconexões anteriores desconhecidas ou não sistematização de fatos relevantes associados (GROAT; WANG, 2002, p. 301-302).

O desenvolvimento da argumentação lógica baseou-se na fundamentação teórica e analítica abordada nas seções 2 e 3. Explicitou-se a argumentação lógica nos relatos de casos práticos da incorporação de BIM e CM publicados em artigos científicos resultantes da etapa de busca de fontes.

⁴ O LOD 350 não está incluído nos documentos E202™-2008, *Building Information Modeling Protocol* e G202™-2013, *Project Building Information Modeling Protocol Form*, elaborados pela AIA, que surgiu devido à necessidade identificada pelo grupo de trabalho do BIMForum de se criar um modelo com desenvolvimento necessário que facilitasse a coordenação entre disciplinas e fosse detalhado e acrescentado ao *Guide and Instructions* do BIMForum (BEDRICK, 2013).

Primeiramente, os casos práticos são caracterizados em termos de CM pelo tipo de contrato, práticas declaradas e pela forma de interação para atingir o CM (seção 2). Em seguida, os casos práticos são caracterizados em termos de BIM, identificando-se o nível de desenvolvimento do modelo de informação empregado (seção 3). A sinergia entre BIM e CM é explicitada nos benefícios, relatados nos casos práticos, que suportam a abordagem de CM como: (1) custo automatizado; (2) estímulo à criatividade – alternativa de solução; (3) colaboração, otimização e controle de processo; (4) rapidez de *feedback*.

Também são apresentadas as dificuldades relatadas relativas à implementação de BIM no contexto de CM. As dificuldades apontam barreiras que impedem maior sinergia entre essas abordagens. O nível de desenvolvimento do modelo de informação indica os usos de BIM propiciados pela sinergia encontrada.

Visando ilustrar a adoção de BIM e CM de forma mais detalhada, optou-se por apresentar como exemplo o caso do *Sutter Medical Castro Valley*, na Califórnia, na seção 5, por ser um exemplo bem-sucedido e uma referência na adoção de BIM e CM nos EUA, além do caso do *Sutter Medical Castro Valley* possuir uma grande disponibilidade de dados provenientes das publicações levantadas e das informações sobre o processo de integração e colaboração presente no empreendimento, contribuindo, assim, para ilustrar a sinergia entre as duas abordagens.

SÍNTESE DO CASO SUTTER MEDICAL CENTER, CASTRO VALLEY, CALIFORNIA

Segundo Khemlami (2009), o Sutter Medical Center Castro Valley exemplifica a utilização bem-sucedida de BIM e CM, o empreendimento é uma experiência inovadora em IPD, um marco na Indústria de AECO dos EUA. Destaca-se, ainda, por ser um empreendimento de grande complexidade no valor de 320 milhões de dólares e o primeiro a demonstrar as potencialidades da utilização de ferramentas de *Lean Construction*, IPD e BIM.

O desenvolvimento do projeto do Sutter Medical Center Castro Valley teve como principais características o uso do IPD, a utilização de métodos de *Lean construction*, TVD, além de especificar objetivos e metas de projeto para todos os membros da equipe. Tal tipo de abordagem facilita a colaboração ao longo desenvolvimento do projeto e na fase de construção. As exigências e especificações presentes no contrato determinaram o que a equipe de projeto deveria fazer e, conseqüentemente, controlar as possibilidades de lucro ou perdas. O projeto teve como característica um orçamento reduzido, prazo de entrega curto, metas ambiciosas e a extensiva colaboração durante o detalhamento do projeto e a construção (EASTMAN et al. 2011, p. 431-432).

Alguns dos motivos que alavancaram a utilização de modelos BIM para integrar as equipes de projeto nesse empreendimento foram as diversas metas estabelecidas ao longo do desenvolvimento do empreendimento. Inicialmente, foi assinado um acordo preliminar IFOA (*Integrated Form of Agreement*) que originou um modelo comprometendo a equipe a utilizar o IPD e ferramentas *Lean Construction*, que serviu como referência para o desenvolvimento de outros projetos de unidades de saúde (KHEMLAMI, 2009).

Sacks et al. (2010) destacam ainda que houve a presença de um profissional responsável pela integração entre BIM e *Lean* (*BIM Manager*). Os resultados positivos demonstram como o novo processo de gerenciamento combinando as duas áreas podem proporcionar benefícios e economia de recursos na execução do empreendimento.

O empreendimento possui alguns itens característicos que se destacam, tais como: as metas de custo a serem cumpridas, a demolição do antigo hospital, a preocupação com a gestão ambiental, o que permitiu diversas certificações LEED e o prazo previsto para o funcionamento do hospital. Para o gerenciamento do empreendimento no desenvolvimento do projeto

e na construção, houve o uso de ferramentas de *Lean Construction* – CM e a utilização ampla de modelos BIM (EASTMAN et al. 2011, p. 434).

O uso do IPD foi essencial para atingir as metas estabelecidas pelo proprietário, havendo a participação de todas as equipes envolvidas, permitindo a otimização do projeto e melhorando a colaboração para redução dos custos. O projeto teve como referência um custo-meta, o que facilitou o monitoramento contínuo, garantindo, assim, que essa meta não fosse ultrapassada, tanto antes quanto durante a construção, usando princípios da abordagem do CM (EASTMAN et al. 2011, p. 439).

Maximizar a criação de valor a partir da perspectiva do proprietário, minimizando desperdícios, foi uma prática constante no desenvolvimento desse empreendimento. O uso de modelos BIM nas fases iniciais de projeto teve como finalidade integrar as equipes de projeto, por meio do modelo BIM, possibilitando a identificação de conflitos e minimizando riscos, desde o detalhamento do projeto à construção, evoluindo até mesmo para a fabricação. A utilização de modelos 3D (Figura 1) para agilizar a troca de informações de projeto tinha também como principal finalidade agilizar a extração de quantitativos e os processos envolvidos na construção, permitindo à equipe um *feedback* mais rápido do monitoramento do custo-meta (TIWARI et al., 2009).

Tiwari et al. (2009) descrevem como foi o processo de elaboração de um modelo baseado em custos. Percebe-se o uso de ferramentas de modelagem geométrica e geração de desenhos, como Revit Architecture, vinculadas a ferramentas para estimativas de custos como o Timberline Cost Assemblies e Innovaya (Figura 1). A princípio, houve resistência na utilização dos modelos BIM, pois muitos dos especialistas da área de orçamentação não confiavam nas informações geradas de forma automática.

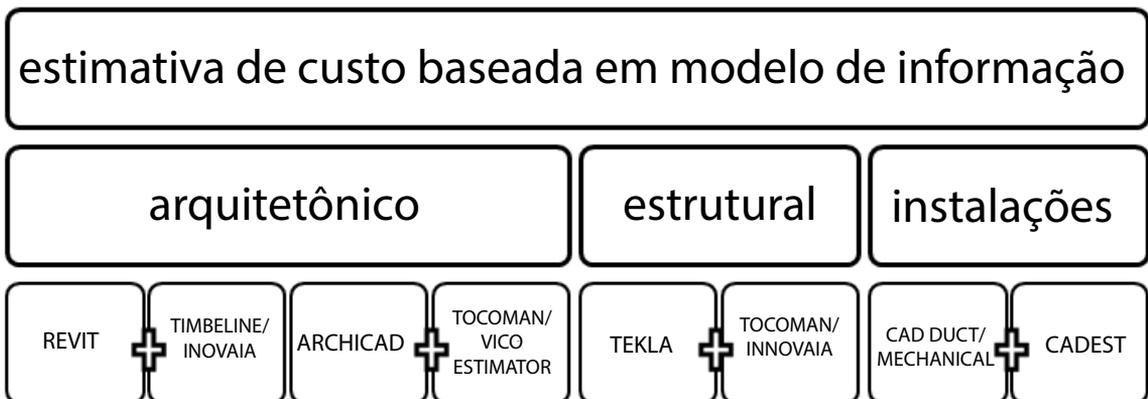


Figura 1. Processo de estimativa de custos realizado no Revit e no Innovaya. Fonte: adaptado de Tiwari e colaboradores (2009, p. 4).

Tiwari et al. (2009, p. 4) afirmam que há no mercado duas opções possíveis na implementação da estimativa de custo baseado em modelo BIM: uma solução de estimativa de custo que trabalha prioritariamente com uma ferramenta de modelagem geométrica (como Timberline e Revit, Tocoman e Tekla, VICO Estimator e ArchiCAD), ou uma plataforma neutra, na qual pode-se importar modelos de diferentes fontes (como Innovaya Visual Estimating, Tocoman, U.S. Cost). Nesse caso, o desenvolvedor do aplicativo de estimativa orçamentária cria um *plug-in* de exportação para cada software de modelagem geométrica ou usa um formato de arquivo neutro, como o IFC para intercâmbio de dados. Esses aplicativos de estimativa de custos não garantem a exportação para qualquer modelador geométrico, por isso, é necessário verificar a interoperabilidade entre as ferramentas de modelagem e os aplicativos de estimativa de custo.

No início, as estimativas de custos realizadas pelo modelo podem ser mais demoradas, mas, com as devidas verificações dos quantitativos, constatou-se maior agilidade, com excelente precisão nas estimativas obtidas de forma automática. Por meio do modelo, foi possível quantificar de forma rápida

e precisa o custo das alternativas projetuais apresentadas pelas equipes de projeto, facilitando a tomada de decisão, o que contribuiu para a adoção das abordagens do CM desenvolvimento do projeto.

Em um primeiro momento, houve muito retrabalho até que o modelo estivesse apto a gerar informações rápidas e precisas, já que erros na modelagem da edificação acabavam comprometendo a extração dos quantitativos. Como cada parceiro de projeto e construção utilizou uma plataforma BIM específica de sua escolha para modelagem, ao realizar a coordenação, integração e colaboração entre os modelos foi necessário avaliar a conformidade em IFC⁵, para isso foi utilizado o software Solibri Model Checker⁶.

Após a customização dos modelos com o Solibri, para extração dos quantitativos e geração automática dos custos, os integrantes da equipe que trabalharam na orçamentação realizaram um quadro comparando os métodos utilizados: um empregando desenhos e calculando manualmente e o outro executado através da extração automática realizada com modelos BIM. Observa-se na Figura 2 uma redução de até 65% do tempo ao se utilizar modelos BIM (TIWARI et al., 2009, p. 2).

O desafio era usar os modelos BIM como uma fonte precisa e confiável na extração do custo, o que reduziu o *feedback* de custo do projeto de 8 para até 3 semanas (Figura 2), porém nem todas as estimativas de custo foram extraídas do modelo. Quando o custo baseia-se em função do tempo e não em elementos 3D, como construção de abrigos provisórios, escoramentos temporários, equipamentos, atividades temporárias, dentre outros, os trabalhadores são dependentes da duração das atividades de construção e dos múltiplos projetos como um todo, tendo reflexos diretos nas atividades (EASTMAN et al., 2011, p. 468).

Além da utilização do BIM para extração de quantitativos, o uso de BIM foi essencial para integrar as equipes principais de trabalho compostas por diversos membros das empresas que participaram do empreendimento: proprietário – Sutter Health; arquiteto – Devenney Group; construtora geral – DPR Construction; engenharia de sistemas mecânicos e hidráulicos – Capital Engineering; projeto elétrico – The Engineering Enterprise; projeto estrutural – TMAD-Taylor & Gaines; assessoria execução dos projetos mecânicos – Handling Superior Air; assessoria execução dos projetos hidráulicos – J. W. McClenahan; assessoria execução dos projetos elétricos – Morrow Meadows; proteção contra incêndio – Transbay Fire Protection; Projeto de Integração *Lean* e BIM – GHAFARI Associates (KHEMLANI, 2009).

Ao longo do desenvolvimento do projeto, as equipes e os consultores participaram de reuniões quinzenais, nas quais os modelos eram integrados e avaliados, para isso usou-se o software Navisworks da Autodesk. As reuniões ocorreram de forma colaborativa, as equipes discutiam o projeto em um *big room* de forma presencial e virtualmente usando tecnologias de colaboração on-line como GoToMeeting™ ou Webex™ (EASTMAN et al. 2011, p. 440).

Durante as reuniões, várias análises foram realizadas checando os detalhes construtivos, os fluxos de trabalho, a integração e os conflitos entre as disciplinas. O processo de revisão dos projetos realizados por meio do BIM permitiu a visualização e o acesso de forma fácil a todos os projetos complementares realizados, diferenciando-se, assim, dos processos tradicionais que dependem da interpretação de um conjunto de representações fragmentadas de diversas disciplinas que contêm detalhes específicos (EASTMAN et al. 2011, p. 452).

⁵ O Industry Foundation Classes é um modelo de dados com especificação neutra e aberta, não controlada por um único fornecedor ou grupo de fornecedores, definindo um único modelo de dados orientado a objeto de prédios compartilhados para todas as aplicações e compatibilidades. Disponível em: <<http://www.buildingsmart.org/>>. Acesso em: 28 de julho de 2015.

⁶ Solibri Model Checker é um software BIM criado para analisar informações de modelos de construção por meio da leitura de seus códigos no formato IFC. É bastante utilizado para a detecção de conflitos e verificação de erros de modelagem (EASTMAN et al. 2011).

Para facilitar a integração multidisciplinar do projeto, o responsável pela disciplina a ser discutida deveria participar de forma presencial nas reuniões no *big room*. Sendo assim, as dúvidas referentes à área em questão eram discutidas com os demais membros da equipe, dando maior agilidade ao processo.

As experiências obtidas no Sutter Medical Center Castro Valley demonstram que é possível realizar a integração de equipes de forma colaborativa e contínua com modelos BIM e CM, mesmo em projetos complexos. A utilização conjunta de BIM e CM estabelecida como uma das metas do empreendimento pelo IPD evidencia a sinergia presente nas duas abordagens.

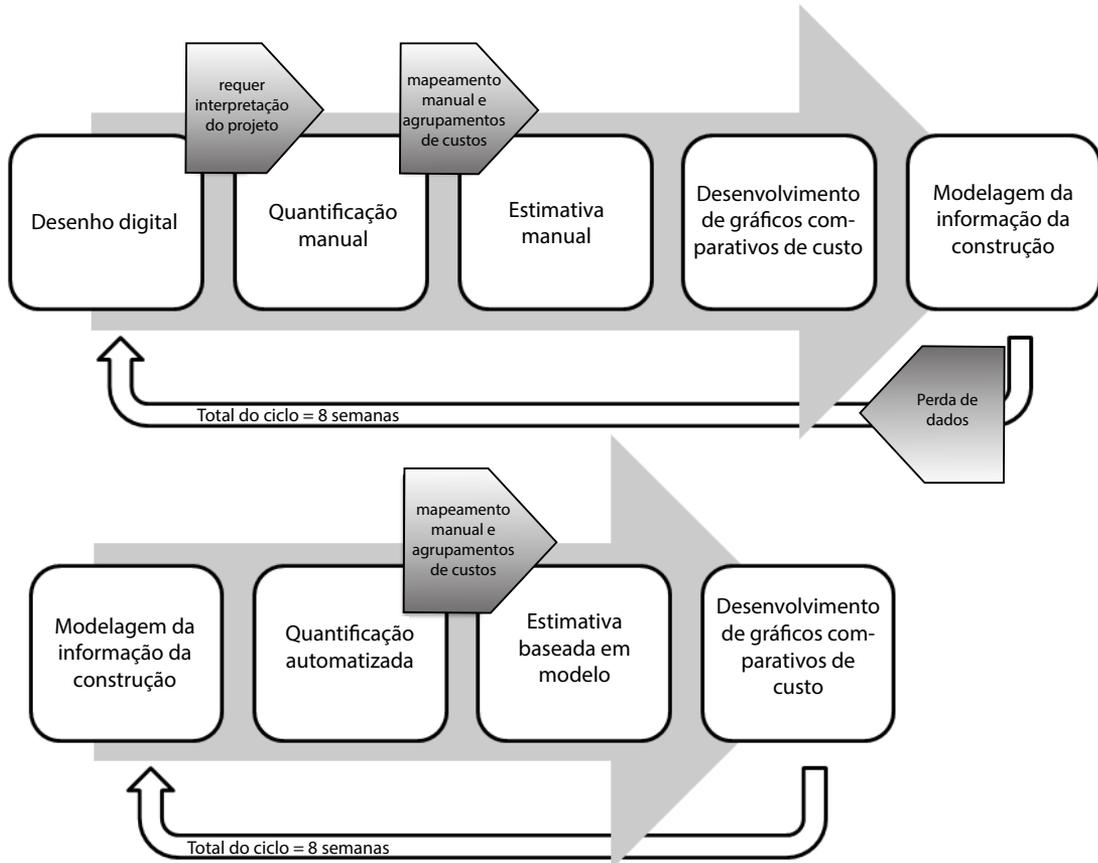


Figura 2. Orçamento manual comparada com o processo baseado em BIM. Fonte: adaptado de Tiwari e colaboradores (2009, p. 2).

Esse caso explicita a sinergia entre BIM e CM relativa à: (1) extração custos de forma automatizada; (3) colaboração, otimização e controle de processo; (4) rapidez de *feedback*.

ARGUMENTAÇÃO LÓGICA

O Quadro 1 apresenta um cenário de utilização conjunta de BIM e CM, a partir dos critérios propostos na metodologia. Na primeira coluna, destacam-se as referências bibliográficas dos casos práticos selecionados. Segue ao lado a localização da obra, suas características, a forma de contratação e as práticas específicas utilizadas ao longo do processo. Em seguida, faz-se a classificação das formas de interação utilizadas para atingir o custo-meta.

No Quadro 2, realiza-se a análise da relação entre a utilização de modelagem em BIM e a fase da obra durante a realização da abordagem do CM. Inicia-se com a fase do empreendimento em que o modelo foi realizado (Concepção, Anteprojeto, Projeto, Construção ou Fabricação). Em seguida,

há a classificação de acordo com o nível de desenvolvimento do modelo de informação e também uma apresentação de algumas características ou nomenclaturas utilizadas para o modelo de custos estabelecido.

Quadro 1. Caracterização dos casos abordados na pesquisa.

Autores	Estado, país - obra	Característica da obra	Empregos de contratos e práticas específicas	Formas de interação para atingir o custo-meta
Caso 1: Ballard e Reiser (2004).	Minnesota – EUA St. Olaf College	Construção de um ginásio para uma universidade	<i>Design Build</i> , práticas de <i>Lean Construction</i> .	<i>Workshop</i> para produzir projetos esquemáticos, incorporando metas de custo.
Caso 2: Tiwari et al. (2009); Khemlani (2009); Alarcon, Christian e Tommelein (2011); Eastman et al. (2011).	Califórnia – EUA Sutter Health Medical Center Castro Valley	Demolição, reforma e ampliação de um edifício hospitalar	<i>Integrated Project Delivery</i> ™ IPD, práticas de <i>Lean Construction</i> e Certificação <i>LEED</i> *	Reuniões de trabalho em Grupo <i>big room</i> e virtualmente; integração de toda equipe para atingir as metas de custo propostas.
Caso 3: Nguyen (2010).	Califórnia – EUA Seven-story residential building	Instalação de um sistema de esquadrias de alumínio em um edifício residencial	<i>Design Build</i> – DB, práticas de <i>Lean Construction</i> .	Rastreamento do processo de entrega das esquadrias para eliminar desperdícios.
Caso 4: Nguyen (2010).	Califórnia – EUA Cathedral Hill Hospital	Parede reforçada contra umidade	<i>Integrated Project Delivery</i> ™ IPD, práticas de <i>Lean Construction</i> .	Simulação e comparação dos processos para redução de custos.
Caso 4': Nguyen (2010); Zimina et al. (2012) Lostuvali, Alves, Modrich (2012).	Califórnia – EUA Cathedral Hill Hospital	Construção de um edifício hospitalar	<i>Integrated Project Delivery</i> ™ IPD, práticas de <i>Lean Construction</i> e <i>Set-Based Design</i> **	Relatórios A3, tendências de custo. Equipes desenvolvem os principais componentes e sistemas da edificação; integração do projeto em duas reuniões semanais p/ evoluções projetuais c/ análises de valor e custo-alvo.
Caso 5: Rybkowski (2009); Khanzode; Fischer e Reed (2005); Eastman et al. (2008).	Califórnia – EUA Camino Medical Group Montain	Construção de um edifício hospitalar	<i>Design Bid Build</i> – DB, práticas de <i>Lean Construction</i> e <i>Set-Based Design</i> .	Planos de incentivo para a redução dos custos e contingências.
Caso 6: Penamen, Ballard e Haahtela (2010).	Karkkila – Finlândia Santasalo Gears Ltd.	Ampliação dos escritórios de uma indústria	Não faz referência à forma de contratação <i>Set-Based Design</i> .	Relatórios A3 para discussão das propostas. Decisão pelo método escolha por vantagens (CBA – <i>Choosing by advantages</i>).

Fonte: Elaborado pelos autores.

*A certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) foi criada pelo U. S. Green Building Council (USGBC) para reconhecer as Construções Sustentáveis de acordo com os critérios de eficiência energética design e racionalização de recursos, promovidos pelos empreendimentos certificados. Disponível em: <<http://new.usgbc.org/>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

**O *Set-Based Design* é uma metodologia de projeto em que há a colaboração e comunicação explícita entre os projetistas que pensam de forma conjunta em diversas alternativas de projeto, tanto em nível conceitual como paramétrico. De forma gradual as interações são realizadas diminuindo o número de soluções, eliminando alternativas inferiores até chegar a uma solução final (NGUYEN, 2010).

Quadro 2. Caracterização da fase de modelagem e nível de desenvolvimento do modelo BIM na abordagem do CM.

Autores	Fase de modelagem	Níveis de desenvolvimento do modelo BIM
Caso 1: Ballard e Reiser (2004).	Concepção e Anteprojeto	LOD 100 – modelo volumétrico, LOD 200 – modelo esquemático (<i>cost modeling</i>).
Caso 2: Tiwari et al. (2009); Khemlani (2009); Alarcon, Christian e Tommelein (2011); Eastman et al. (2011).	Anteprojeto, Projeto, Construção e Fabricação	LOD 200 modelo esquemático, LOD 300 modelo com geometria precisa, LOD 350 <i>Assemblies for Coordination</i> e LOD 400 modelo detalhado (<i>Model-Based Cost Estimating-SMCCV</i>).
Caso 3: Nguyen (2010).	Análise do processo de Projeto, Fabricação, transporte e montagem	Não foi realizada a modelagem, somente a análise do processo para possível implementação em Modelo detalhado LOD 400.
Caso 4: Nguyen (2010).	Fabricação	LOD 400 modelo detalhado, <i>Process-Based Cost Modeling</i> (PBCM).
Caso 4': Nguyen (2010); Zimina et al. (2012); Lostuvali, Alves; Modrich (2012).	Anteprojeto, Projeto, Construção e Fabricação	LOD 100 – modelo volumétrico, LOD 200 modelo esquemático, LOD 300 modelo com geometria precisa, LOD 350 <i>Assemblies for Coordination</i> e LOD 400 modelo detalhado.
Caso 5: Rybkowski (2009); Khanzode, Fischer e Reed (2005); Eastman et al. (2008).	Anteprojeto, Projeto, Construção e Fabricação	LOD 200 modelo esquemático, LOD 300 modelo com geometria, LOD 350 <i>Assemblies for Coordination</i> e LOD 400 modelo detalhado (instalações prediais).
Caso 6: Penamen, Ballard e Haahtela (2010).	Concepção e Anteprojeto	LOD 100 – modelo volumétrico e LOD 200 – modelo esquemático, ambos com extração automática de custos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No Quadro 3, realiza-se a caracterização BIM em relação aos benefícios, às evidências de sinergia, às dificuldades e sua classificação em relação à utilização conjunta com a abordagem do CM. Demonstram-se, assim, os benefícios relativos à utilização do BIM no processo associando-os a: (1) custo; (2) criatividade – alternativa de solução; (3) colaboração, otimização e controle de processo; (4) rapidez de *feedback*. Ao final são apresentadas as dificuldades associando-as às barreiras para utilização dos modelos de informação da construção na abordagem do CM, como: (a) pouca capacitação em BIM; (b) baixa interoperabilidade entre softwares; (c) falta de métodos precisos de *benchmarking* de custos; (d) falta de quantificação dos custos de equipamentos temporários.

Ao analisar o Quadro 1, observa-se um grande número de projetos da área de saúde. Tal fato pode ser explicado pela necessidade de adaptação dos hospitais dos EUA, grande parte deles não está condizente com as adequações necessárias para o grande desenvolvimento tecnológico do setor e das normas CA SB 1953, referente a abalos sísmicos do estado da Califórnia (KHANZODE; FISCHER; REED, 2013).

Como formas de contenção de custos em empreendimentos da área de saúde na Califórnia, novas maneiras de contratação como o IFOA e IPD estão sendo amplamente utilizadas. O modelo de contrato envolve um acordo entre os proprietários, o arquiteto, a equipe de engenharia e os construtores. Nesse acordo, as equipes de arquitetura, engenharia e construção colocam uma parte significativa de seu lucro em risco. Porém, são incentivados a oferecer soluções criativas e inovadoras para maximizar a qualidade, reduzir os custos e atender às necessidades dos proprietários. As equipes são recompensadas por meio da divisão resultante da contenção de custos que ocorrem ao longo do empreendimento.

Quadro 3. Caracterização BIM e a abordagem CM em relação aos benefícios e às dificuldades encontradas.

Autores	Benefícios	Evidências de sinergia BIM e CM	Dificuldades	Caracterização das barreiras
Caso 1: Ballard e Reiser (2004).	<ul style="list-style-type: none"> - Processo cooperativo; - facilidade na extração de custos; - várias alternativas de projeto. 	(3) (1) (2)	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de integração das equipes para disseminar o conhecimento e as competências do projeto. 	(a)
Caso 2: Tiwari et al. (2009); Khemlani (2009); Alarcon, Christian e Tommelein (2011); Eastman et al. (2011).	<ul style="list-style-type: none"> - Rapidez nas informações referentes ao impacto dos custos nas decisões projetuais; - suporte ao projeto colaborativo. 	(1) (4) (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de Interoperabilidade entre os softwares, cada disciplina utilizou software de quantificação específico; - mudança cultural na formação exigida dos orçamentistas; - parte dos custos foi levantada manualmente. 	(b) (a) (d)
Caso 3: Nguyen (2010).	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo pode rastrear todo o processo: fabricação, transporte, armazenagem e instalação. 	(3)	Não houve a modelagem.	
Caso 4: Nguyen (2010).	<ul style="list-style-type: none"> - Modelagem 4D. Otimização do processo de produção, transporte, montagem e detecção de conflitos. 	(3)	<ul style="list-style-type: none"> - Custos de equipamentos temporários não foram extraídos diretamente do modelo. 	(d)
Caso 4': Nguyen (2010); Zimina et al. (2012) Lostuvali, Alves, Modrich (2012).	<ul style="list-style-type: none"> - Visualização antecipada das alterações que permite ajustar os custos da obra; - possibilita criar várias soluções; - BIM é considerado um requisito básico para o desenvolvimento do projeto e da obra. 	(1) (2)	<ul style="list-style-type: none"> - Falta um método preciso de <i>benchmarking</i> de custos do projeto a partir de dados programáticos; - capacitação necessária p/ integração e organização entre ferramentas e pessoas. 	(c) (a) (b)
Caso 5: Rybkowski (2009); Khanzode; Fischer e Reed (2005); Eastman et al. (2008).	<ul style="list-style-type: none"> - Várias alternativas de projeto com evidências de custo. 	(2) (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Primeira experiência da equipe integrando LPDS³ e BIM; - atraso devido a erros na modelagem (desenhos em 2D foram convertidos em 3D –falta de habilidade profissional). 	(a) (a)
Caso 6: Penamen, Ballard e Haahtela (2010).	<ul style="list-style-type: none"> - Decomposição dos componentes da construção em modelos BIM; - rápido <i>feedback</i> dos custos, ainda nas fases iniciais do projeto; - demonstra como as decisões de projeto afetam diretamente os custos. 	(3) (2) (1) (4)	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de pessoas qualificadas que possam gerar modelos de informação com a complexidade exigida para extração de custos. 	(a)

Fonte: Elaborado pelos autores.

*O Lean Project Delivery System permite em sua abordagem a concepção, a produção e a gestão da construção e instalação dos recursos, sendo que o desenvolvimento do projeto é estruturado e gerenciado seguindo as características de valor determinada pelo cliente (BALLARD, 2000).

Na amostra apresentada no Quadro 1 e no Gráfico 1, verificam-se diversas formas de contratação, sendo que a utilização do IPD está presente no caso 2 (Sutter Health Medical Center Castro Valley), no caso 4 (Cathedral Hill Hospital – parede reforçada contra umidade), e no caso 4' (Cathedral Hill Hospital). Além dessas formas de contratação, verifica-se a utilização de práticas de *Lean Construction* nos casos citados, como a fixação de metas contratuais para a certificação *LEED* do empreendimento, no caso 2 (Sutter Health Medical Center Castro Valley) e a metodologia para o desenvolvimento do projeto *Set-Based Design* que foi utilizada no caso 4' (Cathedral Hill Hospital). No caso 1 (St. Olaf College), e no caso 3 (Seven-story residential building), a forma de contratação foi realizada nos moldes do *Design Build* e foram utilizadas práticas de *Lean Construction*.

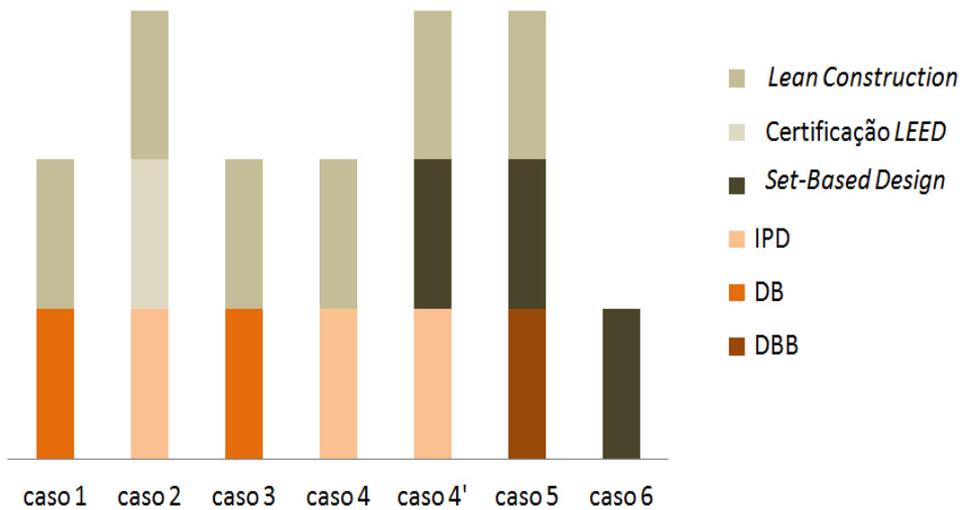


Gráfico 1. Tipos de Contratos e práticas específicas. Fonte: elaborado pelos autores.

Somente no caso 5 (Camino Medical Group Montain) utilizou-se como forma de contratação o *Design Bid Build*. O DBB é um método pouco utilizado em ambientes colaborativos, pois tem como característica o desenvolvimento do processo de forma linear. Inicialmente, o projeto é realizado, posteriormente, ele é orçado e depois executado. Talvez como forma de evitar a segmentação do processo causado pelo DBB foram utilizadas práticas de *Lean Construction* e o *Set-Based Design*.

No caso 6 (Santasalo Gears Ltd), não há referência à forma de contratação, porém é mencionada a utilização do método do *Set-Based Design* para o desenvolvimento do projeto.

Em relação aos níveis de desenvolvimento dos modelos BIM presentes no Quadro 2 e no Gráfico 2, verificou-se que no caso 6 (Santasalo Gears Ltd) e no caso 1 (St. Olaf College) o nível de desenvolvimento do modelo limitou-se ao LOD 100 e LOD 200. Apesar do uso do BIM estar restrito às fases iniciais de concepção. Penamen, Ballard e Haahtela (2010) relatam que é possível definir diretrizes de projeto baseadas no custo-meta proposto ainda nas fases iniciais do projeto, por meio de conexões entre componentes construtivos e tabelas orçamentárias. A possibilidade de criação de diversas alternativas contendo as estimativas de custos facilitou a escolha das melhores soluções de projeto que se aproximaram do custo-meta proposto.

Os níveis de desenvolvimento do modelo no caso 2 (Sutter Health Medical Center Castro Valley) e no caso 5 (Camino Medical Group Montain) concentraram-se em LOD 200, LOD 300, LOD350 e LOD 400. O fato do desenvolvimento do modelo iniciar em LOD 200 está relacionado à fase em que a modelagem do empreendimento se iniciou, que foi após a etapa de concepção, utilizando como referência desenhos digitais para o processo de modelagem BIM.

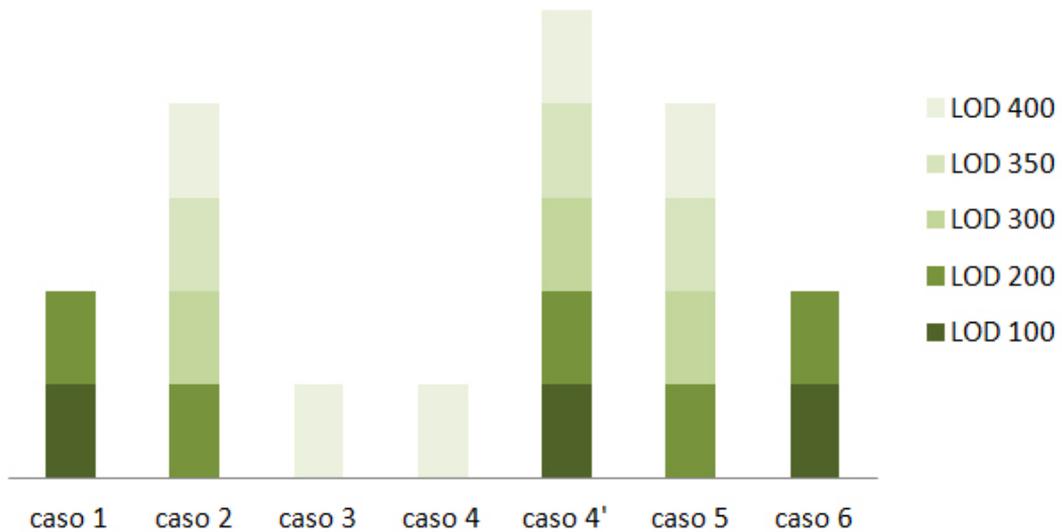


Gráfico 2. Níveis de desenvolvimento do modelo BIM. Fonte: elaborado pelos autores.

O caso 4' (Cathedral Hill Hospital) iniciou a modelagem nas fases iniciais do projeto utilizando o Revit e alguns modelos CAD 3D, porém somente a equipe responsável pelo desenvolvimento da estrutura metálica usou o modelo para a extração automática de custos nas fases iniciais, as demais equipes geraram desenhos e quantificaram o projeto de forma manual. Verificou-se que o modelo, apesar de não estar totalmente automatizado para extração de custos, auxiliou nas reuniões semanais realizadas para a definição do projeto.

Ao longo do desenvolvimento do projeto do caso 4' (Cathedral Hill Hospital) as informações sobre custo foram sendo adicionadas de acordo com o nível de desenvolvimento do modelo. Esse foi o único caso em que o empreendimento foi modelado do LOD 100 até LOD 400.

Nos níveis mais avançados de desenvolvimento de modelos BIM, algumas situações foram verificadas como: a possibilidade de visualização dos modelos para a detecção de conflitos entre a arquitetura, a estrutura e sistemas prediais, havendo, assim, a integração multidisciplinar das equipes.

No caso 3 (Seven-story residential building) e no caso 4 (Cathedral Hill Hospital – parede reforçada contra umidade) o nível de desenvolvimento do modelo BIM, foi realizado em LOD 400. Dessa forma foi possível realizar a modelagem 4D, que simulou o processo de produção, transporte, montagem e detecção de conflitos dos componentes. Após as simulações de diversas soluções, optou-se pela que permitia a melhor relação entre custo e benefício da atividade que seria realizada (NGUYEN, 2010).

O uso de BIM facilitou a quantificação automática de custos em quase todos os casos, somente no caso 3 (Seven-story residential building) e no caso 4 (Cathedral Hill Hospital – parede reforçada contra umidade) que o processo de quantificação não foi realizado de forma automatizada. Nesses casos, utilizou-se da modelagem 4D para simular a fabricação, transporte e montagem e, assim, decidir qual a melhor opção a ser adotada ao longo do processo.

Verificou-se então que os níveis de desenvolvimento LOD BIM nos casos estudados foram realizados de acordo com a necessidade de modelagem em relação ao escopo da obra. Ou seja, qual será a função do modelo? O modelo será criado para a concepção do projeto, para extração de custos, checagem de conflitos, simulação 4D, simulação de desempenho, auxiliar no gerenciamento da obra, dentre outros.

Em relação aos benefícios identificados no Quadro 3 e no Gráfico 3 referentes à utilização do BIM e à abordagem do CM, podemos citar que no caso 1 (St. Olaf College), no caso 2 (Sutter Health Medical Center Castro Valley), no caso 3 (Seven-story residential building), no caso 4 (Cathedral Hill Hospital – parede reforçada contra umidade), no caso 4' (Cathedral Hill Hospital) e no caso 6 (Santasalo Gears Ltd), o modelo BIM facilitou o processo de integração e colaboração entre as equipes do empreendimento, otimizando o controle do processo.

Outro benefício relatado referente ao uso do BIM foi o desenvolvimento de várias alternativas e soluções para um mesmo projeto, ampliando, assim, os cenários mais favoráveis que possibilitam a contenção de despesas em busca de uma solução otimizada em custo e valor. Esses benefícios foram alcançados por meio de *workshops* contendo projetos, esquemáticos e metas de custo no caso 1 (St. Olaf College), e por meio do *Set-Based Design*, método utilizado nos casos 4' (Cathedral Hill Hospital), 5 (Camino Medical Group Montain) e 6 (Santasalo Gears Ltd).

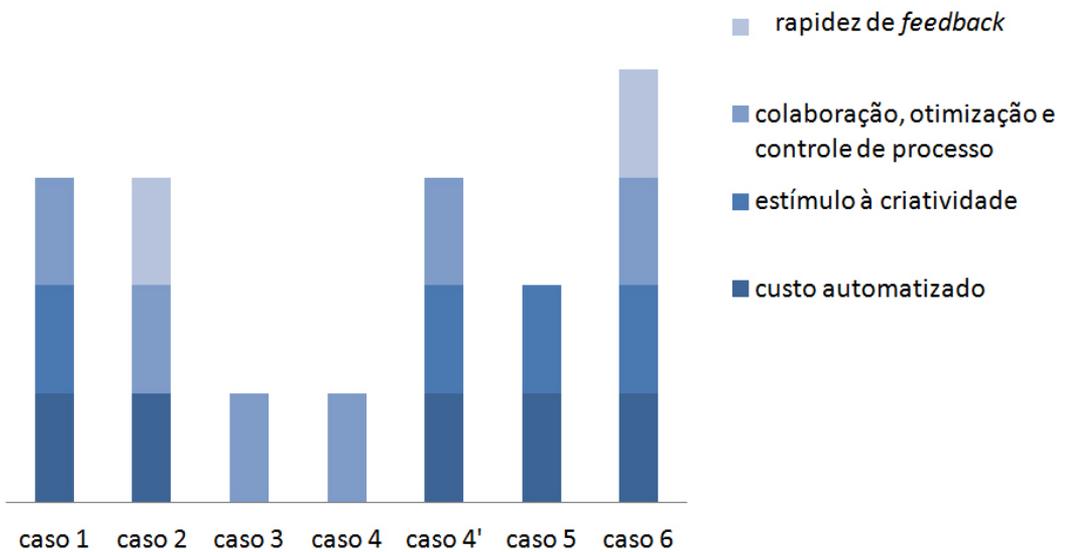


Gráfico 3. Benefícios de BIM no CM. Fonte: elaborado pelos autores.

Em específico no caso 6 (Santasalo Gears Ltd), a decomposição de componentes da construção em modelos BIM auxiliou no processo de extração de custos e apoiou as práticas de *Set-Based Design* com a rapidez no *feedback* de custos.

Destaca-se ainda na utilização conjunta de BIM e CM: a coordenação dos projetos de instalação predial que requerem geometria precisa, evitando conflitos, a necessidade de informação precisa para projetos *as built* e futuros *retrofits* e a integração da equipe ao modelo de custos (fundamental para simulação de alternativas de projeto, análises de custo e valor entregue). Tais práticas demonstram como BIM é essencial para as práticas colaborativas com CM.

Em relação às dificuldades e barreiras para implementação de BIM e CM identificadas no Quadro 3 e no Gráfico 4, verifica-se que apenas no caso 3 (Seven-story residential building) e no caso 4 (Cathedral Hill Hospital – parede reforçada contra umidade) não são relatados problemas relativos à baixa capacitação de profissionais na área de BIM. Tal fato pode ser explicado pelo foco específico na modelagem 4D nesses casos.

Além da falta de capacitação de pessoal em BIM relatada no caso 2 (Sutter Health Medical Center Castro Valley) e no caso 4' (Cathedral Hill Hospital), a baixa interoperabilidade entre softwares é outro fator que acaba sendo

influenciado pela capacitação de profissionais na área de TI, que poderiam otimizar os problemas e conflitos gerados.

No caso 4' (Cathedral Hill Hospital) é relatada a falta de métodos precisos de *benchmarking* de custos. Nguyen (2010) cita a necessidade de se criar métodos que utilizem como referência as melhores práticas para extração de custos por meio de modelos BIM e CM e propõe em seu trabalho um modelo teórico que auxilie essa integração.

São mencionadas no caso 2 (Sutter Health Medical Center Castro Valley) e no caso 4 (Cathedral Hill Hospital – parede reforçada contra umidade) as dificuldades de quantificação de elementos temporários com modelos BIM. A estimativa baseada no modelo da construção não consegue relacionar as atividades relativas ao tempo (construção de abrigos provisórios, escoramentos temporários, equipamentos, atividades temporárias, dentre outros), para isso, seria necessário elaborar um modelo 4D contendo esses elementos e as atividades relacionadas a eles.

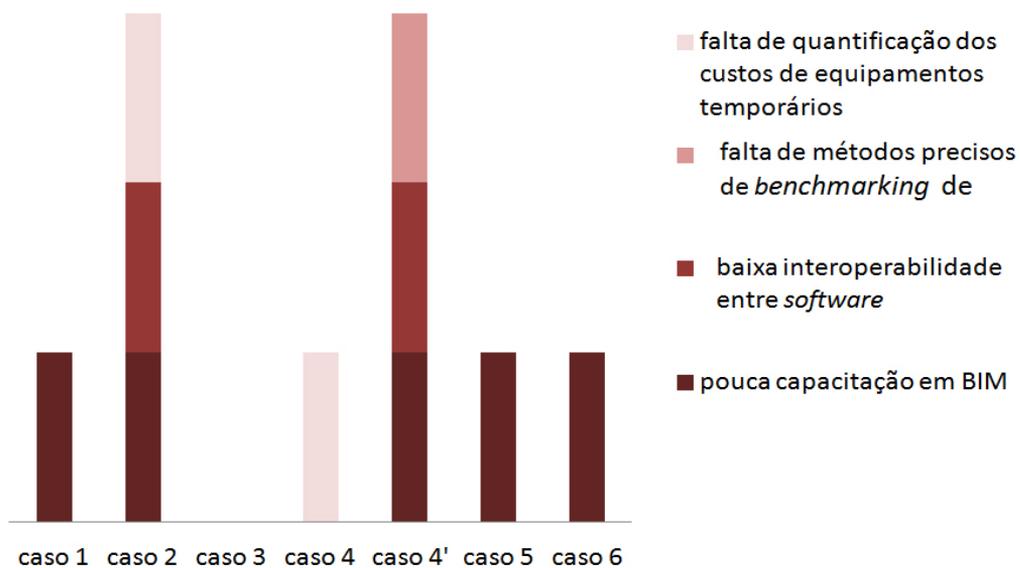


Gráfico 4. Barreiras para implementação de BIM no CM.
Fonte: elaborado pelos autores.

As dificuldades relatadas e classificadas no Quadro 3, referentes ao uso de BIM, concentram-se principalmente na falta de pessoal qualificado e experiente em BIM. Como BIM pode ser relacionado a uma mudança de paradigma, a indústria de AECO deverá, aos poucos, suprir essa demanda que contempla novas formas de contratação e gerenciamento, as quais são impulsionadas por experiências práticas que demonstram bons resultados, como o caso 2 (Sutter Health Medical Center Castro Valley).

Analisando o Gráfico 5, que relaciona os benefícios de BIM no CM, os tipos de contratos e as práticas específicas, percebe-se que não há uma relação direta entre os tipos de contratos e os benefícios com BIM. De todos os casos acima analisados, somente no caso 1 (St. Olaf College), no caso 2 (Sutter Health Medical Center Castro Valley), e no caso 4' (Cathedral Hill Hospital) aparecem três tipos de benefícios de BIM no CM. Os três casos possuem formas distintas de contratação, o primeiro DB, o segundo e o terceiro IPD não menciona se há uma forma de contratação específica. Somente no caso 6 (Santasalo Gears Ltd) aparecem 4 tipos de benefícios e não é mencionada a forma de contratação.

Percebe-se nos casos citados que, além da forma de contratação, é importante verificar se há práticas integradas e metas integradas ao contrato, o que pode alavancar o processo colaborativo e proativo essencial para o CM.

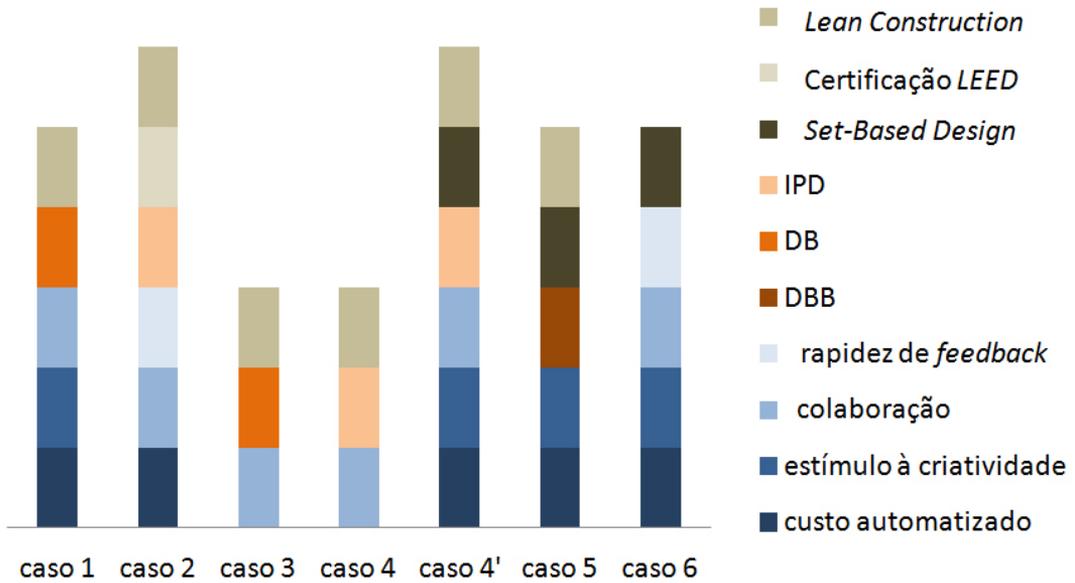


Gráfico 5. Benefícios de BIM no CM, tipos de contratos e práticas específicas. Fonte: elaborado pelos autores.

Como CM é uma abordagem proativa, necessita de ampla colaboração, o uso de BIM age como um catalisador desse processo, permitindo o envolvimento de todos os agentes nas fases iniciais do projeto e ao longo do processo. Sendo assim, parte dos resultados positivos alcançados nos empreendimentos, relacionados no estudo, pode estar diretamente relacionada não somente às formas de contratação, mas também às práticas específicas e metas estabelecidas que prezam pela colaboração e propiciam a interação dos agentes como: o *Integrated Project Delivery* (IPD), o *Design Build* (DB)⁷, e as práticas de *Lean Construction* e do *Set-Based Design*.

Sacks et al. (2010), ao utilizarem uma matriz que justapõe funcionalidades BIM com princípios de *Lean Construction*, identificaram um total de 56 interações. Os autores acima citados afirmam ainda que há diversos exemplos de utilização de BIM sem IPD ocorrendo de formas dissociadas em alguns casos. Porém, BIM é essencial para atingir um nível eficiente de colaboração necessária para realizar o IPD.

O Gráfico 6 demonstra a relação entre os benefícios de BIM no CM e os níveis de desenvolvimento do modelo da informação da construção, nesse caso é proeminente a relação entre os níveis de desenvolvimento do modelo e os benefícios descritos ao longo do processo. Os casos que possuem três ou mais benefícios relatados (caso 1, caso 2 e caso 4'), começaram a desenvolver o modelo nas fases iniciais de projeto em LOD 100. Dois desses casos relatados descrevem apenas a modelagem realizada na fase de concepção do projeto em LOD 100 e LOD 200: no caso 1, (St. Olaf College) são relatados 3 benefícios e no caso 6 (Santasalo Gears Ltd) são relatados 4 benefícios.

Constatou-se, assim, que a utilização de BIM e CM podem ocorrer em todas as fases de um empreendimento, e que o nível LOD está vinculado às metas estabelecidas no início do projeto, dessa forma, a evolução do detalhamento do modelo reflete diretamente na evolução das propostas, rediscussão e contenção de custos. Porém a utilização de BIM nas fases iniciais do projeto permite o desenvolvimento rápido e preciso de várias soluções de projeto, estimulando a criatividade e o trabalho em equipe. BIM pode ainda gerar estimativas de custos mais precisas, dando suporte ao processo de tomada de decisão nas fases iniciais do projeto, essencial na abordagem do CM.

⁷ Segundo Becerik-Gerber e Rice (2010, p. 190), apesar do DB ser um método promissor na colaboração entre as equipes por envolver o projeto e a construção, o IPD é apontado como o cenário mais favorável para a colaboração e o uso do BIM, pois permite alinhar os objetivos das equipes de trabalho com contratos de incentivo.

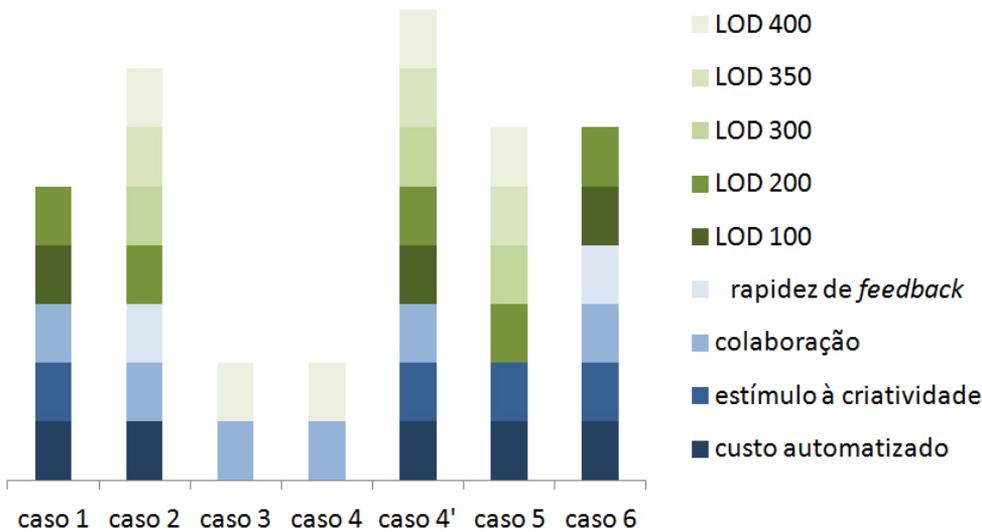


Gráfico 6. Benefícios entre BIM e CM, e níveis de desenvolvimento do modelo BIM. Fonte: elaborado pelos autores.

CONCLUSÕES

Após uma revisão bibliográfica, o presente artigo selecionou sete casos de adoção conjunta de BIM e CM. Após a seleção, foi apresentado um quadro e dois gráficos comparativos, o que permitiu levantar as evidências que demonstram a sinergia entre as abordagens BIM e CM por meio da argumentação lógica proposta por Groat e Wang (2002), destacando-se os principais benefícios, suas relações com as formas de contratação e níveis de desenvolvimento do modelo da informação da construção e as barreiras para implementação das abordagens de forma conjunta.

Comprova-se nos exemplos acima uma grande sinergia entre o uso de modelos da informação da construção e a abordagem do CM, sendo que em 70% dos casos analisados constata-se o uso de novos tipos de contratação como IPD e em 100% dos casos o uso de práticas ou metas específicas, como *Lean Construction* e *Set-Based Design*, as quais estimulam princípios de colaboração e amplo comprometimento das equipes de projeto, fornecedores e obra, essenciais na abordagem do CM e avançados com BIM.

Em relação às informações referentes aos custos de um empreendimento essenciais para a abordagem do CM, o uso de BIM em 70% dos casos relatados deu suporte ao processo de orçamentação pela automatização de modelos para extração rápida e precisa dos quantitativos. Dessa forma, apoiou a análise do custo-meta, subsidiando, assim, o processo de tomada de decisão nas fases iniciais e no desenvolvimento do empreendimento. Os demais casos utilizaram BIM para visualização do processo em 4D, o que possibilitou avaliar qual solução teria o melhor custo benefício.

Outro fato que chama a atenção é o desenvolvimento de práticas colaborativas integradas por meio de modelos BIM presentes em 85% dos casos, o que permite a otimização, colaboração e controle do processo de desenvolvimento do empreendimento, auxiliando no processo de gerenciamento e análise para contingência de recursos, essencial ao CM.

A possibilidade de criação de diversas soluções com BIM, de forma colaborativa, com comunicação explícita entre os projetistas, que pensam de forma conjunta, tanto em nível conceptual como paramétrico, são ações que provêm do *Set-Based Design*, presente em 40% dos casos. Essas ações estimulam a criatividade e a produção de soluções otimizadas em custo e valor ainda nas fases iniciais do projeto, destacando-se, dentre os casos que apresentaram a melhor performance de benefícios, os que adotaram o uso de BIM logo nas fases iniciais do projeto.

Verifica-se que uma das maiores dificuldades de integração entre o BIM e o CM está relacionada à capacitação de pessoal e às dificuldades no

processo de criação do modelo de custos, que irá subsidiar o processo. Tais dificuldades estão relacionadas à interoperabilidade entre as ferramentas e à falta de históricos de custos que devem ser desenvolvidos nas empresas, essenciais na implementação de CM e BIM.

Outro fator determinante em relação à falta de mão de obra qualificada na área de BIM é justificada pela mudança de paradigma no setor, a crescente demanda do mercado, a adequação dos cursos de arquitetura e de engenharia civil para implementação do BIM e, finalmente, a especialização de profissionais capacitados para gerenciar os processos BIM com o BIM *manager*.

Percebe-se que, na maioria dos casos estudados, o uso de BIM fica subentendido como um requisito básico para alavancar e apoiar as práticas da abordagem do CM. Em outras palavras, CM demanda o uso de BIM, que por sua vez media o CM. Constatou-se que a utilização de modelos BIM é essencial para agilizar a extração de quantitativos e os custos apoiando o processo de tomada de decisão, inerente ao CM.

A pesquisa também sinaliza a importância da combinação de conceitos já apresentados em estudos isolados. O estudo secundário realizado com base em revisão de literatura forneceu uma perspectiva ampla em relação às evidências que podem comprovar a sinergia e as conexões possíveis entre os conceitos de CM e BIM, difíceis de serem cogitadas a partir da análise isolada de cada estudo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão de uma bolsa de estudos de doutorado.

REFERÊNCIAS

- ALARCON, I.; CHRISTIAN, D.; TOMMELEIN, I. D. Collaborating with a permitting agency to deliver a healthcare project: case study of the Sutter Medical Center Castro Valley (SMCCV). In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 19, 2011, Lima. **Proceedings...** Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011, v. 1. p. 402-415, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.iglc.net/Papers/Conference/21>>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (Org.). **Document E202™**: Building Information Modeling Protocol Exhibit, California, AIA, 2008, p. 9. Disponível em: <<http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab083007.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2013.
- AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents**. California: AIA, 2013, p. 62. Disponível em: <<http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab095711>>. Acesso em: 06 de jan. 2015.
- ANSARI, S.; BELL, J. E.; CAM-I Target Costing Group. **Target costing**: the next frontier in strategic cost management. Chicago: Irwin, 1997. 250 p.
- BALLARD, G. The Lean Project Delivery System: an update. **Lean Construction Journal**, Arlington, p. 1-19, 2008. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/media/docs/lcj/2008/LCJ_08_001.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2013.
- BALLARD, G.; REISER, P. The St. Olaf College field house project: a case study in designing to target cost. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12., 2004, Helsingore. **Proceedings...** Helsingore: IGLC, ago. 2004. p. 234-249. Disponível em: <<http://www.iglc.net/Papers/Details/325>>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- BECERIK-GERBER, B.; RICE, S. The Perceived Value of Building Information Modeling in the U.S. Building Industry. **Journal of Information Technology in Construction**. v. 15, p. 185-201, 2010.
- BEDRICK, J. A level of development specification for BIM Processes. n, Santa Clara, v. 68, p. 1-9, maio 2013. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/viewpoint/2013/issue_68.html>. Acesso em: 15 mar. 2013.
- BEDRICK, J. Organizing the development of a building information model. **AECbytes: Futures**, Santa Clara, v. 20, p. 1-4, agosto 2008. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/feature/2008/MPSforBIM.html>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

- COOPER, R.; SLAGMULDER, R. **Target costing and value engineering**. Portland: Productivity Press, 1997. 379 p.
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 490p.
- _____. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 650 p.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.
- GROAT, L.; WANG, D. **Architectural research methods**. New York: John Wiley & Sons, 2002. 480p.
- JACOMIT, A. M.; GRANJA, A. D. An investigation into the adoption of target costing in Brazilian public social housing projects. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 7, n. 2, p. 113-127, 2011.
- KHANZODE, A.; FISCHER, M.; REED, D. Case study of the implementation of the Lean Project Delivery System (LPDS) using virtual building technologies on a large healthcare project. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13, 2005, Sydney. **Proceedings...** Sydney: IGLC, v. 1. p. 153-160, jul. 2005. Disponível em: <<http://www.iglc.net/Papers/Conference/15>>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- KHEMLANI, L. Sutter Medical Center Castro Valley: Case Study of an IPD Project. **AECbytes: Building the Future**, v. 6, mar. 2009. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/Sutter_IPDCaseStudy.html>. Acesso em: 15 mar. 2013.
- LEITE, F.; AKCAMETE, A.; AKINCI, B.; ATASOY, G.; LIKISITAS, S. Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. **Automation in Construction**, v. 20, p. 601-609, 2011.
- LOSTUVALI, B.; ALVES, T. C. L.; MODRICH, R. Lean Product Development at Cathedral Hill Hospital Project. In: Annual conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego, v. 1, p. 1041-1050, jul. 2012.
- MACOMBER, H.; HOWELL, G.; BARBERIO, J. **Target Value Design: Nine Foundational Practices for Delivering Surprising Client Value**. California: The American Institute of Architects, 2007. 4 p. (Practice Management Digest).
- MONDEN, Y. **Target costing and Kaizen Costing**. Portland: Productivity Press, 1995. 373 p.
- NICOLINI, D.; TOMKINS, C.; HOLT, R.; OLDMAN, A.; SMALLEY, M. Can target costing and whole life costing be applied in the construction industry?: evidence from two case studies. **British Journal of Management**, Londres, v. 11, n. 4, p. 303-324, dez. 2000.
- NGUYEN, H. V. **Process-based cost modeling to support Target Value Design**. 2010. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) - University of California, Berkeley, 2010.
- OKANO, H., SUZUKI, T. A history of Japanese management accounting. In: CHAPMAN, C. S.; HOPWOOD, A. G.; SHIELDS, M. D. **Handbook of Management Accounting Research**. Oxford: Elsevier, 2007. p. 1119-1137.
- PENAMEN, A.; BALIARD, G.; HAAHTELA, Y. Designing to Targets in a Target costing process. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 18., 2010, Haifa. **Proceedings...** Haifa: Technion, jul. 2010. v. 1, p. 161-170.
- RYBKOWSKI, Z. K. **The application of root cause analysis and Target Value Design to evidence-based design in the capital planning of healthcare facilities**. 2009. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) - University of California, Berkeley, 2009.
- SACKS, R. et al. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.
- TIWARI, S.; ODELSON, J.; WATT, A.; KHANZODE A. Model-based estimating to inform Target Value Design. **AECbytes: Building the Future**, v. 12, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/ModelBasedEstimating-toInformTargetValueDesign>>. Acesso em: 5 jun. 2012.
- WINCH, G. **Managing Construction Projects: an information processing approach**. Oxford: Blackwell Science, 2002. p. 457.
- YOOK, K.; KIM, I.; YOSHIKAWA, T. Target costing in the construction industry: evidence from Japan. **Construction Accounting & Taxation**, v. 15, n. 3, maio/jun. 2005, p. 5.
- ZIMINA, D.; BALLARD, G.; PASQUIRE, C. Target value design: using collaboration and a Lean approach to reduce construction cost. **Construction Management and Economics**, v. 30, n. 5, p. 383-398, maio 2012.

Marcelo de Morais
arqmmorais@uol.com.br

Ariovaldo Denis Granja
adgranja@fec.unicamp.br

Regina Coeli Ruschel
ruschel@fec.unicamp.br

ESTUDO EXPLORATÓRIO COMPARATIVO DA EFICÁCIA ENTRE PROTÓTIPOS FÍSICO, ANALÍTICO 2D E 3D NA IDENTIFICAÇÃO DE INCONSISTÊNCIAS DE PROJETOS

A comparative exploratory study on the effectiveness of physical, analytical 2D and 3D prototypes for the identification of design inconsistencies

Lucas Melchiori Pereira¹, Fernanda Aranha Saffaro¹, Ercilia Hitomi Hirota¹, Celso Saito¹

RESUMO O protótipo é um recurso valioso ao processo de desenvolvimento de um produto (PDP), pois permite melhorar tanto o conhecimento e o desempenho do produto como a confiabilidade acerca do produto e dos processos relacionados a seu desenvolvimento e produção. Particularmente na indústria do ambiente construído, o desenvolvimento de protótipos físicos apresenta algumas restrições inerentes ao caráter único de seu produto. Entende-se que a prototipagem física de apartamentos-tipo, atualmente utilizada para resolução de inconsistências de projeto, pode ser aproveitada com mais eficácia na melhoria dos processos produtivos em canteiro de obra desde que aquelas inconsistências, que são o foco atual, sejam mitigadas com a incorporação da prototipagem virtual ao PDP do ambiente construído. Esta incorporação é atualmente viável a partir de ferramentas BIM. O objetivo deste artigo é discutir a capacidade das prototipagens física focada, analítica 3D e 2D para identificar inconsistências nos projetos executivos, com base nos resultados obtidos em um estudo exploratório que confronta o desempenho desses protótipos. Neste estudo, foram compostas equipes distintas para o desenvolvimento das 3 tipologias de protótipos e foram definidos critérios para avaliação da eficácia dos mesmos na detecção de inconsistências. Os resultados apontam os benefícios da modelagem BIM em termos de eficácia, custos e prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Prototipagem, Modelagem paramétrica, Integração de projeto.

ABSTRACT Prototype is a valuable resource to the product development process (PDP) because it allows improvements on both knowledge about and performance of the product, as well as the reliability on the product and processes related to its development and production processes. Particularly in the built environment industry, the development of physical prototypes has some inherent restrictions due to the uniqueness of its product. It is understood that physical prototyping focused on the typical unit from residential projects, currently used for solving design conflicts, can be more effective for improving production processes in the construction site since those inconsistencies, which are the current focus, are mitigated by the incorporation of virtual prototyping to the PDP of the constructed environment. This practice is currently feasible due to the availability of tools that enable BIM. The objective of this paper is to discuss the capability of focused physical, virtual analytical and analytical representative prototypes for the identification of design inconsistencies. This discussion is based on the results of an exploratory study, developed in a building company, for which three different teams tackled the three different prototypes. Some criteria for effectiveness assessment were also defined. The results show the benefits from BIM in terms of effectiveness, costs and time.

KEYWORDS: Prototyping, Parametric modeling, Design integration.

¹ Universidade Estadual de Londrina

How to cite this article:

PEREIRA, L. M.; SAFFARO, F. A.; HIROTA, E. H.; SAITO, C. Estudo exploratório comparativo da eficácia entre protótipos físico, analítico 2D e 3D na identificação de inconsistências de projetos **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 29-47, jan./jun. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.83373>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 05 mar. 2015

Aceito em: 06 maio 2015



INTRODUÇÃO

A necessidade da indústria do ambiente construído no desenvolvimento de soluções que confirmam a qualidade esperada e custo menor a seu produto, associado à agilidade da produção, implica uma busca por tecnologias voltadas a melhorar o processo de desenvolvimento do produto. O emprego de protótipos é um meio largamente explorado na indústria de manufatura para esse fim, uma vez que promove agilidade na troca de conhecimento, permite avaliar o desempenho frente às expectativas e, conseqüentemente, aumenta a confiabilidade dos processos relacionados ao desenvolvimento do produto.

Porém, as dificuldades inerentes ao uso de protótipos para o desenvolvimento de um produto único têm restringido sua adoção como um meio de diminuir os riscos envolvidos no processo de desenvolvimento do produto (PDP). Além disso, o emprego da prototipagem é comumente reduzido na indústria do ambiente construído (IAC), sendo associado, principalmente, à construção de parte da edificação para vendas ou compatibilização, ignorando as diversas possibilidades exploradas em outros setores industriais.

OBJETIVO DO ARTIGO

Menos flexível que os protótipos analíticos nas alterações ao longo do processo de desenvolvimento do produto (PDP), a prototipagem física é um recurso capaz de representar e detectar fenômenos difíceis de serem avaliados em modelos intangíveis, como é o caso daqueles produzidos com a prototipagem analítica. Diversos autores, entre eles, Rosenthal e Tatikonda (1992), Brown e Eisenhardt (1995), Reinertsen (1997), Patterson (1999), Holmberg (2000), Faithfull, Ball e Jones (2001) e Ulrich e Eppinger (2011) sugerem o uso precoce e concatenado dos recursos de prototipagem analítica e física ao longo das etapas de desenvolvimento do produto.

Existem casos de emprego de protótipos físicos na construção civil, especialmente em *show rooms* (apartamentos modelos), com a finalidade de alavancar vendas nas etapas iniciais dos empreendimentos e no próprio canteiro de obras com o intuito de resolver problemas não identificados na etapa de projeto. No entanto, não há, na literatura, a apresentação de estudos científicos explorando os benefícios advindos do uso concatenado da prototipagem analítica e física. Escassos também são os trabalhos publicados que visam a estabelecer um correto dimensionamento dos ganhos, das perdas e dos custos reais advindos do emprego de protótipos, sejam eles analíticos ou físicos.

Este artigo apresenta os resultados de um estudo desenvolvido sob essa perspectiva, em que se compara a capacidade das prototipagens física focada, analítica 3D e 2D para identificar inconsistências nos projetos executivos liberados para uma obra real. Ao final, são apresentados os custos adicionais relativos a retrabalhos na etapa de produção que poderiam ser evitados com a construção de modelos virtuais. Com isso, pretende-se contribuir para o aprofundamento do debate sobre a implementação de práticas de prototipagem analítica e física no desenvolvimento do edifício, fornecendo elementos objetivos e consistentes acerca do desempenho de protótipos físicos e analíticos na resolução de inconsistências de projeto.

CONCEITOS DE PROTOTIPAGEM

Ulrich e Eppinger (2011) descrevem conceitualmente o protótipo como uma aproximação do produto ou de parte deste. Ou seja, a reprodução experimental de uma parte ou de um aspecto do produto que seja o objeto de

interesse da equipe de projetistas já pode ser entendido como um protótipo. Esses autores acrescentam que podem ser empregadas formas diversas de representação, desde esboços, modelos matemáticos até a pré-produção completa do produto.

A prototipagem é, portanto, o processo de aproximação do produto com o propósito primordial de investigar fenômenos sujeitos a riscos e incertezas. O foco de investigação pode ser, por exemplo, o atendimento das expectativas de clientes em relação a um determinado produto. Beynon-Davies, Tudhope e Mackay (1999) destacam que uma importante característica da atividade de prototipagem é sua natureza experimental, envolvendo um ciclo repetitivo de tentativas que incluem produção do protótipo, avaliação e correção até que as expectativas do cliente sejam satisfeitas.

Ulrich e Eppinger (2011) classificam os protótipos em físicos e analíticos. Os primeiros constituem-se elementos tangíveis criados para aproximação do produto, enquanto que os analíticos caracterizam-se por representações intangíveis, normalmente construídas a partir de modelos matemáticos. Exemplos de modelos analíticos são simulações a partir de programas computacionais e modelos assistidos por softwares da área de projeto. Ainda, segundo os mesmos autores, o modelo analítico de um produto completo é denominado protótipo virtual, protótipo digital ou ainda *mock up* digital.

Uma segunda dimensão adotada por Ulrich e Eppinger (2011) para classificação dos protótipos diz respeito ao grau de abrangência dos atributos do produto contemplados no protótipo, e está associado à finalidade da investigação. Os protótipos são ditos completos quando incluem grande parte dos atributos do produto, ou mesmo todos eles, apresentando-se como uma versão operacional deste. Os protótipos classificados como focados abrangem um ou poucos atributos do produto e têm como finalidade investigar detalhadamente os aspectos contemplados. Uma vez que um protótipo consome recursos financeiros e tempo da etapa de desenvolvimento do produto (GRIMM, 2004), é natural que se questione o porquê de seu uso, que tipo de protótipo adotar (analítico ou físico) e se os mesmos devem ser completos ou focados. A seguir, esses aspectos são discutidos no contexto da construção civil.

O EMPREGO DA PROTOTIPAGEM NA PRODUÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Existe uma natureza essencialmente dinâmica e iterativa no desenvolvimento de um projeto de edifício, sendo que o conceito do produto e o processo de validação das soluções propostas para continuidade de seu desenvolvimento ocorrem em *loops* investigativos (FAITHFULL; BALL; JONES, 2001). Smith e Reinertsen (1997) e Ulrich e Eppinger (2011) acrescentam que as mudanças são intensas e corriqueiras nas fases iniciais do projeto, o que justifica a utilização de protótipos analíticos, pois custam menos e oferecem tempo de resposta mais curto (Figura 1).

No entanto, a maior sofisticação do produto imobiliário tem levado ao aumento da complexidade no PDP, o que tem demandado a validação das informações de projeto a partir da confecção de protótipos físicos. Estes, por outro lado, dependem da consistência nas definições levantadas na concepção do projeto, que podem ser previamente validadas por protótipos analíticos, diminuindo as incompatibilidades e incertezas que impactam a produção.

O desenvolvimento de protótipos analíticos deve elucidar pontos obscuros relativos às soluções de projeto, permitindo que o enfoque no desenvolvimento do protótipo físico recaia sobre a redução do risco associado, principalmente ao processo de produção ou problemas atípicos

de projeto. Embora o desenho 2D seja largamente utilizado na concepção e compatibilização de soluções de projeto, uma de suas principais características encontra-se no emprego de apenas duas dimensões para compreender espacialmente o ambiente projetado, acarretando limitações para representar graficamente e analisar as interfaces de partes do produto (FERREIRA, 2007). Nesse sentido, esse tipo de protótipo exige maior capacidade de abstração para ser analisado quando comparado a um protótipo analítico 3D, pois necessita de uma linguagem técnica para ser compreendido e reconstruído no imaginário de quem o lê (BONSIEPE, 2000).

Também é preciso esclarecer que a prototipagem analítica pode oferecer mais benefícios da visualização tridimensional realística do produto, hoje usual no mercado da arquitetura e engenharia (KALAY, 2006). A partir de aplicativos computacionais dinâmicos (*CFD – Computational Fluid Dynamics*) e da modelagem da informação de edifícios (*BIM – Building Information Modeling*), não apenas a representação geométrica de objetos físicos é comunicada, mas, também, todo um conjunto de dados abstratos pode ser associado a esse modelo (BOUCHLAGHEM, SHANG, et al., 2005; TSE, WONG; WONG, 2005; SUCCAR, 2009). Esse maior conjunto de atributos permite a simulação e a avaliação de diferentes aspectos relacionados ao produto e ao processo produtivo que auxiliam a tomada de decisão e a gestão na busca pelo desempenho esperado da edificação (ARAYICI et al., 2011).

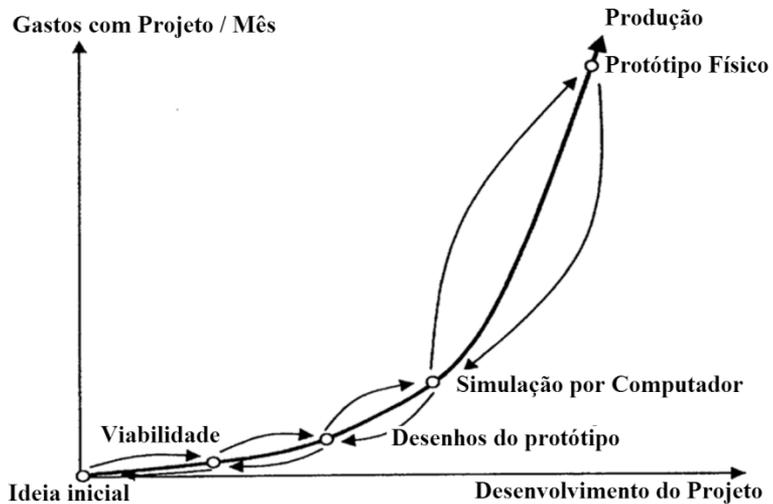


Figura 1. Custos no processo de desenvolvimento do projeto e o emprego de protótipos. Baseada em Smith e Reinertsen (1997).

MÉTODO DA PESQUISA

Contexto e delineamento metodológico

O estudo exploratório que serviu de base para este artigo foi desenvolvido em parceria com uma empresa construtora e incorporadora que mantém como prática rotineira a construção de um protótipo físico da unidade habitacional como mecanismo de análise da construtibilidade e da integração entre os diferentes sistemas que a compõem. O interesse da empresa e a oportunidade de acompanhamento, em tempo real, da execução de um dos protótipos motivou o desenvolvimento do estudo relatado neste artigo. Tratava-se de um edifício residencial composto por quatro torres com 19 pavimentos, resultando em 304 unidades habitacionais de médio padrão. A Figura 2 ilustra a planta simplificada da unidade habitacional (apartamento-tipo).

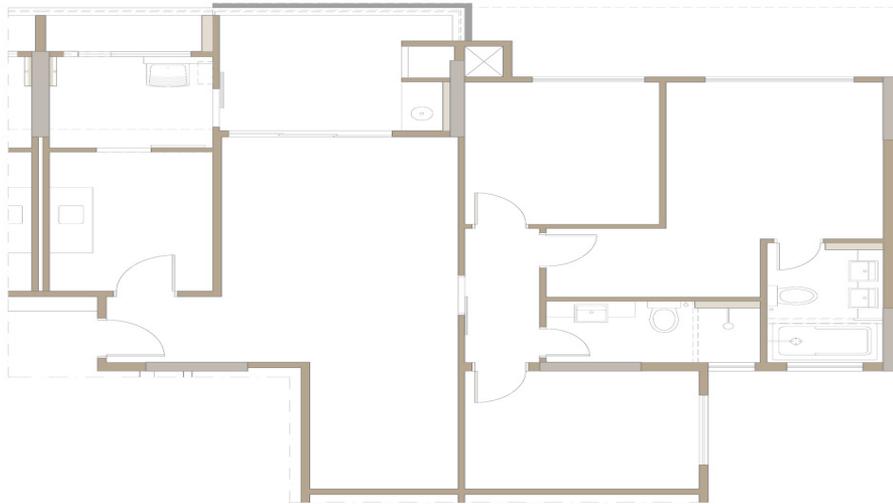


Figura 2. Planta simplificada do apartamento tipo. Adaptado do projeto arquitetônico original.

Sendo assim, para possibilitar a análise comparativa das prototipagens física, analítica 2D e 3D, foram constituídas três equipes incumbidas do desenvolvimento e da coleta de dados de cada modalidade de protótipo do apartamento-tipo. Conforme ilustra a Figura 3, os três protótipos foram realizados a partir de uma mesma base de dados composta por documentos fornecidos pela empresa, com objetivo de identificar inconsistências remanescentes no projeto.

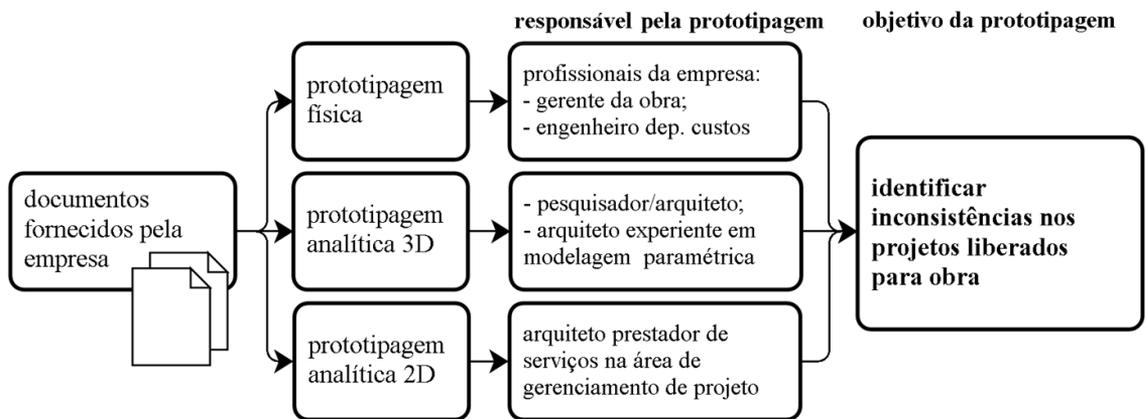


Figura 3. Delineamento do processo de pesquisa.

No projeto executivo de arquitetura, foram analisadas 18 pranchas, entre as plantas e detalhamento de piso, esquadrias, áreas molhadas, varanda e áreas técnicas. No projeto de estrutura, foram analisadas 11 pranchas, contendo os arquivos de plantas de formas e detalhes, e plantas de perfurações na estrutura. No projeto de instalações elétricas, as plantas de automação, sistema de proteção de descargas atmosféricas, iluminação e tomadas, telefone e TV a cabo foram compatibilizadas. No projeto de instalações hidrossanitárias e gás, foram verificadas 8 pranchas, contendo as plantas de esgoto, águas pluviais, água fria, água quente, detalhes de esgoto e de água fria, esquemas de prumadas e esquemas isométricos de gás. Além disso, foi analisada 1 prancha contendo planta e detalhes de ar-condicionado.

É importante salientar que essas pranchas foram compatibilizadas e liberadas para obra tanto pela empresa contratada para o desenvolvimento do projeto arquitetônico como pelo departamento de projetos da

incorporadora-construtora responsável pelo empreendimento. Ou seja, os documentos disponibilizados eram resultado de uma análise prévia de inconsistências e foram considerados suficientes para orientar a execução.

A coleta de dados durante o desenvolvimento dos três protótipos foi guiada pelo protocolo apresentado no Quadro 1 e os dados resultantes foram registrados em planilhas. A seguir, será apresentado, de forma detalhada, o método de pesquisa adotado no desenvolvimento de cada um dos protótipos.

Quadro 1. Protocolo para coleta de dados.

Objetivo da prototipagem	Identificar inconsistências no projeto: problemas de interferência entre subsistemas envolvidos
Quesitos observados Interferências de sistemas Interferência de detalhes de acabamento	Sistema estrutural x arquitetônico Sistema estrutural x arquitetônico x hidráulico Sistema estrutural x arquitetônico x elétrico Sistema hidráulico x elétrico x ar-condicionado Sobressalto no reboco devido à estrutura Ponto de partida e paginação de revestimentos Níveis e acabamentos de gesso Interferência entre gesso e tubulações, interferência entre as tubulações. Acabamento de churrasqueira e varanda Interferência da varanda com a fachada

Prototipagem física

A execução do protótipo físico de uma unidade habitacional foi acompanhada por dois engenheiros civis, funcionários da empresa construtora. Um deles é engenheiro pleno responsável pela obra (com cerca de 6 anos de experiência profissional) e o outro, também engenheiro pleno, atua no departamento de orçamentação da empresa (com cerca de 10 anos de experiência profissional). Esses profissionais possuíam as mesmas pranchas de projeto disponibilizadas para as equipes responsáveis pelos protótipos analíticos 2D e 3D e também seguiram o mesmo protocolo de coleta de dados apresentado no Quadro 1.

Como exemplifica a Figura 4, o foco dessa prototipagem era identificar antecipadamente problemas de interferências dos diferentes sistemas embutidos ou com interfaces com a alvenaria, de forma a facilitar o processo de produção. Nele, foi executada toda a vedação de um apartamento-tipo, suas instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e revestimentos internos. O acompanhamento e coleta de dados foram feitos por um período de três meses, o que correspondeu ao tempo de execução do protótipo.



Figura 4. Prototipagem física para antecipar problemas de interferências entre subsistemas.

Prototipagem Analítica 2D

Para a análise das contribuições da prototipagem analítica 2D, considerou-se o conjunto de projetos em formato DWG, como o próprio protótipo (ULRICH; EPPINGER, 2011) e foi designado um arquiteto com experiência em coordenação de projetos e orçamentação, com escritório próprio consolidado no mercado e que presta serviços a grandes construtoras e incorporadoras de São Paulo e do Paraná. Nessa análise, foram utilizados os arquivos dos projetos executivos liberados para a obra, sem as correções oriundas do protótipo físico focado.

Prototipagem Analítica 3D

Dois outros arquitetos envolveram-se com a prototipagem analítica 3D. Um deles é projetista junior, com experiência na modelagem paramétrica, inclusive desenvolvendo treinamentos para uso do software *Revit Suite*. O outro arquiteto é, também, o pesquisador responsável pelo estudo, possui experiência profissional como projetista e coordenador de projetos, porém, possui pouca experiência no uso de software de modelagem.

Nessa atividade, foram utilizados os mesmos arquivos dos projetos executivos liberados para a obra sem as correções oriundas do protótipo físico focado. Projeto arquitetônico, estrutural e demais subsistemas foram modelados seguindo as informações prescritas nas pranchas do executivo, resultando em um modelo ilustrado pela Figura 5. As inconsistências foram identificadas durante a modelagem e a partir do recurso *clash detection* disponível no software.

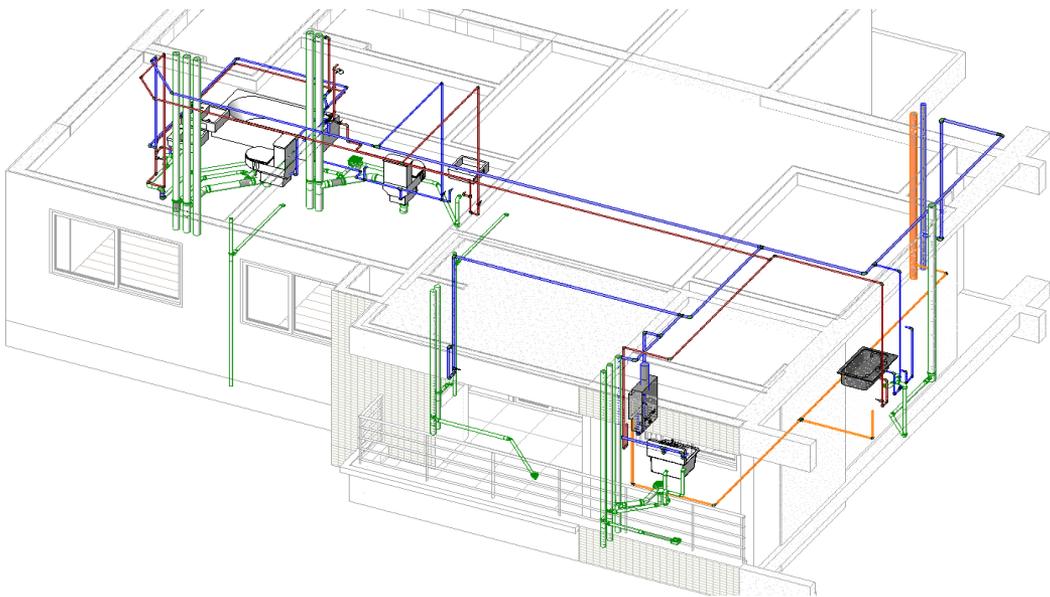


Figura 5. Modelagem paramétrica da arquitetura, estruturas e subsistemas hidrosanitários.

Procedimentos adotados para análise dos dados

Primeiramente, os dados coletados na prototipagem física foram tabelados e as relações de ganhos, ou não prejuízos, decorrentes de possíveis retrabalhos, foram computadas. Nas prototipagens analíticas, os profissionais responsáveis elencaram os problemas de inconsistências. Além disso, no exercício de análise das inconsistências do protótipo analítico 2D, foi registrado também um conjunto de inconsistências de desenhos de projetos. As inconsistências de cada tipo de protótipo foram classificadas conforme critério apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Descrição da classificação adotada para as inconsistências de projeto.

Tipo I	Inconsistência de pouca gravidade, com baixo ou nenhum grau de interferência com outras disciplinas e nenhum impacto significativo sobre a obra.
Tipo II	Inconsistência de média gravidade, com baixo ou médio grau de interferência com outras disciplinas e médio impacto no custo da obra (até R\$5.000,00).
Tipo III	Inconsistências de alta gravidade, com alto grau de interferência com outras disciplinas e impacto grave no custo da obra (acima de R\$5.000,00).

Os valores apontados no Quadro 2 fazem referência aos custos decorrentes da não detecção das inconsistências observadas. Eles foram mensurados pelo setor de orçamentação da empresa colaboradora, adotando bases reais de cálculo empregadas para dimensionar os prejuízos decorrentes de retrabalho. Devido às limitações contextuais do trabalho, esses custos compreendem apenas as perdas diretas, associadas ao material e ao retrabalho realizado. Não são considerados, portanto, os prejuízos indiretos, decorrentes de atrasos no cronograma ou eventuais impactos na qualidade final do produto.

Como o objetivo do artigo é estabelecer um paralelo entre protótipos físico e analítico, confrontando o desempenho de cada modalidade na detecção de inconsistências de projeto de modo a apresentar uma relação de eficiência e economia entre elas, foi preciso diferenciar falhas que diziam respeito apenas às particularidades do desenho no CAD daquelas inconsistências que realmente impactariam em custos adicionais e retrabalho caso não fossem detectadas antecipadamente. Essa correção é importante para eliminar distorções nos resultados que implicariam em uma leitura equivocada. Assim, foram propostos dois filtros para as inconsistências detectadas no estudo.

No primeiro filtro, foram ignoradas as inconsistências detectadas nas prototipagens analíticas que não foram detectadas na prototipagem física, aceitando apenas aquelas que se relacionavam às inconsistências detectadas e mensuradas pela empresa construtora. Dessa forma, foi possível mensurar financeiramente junto à construtora a totalidade das despesas diretas economizadas e, assim, identificar o potencial de economia que os tipos de prototipagem analítica alcançaram.

No segundo filtro, foram descontadas das inconsistências detectadas na prototipagem física e prototipagem analítica 3D paramétrica todas as inconsistências que foram detectadas na compatibilização 2D. Assim, projetou-se uma situação ideal, em que todas as inconsistências detectadas da maneira tradicional seriam detectadas e resolvidas ainda na etapa de projeto. Dessa forma, as inconsistências restantes detectadas no protótipo analítico 3D e no protótipo físico compreendem apenas as inconsistências que dificilmente seriam detectadas pelo protótipo analítico 2D.

Resultados e discussões

Os dados coletados e compilados de acordo com o Quadro 2 permitiram obter a quantidade de inconsistências para os três tipos de protótipos. Esses resultados são apresentados no Quadro 3. O maior volume de observações apontadas na análise do protótipo analítico 2D está vinculado a uma distorção no entendimento entre inconsistências nas informações de projeto e problemas encontrados nos desenhos CAD, que não prejudicavam o entendimento do projeto. Esse último tipo de problema não foi sequer considerado pelas equipes responsáveis pelo protótipo físico e analítico 3D, pois se relaciona às dificuldades particulares da representação 2D, não impactando na interpretação equivocada do projeto que pudesse levar a uma falha na execução. Foram considerados, porém, erros de desenho que impactam na interpretação do projeto durante a etapa de execução.

Quadro 3. Quantidade de inconsistências identificadas.

Tipo de análise	Protótipo físico	Protótipo analítico 3D	Protótipo analítico 2D
Nº inconsistências	15	33	51

Como em uma prancheta de desenho, plantas, cortes, elevações, detalhes ou quaisquer outras peças gráficas são desenvolvidas separadamente e, conforme as soluções evoluem, ocorrem eventuais modificações em um desses desenhos, exigindo um esforço adicional e permanente de compatibilização entre áreas de conhecimento envolvidas. A fragmentação das informações de projeto decorrentes da não compatibilização ou uma compatibilização insuficiente se tornam mais comuns quando realizados com desenhos 2D (FERREIRA, 2007), dificultando análises e correlações entre as informações desenvolvidas por cada disciplina e disponibilizadas para a execução. Como as equipes responsáveis pela concepção do projeto e pela execução, normalmente, são diferentes e há dificuldade em retificar rapidamente as inconsistências, são adotadas soluções baseadas na experiência dos profissionais de canteiro sem que a inconsistência seja registrada.

Assim, problemas como “posição do vaso sanitário está deslocada 8 cm”, apresentada como uma incompatibilidade do protótipo analítico 2D, apenas ocorrem quando projetistas trabalharam com bases

diferentes. Esse tipo de problema de desenho foi detectado diversas vezes na análise do protótipo analítico 2D a partir da sobreposição das pranchas arquitetônicas e hidráulicas, por exemplo. Divergências desse gênero não foram relatadas pelos responsáveis pela construção do protótipo físico, pois estes não consideram que inconsistências desse gênero prejudiquem a construção. Seguindo o mesmo exemplo entre inconsistências de desenho das pranchas arquitetônicas e hidráulicas, o projeto hidráulico, normalmente, não apresenta cotas para posicionamento desses equipamentos e, por isso, a equipe de execução buscou soluções no projeto arquitetônico, no qual havia informações textuais e medidas cotadas.

No entanto, para o coordenador de projetos técnicos que está preocupado com a qualidade do conteúdo e a assertividade da documentação liberada para obra, essa constatação é corretamente entendida como preocupante. Fato é que quando realizada a confrontação das pranchas 2D a partir da sobreposição, os erros se tornaram redundantes, sendo repetidos conforme as plantas e cortes se multiplicavam nos desenhos técnicos dos diversos subsistemas.

Não apenas a redundância dos erros, mas a fragmentação das informações, registradas cada uma segundo um padrão individual das empresas terceirizadas de projeto, contribuem para a dificuldade de leitura dos projetos técnicos e, em decorrência disso, para a dificuldade de compatibilização e diminuição da confiabilidade de seus desenhos técnicos. Como pode ser visto no Quadro 4, cada especialidade compõe seu próprio conjunto de layers, que melhor se adequa às informações tratadas. Essa prática dificulta a integração dos projetos do produto, pois ocasiona duplicidade e ambiguidade de informações.

Quadro 4. Quantidade de layers do projeto.

	Quantidade de Layers
Arquitetônico	42
Ar-condicionado	37
Esgoto/água pluvial	92
Água fria/água quente	97
Automação	152
SPDA	144
Elétrico	152
Estrutural	83
Furação	108
Telemática	151
Soma de Layers dos 10 arquivos	1.058
Layers efetivamente utilizados	206

Para diminuir esses problemas, a coordenação dos projetos técnicos pode promover a adoção de padrões compatíveis de layers. Porém, essa medida desafia barreiras relacionadas à cultura organizacional das empresas terceirizadas, exige treinamento e diminui, inicialmente, a produtividade em um tipo de contrato que, normalmente, ocorre exclusivamente para um ou alguns projetos.

Essas e outras ocorrências demonstram a fragilidade do processo atual de validação das informações de projeto para liberação para obra, pois dependem diretamente da competência individual de análise de profissionais especializados em compatibilização. Além de seu caráter não produtivo, essas análises estão sempre sujeitas a falhas de atenção ou competência, resultando na não detecção de erros decorrentes de inconsistência entre as informações dos projetos.

Observou-se que esse tipo de problema, como a multiplicidade de layer, está ligado às particularidades do desenvolvimento do projeto com base em ferramentas CAD 2D. Em decorrência disso, não foi relacionado entre as

inconsistências do protótipo físico nem foi computado nos custos relatados. A detecção dessas inconformidades de desenho significa, porém, um tipo de inconsistência que aumenta as incertezas que impactam sobre o PDP, evidenciando a necessidade de empregar ferramentas mais eficazes para o desenvolvimento do projeto.

Com relação à discussão apresentada neste tópico relacionada aos projetos desenvolvidos e documentados com ferramentas CAD – e que este trabalho enquadra como um protótipo analítico 2D – são apontadas algumas conclusões preliminares: (01) é importante realizar uma análise aprofundada e detalhada sobre a documentação entregue para produção, muitas vezes negligenciada; (02) há uma crescente dificuldade em promover a integração de projetos por intermédio da coordenação baseada em compatibilização – na qual os conflitos são detectados e resolvidos por meio da sobreposição de pranchas e revisão de versões finalizadas; e (03) o processo de desenvolvimento de projetos a partir de desenhos bidimensionais em ferramentas CAD é deficiente, uma vez que desloca a atenção dos projetistas e coordenadores para problemas de representação do projeto que não agregam valor ao produto e negligencia a interface de comunicação entre os agentes envolvidos no PDP.

Depurando os dados levantados

A análise da prototipagem analítica virtual 2D permitiu corrigir distorções relacionadas a eventuais deficiências na coordenação e na compatibilização dos projetos técnicos utilizados como base de informação para desenvolver os protótipos físico e analítico 3D.

Essas eventuais deficiências no processo de coordenação são, em parte, provenientes e justificadas pela relação cooperativa existente entre escritórios de projeto e construtoras envolvidos no empreendimento que serviu de base para o estudo. Essa prática facilita a comunicação e aumenta o comprometimento entre os intervenientes envolvidos, porém, para o fim da pesquisa, foi considerada como uma variável a ser corrigida para validade do estudo de comparação entre os tipos de prototipagem observados.

Nesse sentido, a análise da prototipagem analítica virtual 2D realizada para o estudo caracteriza-se como uma nova compatibilização dos projetos técnicos, realizada posteriormente ao encerramento da etapa de projeto, apontando, assim, quais são os reais limites onde a coordenação baseada em compatibilização pode chegar na prática, sem auxílio da modelagem paramétrica ou da prototipagem física.

Por outro lado, como foi visto na seção anterior, muitas das inconsistências de projeto detectadas nessa compatibilização posterior se confundem com inconformidades de projeto que não impactam na qualidade da produção, quando muito, na confiabilidade das informações. Da mesma forma, algumas inconsistências observadas pela prototipagem analítica virtual paramétrica se relacionavam a essas inconformidades de projeto, pois utilizou como base os arquivos digitais das pranchas de projeto.

O Quadro 5 apresenta, na segunda coluna, o resultado observado com a construção do protótipo físico na própria edificação. Essa prototipagem antecipou quinze inconsistências que foram resolvidas antes do início da produção dos pavimentos-tipos (quatro apartamentos por andar, quinze pavimentos por torre, quatro torres), evitando custos adicionais estimados em R\$70.814,00 por torre. Como o empreendimento era composto por quatro torres, a prototipagem física resultou em um total de R\$ 283.256,00 de economia ao empreendimento.

Quadro 5. Relação da quantidade e de custos estimados das inconsistências identificadas no protótipo físico também identificadas no protótipo analítico virtual.

Tipo de análise	Protótipo físico	Inconsistências também identificadas no Protótipo Físico	
		Protótipo analítico 3D	Protótipo analítico 2D
Nº inconsistências	15	13	6
Tipo I	6	5	1
Tipo II	3	3	2
Tipo III	6	5	3
	100%	86,67%	40%
Custo evitado (R\$)	70.814,00	63.276,00	27.736,00

O mesmo quadro apresenta, na terceira coluna, um total de 13 inconsistências que também foram detectadas pelo protótipo analítico 3D, representando 86,67% das inconsistências apontadas pelo protótipo físico. Tratam-se das mesmas inconformidades encontradas no protótipo físico desenvolvidos pela construtora, o que representa a economia estimada de R\$ 63.276,00 em uma torre e R\$ 253.104,00 em todo o empreendimento. Esse custo foi calculado a partir do custo de cada uma das 13 inconsistências detectadas e representa 89,35% do custo total estimado detectado pelo protótipo físico.

Por sua vez, na quarta coluna, a análise de compatibilização de projetos conseguiu apontar 6 das 15 inconsistências que foram observadas no protótipo físico, ou seja, identificou 40% dos itens detectados pelo protótipo físico. Essa performance implica uma economia de R\$ 27.736,00 de custos estimados, decorrente de recursos não desperdiçados na execução de uma torre e R\$ 110.944,00 na execução das quatro torres. O custo economizado detectado pela compatibilização de projetos corresponde a 39,17% do valor antecipado pelo protótipo físico. Uma vez que os valores relacionados na quarta coluna se baseiam no mesmo método de compatibilização empregado na fase de projeto, os mesmos (seis itens) foram desconsiderados como fatores de correção para a comparação entre protótipos físico e analítico 3D, apresentado no Quadro 6.

Quadro 6. Relação da quantidade e de custos estimados das inconformidades identificadas no protótipo físico também identificadas no protótipo analítico virtual.

Tipo de análise	Total descontando o protótipo representativo		
	Protótipo físico	Protótipo analítico 3D	% 1
Nº não conformidades	9	8	88,88%
Tipo I	5	4	80,00%
Tipo II	1	1	100,00%
Tipo III	3	3	100,00%
Custo evitado (R\$)	43.078,00	43.078,00	

* Percentual resultante da proporção dos resultados do protótipo virtual em relação ao protótipo físico.

Dessa forma, restaram nove inconsistências encontradas no protótipo físico e oito encontradas no protótipo analítico 3D, o que significa uma proporção de 88,88% do segundo em relação ao primeiro. Porém, os custos evitados por ambas as modalidades correspondem ao valor total de R\$43.078,00 para cada torre. Essa coincidência ocorreu porque o item identificado apenas no protótipo físico corresponde ao tipo I, que representa um custo nulo ou insignificante.

No caso estudado, o protótipo físico anteviu mais itens que o protótipo virtual, significando, contudo, a mesma economia em recursos financeiros. Por outro lado, destaca-se que a construção do protótipo físico da forma como foi realizada, isto é, dentro da própria estrutura da edificação, posterga demasiadamente as constatações, ao passo que o protótipo analítico 3D pode levantá-las previamente. A atividade de prototipagem analítica 3D pode ser realizada ainda na fase de projeto executivo, antes de sua validação final para liberação da obra.

Além disso, existe uma limitação do protótipo físico, possível apenas nas partes da construção passíveis de reprodução. Para aumentar a confiabilidade do projeto e do processo de construção em todo o edifício, o desenvolvimento do protótipo analítico ou a elaboração de maquetes se revelam as únicas alternativas viáveis. Embora os dados detalhados que compõem os custos indiretos do protótipo físico não tenham sido disponibilizados pela construtora, é possível calcular os custos resultantes do trabalho realizado pela equipe de pesquisa na modelagem como um dado referencial para compreender os custos que essa atividade representa para o empreendimento frente à economia já demonstrada. Foi contabilizado o tempo despendido para realizar o protótipo analítico virtual, totalizando 32 horas de trabalho entre organização dos arquivos, desenvolvimento dos protótipos tridimensionais, análise das não compatibilidades, e confecção de relatórios.

Com o intuito de calcular o valor do serviço de compatibilização de projetos, considerando-se a terceirização desse serviço para uma empresa formal de arquitetura com arquitetos registrados conforme legislação vigente, foi adotado o valor do piso salarial da categoria (9 Salários Mínimos para jornada diária de oito horas de trabalho), cujo valor na época deste estudo era de R\$ 678,00 por mês (maio de 2013), totalizando R\$ 6.102,00. O custo desse funcionário para a empresa, registrado conforme a CLT (Consolidação das Leis Trabalhistas), segundo o TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos, da Editora Pini, em sua 13ª edição, considerando-se os encargos básicos e obrigatórios, incidentes e reincidentes, e complementares, é de aproximadamente 132,91% do valor de registro do salário, ou seja, R\$ 8.110,17, o que totaliza R\$ 14.212,17. Considerando-se o mês com vinte dias úteis e jornada de trabalho de oito horas diárias, tem-se o total mensal de cento e sessenta horas úteis de trabalho. Dessa forma, obtém-se, como custo de produção, o valor de R\$ 88,83 por hora de trabalho.

Considerando como média dos custos (fixos e variáveis) do escritório de arquitetura a proporção de 30% do preço de venda do serviço, conforme recomendações de profissionais do mercado, como da Incubadora de Empresas da Universidade Estadual do Ceará (2015) e como margem de lucro o valor de 32%, conforme alíquota adotada como padrão de lucro para Pequenas e Médias Empresas – PME (2015) sobre o qual incide o Imposto de Renda, tem-se as proporções médias que ajudarão a calcular a *mark-up*.

O *mark-up* é um valor que auxilia na composição do preço de venda do produto ou serviço, que multiplica o valor do custo, nesse caso, o custo da contratação de um profissional para a execução do serviço, para se chegar ao preço de venda final. Leva em consideração os custos fixos, como aluguel, telefone, salários dos funcionários administrativos, etc. e custos variáveis, como impostos incidentes e, também, a margem de lucro desejada. O valor do *mark-up* (MU) é calculado conforme a seguinte fórmula:

$$MU = 100\% / (100\% - C - ML)$$

Onde C = Custos fixos e variáveis* e ML = Margem de Lucro (em percentual).

No caso apresentado, o *mark-up* (MU) calculado é de 2,63, fator a ser aplicado ao custo de produção do serviço prestado, nesse caso o valor de R\$ 88,83/h, o que resulta no valor por hora a ser cobrado do serviço de R\$ 233,63/h.

Foram registradas trinta e duas horas para a execução do serviço de compatibilização de projetos, o que totaliza o valor de R\$ 7.475,84 para a prototipagem analítica virtual (Quadro 7).

Esse valor corresponde a 4,34% do custo total (R\$ 172.312,00) de inconformidades evitadas pela prototipagem física na execução da torre. Porém, os ganhos possíveis com a modelagem não se restringem à economia aqui apresentada. Ao se antecipar os problemas antes do início da execução da obra, é possível corrigir os projetos antes de sua liberação final, evitando também mudanças no planejamento – cronograma de obra e orçamento.

QUADRO 7. Cálculo de honorários de Compatibilização de Projetos.

Salário mínimo	R\$ 678,00
9 Salários mínimos (piso salarial Arquiteto para 8 h de trabalho semanal)	R\$ 6.102,00
Encargos sociais (segundo TCPO) - 132,91%	R\$ 8.110,17
Total (Custo do serviço) (01 Arquiteto x 1 mês)	R\$ 14.212,17
Total de horas de trabalho por mês (8 h x 20 dias)	160 h
Custo do serviço (01 arquiteto) por hora	R\$ 88,83
C = Custos (Fixos + Variáveis)	30%
ML = Margem de Lucro (PME)	32%
Mark-up [MU = 100%/(100%-C-ML)]	2,63
Preço de venda do serviço (01 arquiteto) por hora = R\$ 88,83 x 2,64	R\$ 233,63
Preço total do serviço = 32 h x R\$ 233,62	R\$ 7.475,84

Detalhamento das inconsistências observadas

Após apresentar o desempenho econômico verificado em cada modalidade de prototipagem, cuja análise apresentou observações globais sobre o problema relacionado às inconsistências observadas, cabe ainda destacar alguns exemplos significativos que melhor caracterizem as análises que se seguirão. O Quadro 8 apresenta a relação das inconsistências listadas por cada equipe envolvida no experimento. Nele estão discriminados e classificados os itens que se enquadraram no critério especificado no Quadro 2, que considera o impacto causado na obra. Dessa relação, alguns casos foram tomados como exemplo e analisados a seguir.

Quadro 8. Inconsistências identificadas pelo Protótipo Físico, classificadas segundo impacto em obra, e pelos protótipos analíticos correspondentes.

nº	Protótipo físico	Tipo	Protótipo analítico 2D	Protótipo analítico 3D
1	Elevação da alvenaria até o fundo da laje para redução de ruídos e odores	I	Falta definição da interface entre paredes do banheiro e a laje.	Parede alvenaria 12 cm entre apartamentos, com laje nervurada: confirmar isolamento acústico (alvenaria entra nos vãos das cubetas?).
2	Alteração no caminhamento do esgoto do tanque permitiu retirar o shaft de dentro da área de serviço, aumentando o espaço interno.	II	Locação do QLD e QC não coincide, enchimento está locado errado ou era destinada a outra finalidade não expressa.	Furo na laje de piso não aparece na planta de EST atrás de QC e QLD
3	Eliminação de um shaft do Banheiro da Suíte, aumentando o espaço interno e melhorando o aspecto do acabamento.	III	Shafts do banheiro subutilizados, as tubulações podem ser locadas no banho 1 onde o shaft parece interferir menos no espaço	-
4	No projeto de furação de vigas faltaram 5 furos para a tubulação de elétrica. Projeto estrutural previa apenas 6 furos horizontais para passagem de tubulação elétrica. Real necessidade: 3 furos para automação, 4 furos para elétrica, 4 furos de telefonia e TV.	III	O projeto elétrico prevê 6 furos, mas são insuficientes, contabilizamos 11.	Previstos 3 furos na viga V514-3. ELE confirmar: é possível juntar as tubulações em um só furo maior? Qual h? Qual dimensão?
5	Projeto estrutural não contemplava furos para passagem de split e eletrodutos no Dormitório 2.	III	-	-
6	Projeto estrutural não contemplava diâmetros necessários para passagem de rede frigorígena	III	A tubulação frigorífica entra em conflito com a tubulação de esgoto. As furações na viga e pilar restringem os desvios destas tubulações	Posição da tubulação de AF e ES estão representadas na mesma localização, dentro do EH.

Quadro 8. Continuação...

nº	Protótipo físico	Tipo	Protótipo analítico 3D	Protótipo analítico 3D
7	Projeto estrutural não contemplava furação dos drenos do split	I	Furação para dreno não esta prevista (Dormitório 2)	Não há tubulação de dreno para AC do ambiente
8	Projeto elétrico solicita instalações de caixas 4x2”, onde não há espaço na alvenaria (9 cm)	I	-	-
9	Havia uma tomada na altura da rodabanca da bancada da cozinha	III	Interferência entre espelho de granito e tomada na cozinha	-
10	Projeto de gás não especificou o local da saída do duto do aquecedor	I	Apesar da indicação no detalhe genérico, não houve a previsão de saída para a chaminé do aquecedor instantâneo a gás.	-
11	Projeto de gás não levou em consideração fixação do tanque e o ralo da Área de Serviço.	II	Tubulação de gás entra em conflito com sistema de esgoto. A representação do traçado do gás está indicada na prancha das águas quentes e frias, que ignora o traçado do esgoto, não acusando esse erro.	Tubulação de Gás cruzando com tubulação de Esgoto, Água fria, Água quente e Elétrica sobre o tanque.
12	O projeto hidráulico necessitava de um shaft de 30 cm no TQ da Área de Serviço. O projeto arquitetônico reservou um espaço de 15 cm.	II	O dimensionamento da tubulação inviabiliza a instalação como proposta. A prumada horizontal que passa sobre os pontos hidráulicos indicados no arquitetônico extrapolam os limites do enchimento hidráulico.	-
13	O projeto hidráulico especificou um caimento no esgoto da cozinha que ultrapassava o pé-direito especificado no projeto arquitetônico.	I	A tubulação de esgoto se aproxima muito do nível de gesso do pavimento inferior. Para atender a especificação de inclinação, o controle em obra tem aqui um ponto crítico na execução.	-
14	Pilar e altura da viga restringem posicionamento do duto de fumaça da churrasqueira.	I	A churrasqueira não é detalhada, no caso de modulo de churrasqueira, o pilar e a viga semidivertida podem interferir no traçado e inclinação do duto de exaustão.	-
15	Impossibilidade de sobreposição de caixas de split, conforme especificado em arquitetônico devido à espessura das caixas ser bem maior que a espessura da alvenaria.	III	Possível incompatibilidade tecnológica: Confirmar viabilidade de instalação de Split em parede de 9 cm	-

Inconsistências em uma única parede

Dentre os itens relacionados no Quadro 8, algumas particularidades observadas durante sua análise contribuem para a discussão sobre a eficácia dos diferentes protótipos.

O item 8 foi detectado apenas pela prototipagem física e precisa ser melhor caracterizado. Durante o trabalho de classificação das inconsistências, observou-se que, de fato, as caixas 4x2’ possuíam profundidade menor do que a soma da alvenaria e uma das camadas do reboco, o que geometricamente permitia sua instalação. Porém, ao realizar o trabalho de “rasgar a alvenaria” de 9 cm para instalação dessas caixas, o furo atravessa completamente a parede, atingindo o outro ambiente.

Essa interferência não foi identificada no protótipo analítico 3D, pois parametricamente não havia qualquer interferência prevista. Assim, se o recobrimento mínimo de alvenaria para os fundos das caixas for considerado uma necessidade construtiva, faz-se necessário considerar essa condição na modelagem do componente “caixa”, o que não ocorreu. Dessa forma, fica evidente que o grau de maturidade da modelagem precisa ser ajustado à cultura e à técnica construtiva em uso.

Outro caso semelhante ao item 8 é a inconsistência indicada no item 1, em que a detecção da necessidade de elevar a alvenaria até o fundo da laje em ambientes como banheiro ou cozinha se deve mais à experiência profissional envolvida do que pela análise por intermédio da prototipagem. Mesmo o protótipo físico não contava com qualquer procedimento de medição de desempenho que permitisse a detecção de falhas na incolumidade dos ambientes, cabendo à percepção dos profissionais envolvidos reconhecerem a inconsistência.

Em contrapartida, o item 9 demonstra uma inconsistência provocada por uma falha na leitura do projeto. Essa inabilidade profissional, porém, possui um atenuante que deve ser considerado, pois se deve, em parte, à fragmentação das informações contidas no projeto elétrico (FERREIRA, 2007). Na incompatibilidade apontada no item 9, a altura da tomada especificada na planta de indicação de iluminação e tomadas do projeto elétrico coincide com a rodabanca da bancada da cozinha. Como estão exemplificadas pelos recortes da prancha do projeto elétrico, apresentados na Figura 7, as tomadas foram indicadas em planta por simbologia padrão e esses símbolos foram apresentados na legenda referente à planta, indicando tipo, altura e demais especificações técnicas.

Observando ainda a Figura 7, nota-se um retângulo tracejado na cor azul contornando a área da bancada da cozinha. Esse tracejado não possui qualquer referência textual no desenho, mas é descrito na legenda de símbolos da seguinte forma: “as tomadas da bancada da pia da cozinha, com simbologia 1,10 m deverão estar a 1,20 m de altura”. Porém, na mesma prancha existe um detalhe em corte, que contradiz essa informação, indicando altura da caixa a 1,10 m e orientada horizontalmente.

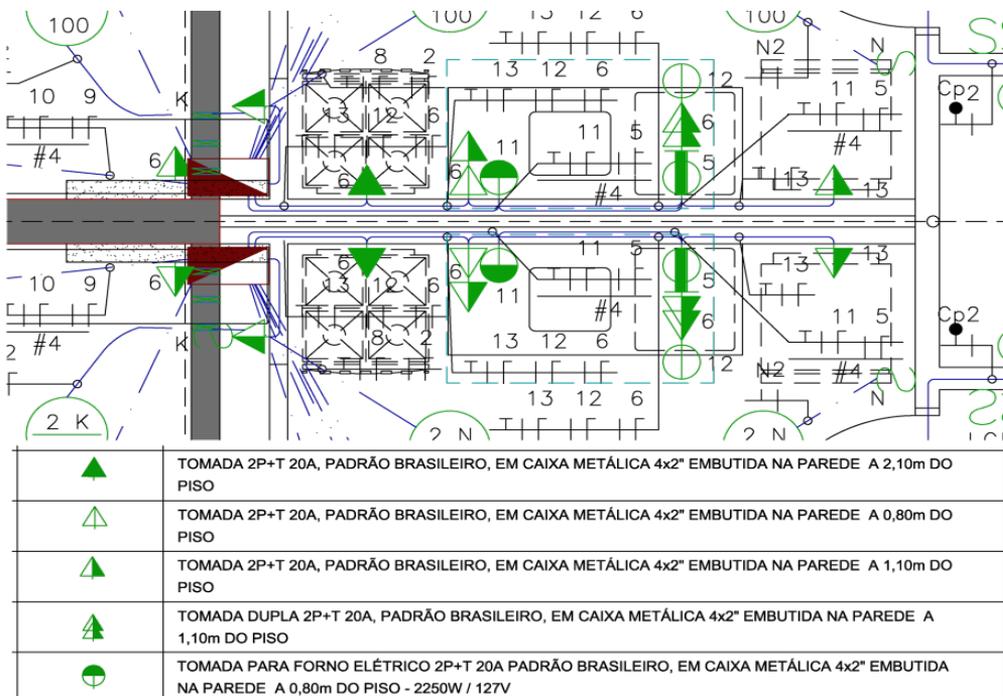


Figura 7. Recorte de planta e legenda do projeto elétrico.

Esse detalhe em corte não estava indicado na planta ou em qualquer outro desenho da prancha. De fato, se por um lado os profissionais responsáveis pela prototipagem se ativeram apenas às informações padrão explícitas na descrição da simbologia nas pranchas, sem observar o significado da projeção azul ou as informações presentes no detalhe genérico, por outro, os profissionais responsáveis pela prototipagem analítica 3D observaram apenas o detalhe, resultando na detecção da inconsistência, conforme demonstra a Figura 8.

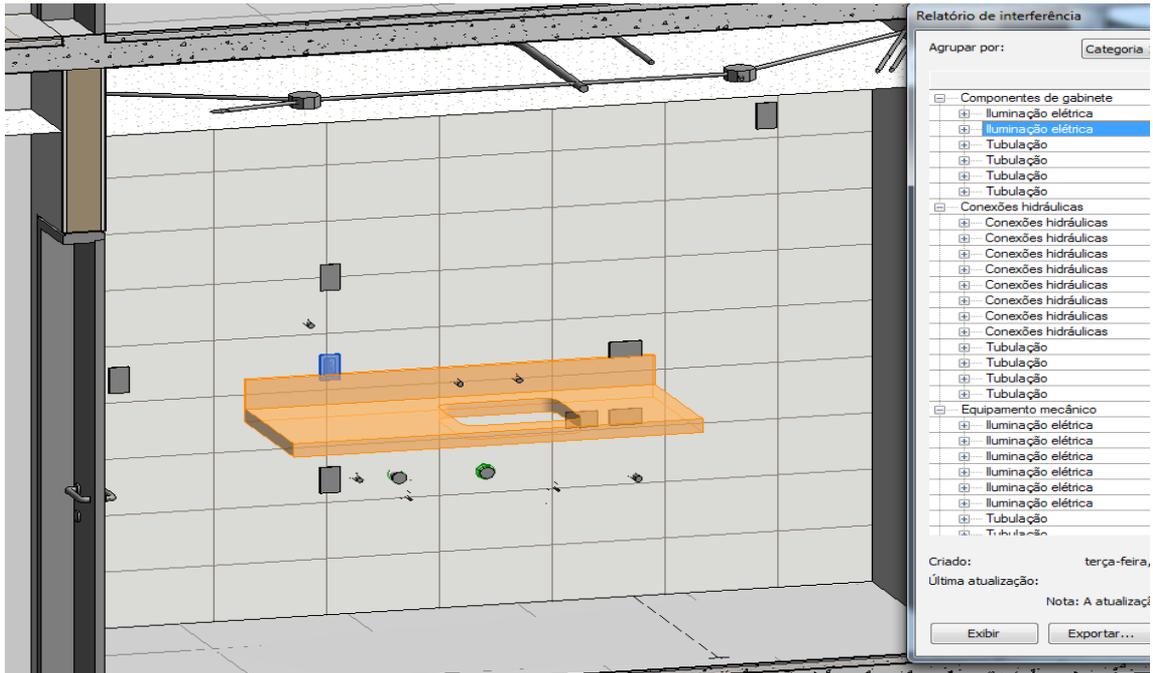


Figura 8. Não-conformidade na bancada da cozinha identificada com auxílio de um relatório de interferência do software.

Já a equipe responsável pelo protótipo analítico 2D sequer observou a incompatibilidade. Nesse caso, a dubiedade das informações prejudicou a análise de todos os envolvidos, forçando a improvisação de uma solução nova. Uma análise atenta ao registro da prototipagem física, comparando-o às demais figuras que representam o projeto, mostra que as informações de projeto foram abandonadas e redefinidas em obra. Todas as tomadas estão dispostas na vertical e, além disso, do lado esquerdo da bancada, duas dessas tomadas foram locadas sobre a bancada e uma sob ela, quando o especificado era justamente o contrário.

Essa inconsistência é agravada se for considerada uma situação sem qualquer prototipagem física, em que nenhuma solução alternativa seria adotada. Nessa situação, a bancada seria executada após conclusão do acabamento da parede com revestimentos cerâmicos, incluindo fixação das tomadas. Ou seja, o impacto de um eventual retrabalho decorrente da não detecção dessa incompatibilidade seria consideravelmente alto, uma vez que envolvia frentes de trabalho iniciadas há quatro meses, ou seja, havia a replicação de uma não conformidade da obra decorrente da inconsistência do projeto.

CONCLUSÕES

O estudo exploratório que resultou nesse artigo delineou um entendimento experienciado da prototipagem analítica virtual. Descontados os itens detectados na análise de compatibilização, que deveriam estar sanados para os projetos liberados para a obra, a realização do protótipo

analítico 3D significa a detecção de 77,78% dos itens encontrados como resultado do protótipo físico. Esse valor considerável valida as vantagens de realização da modelagem de protótipos virtuais como um meio de antecipação na detecção de inconformidades.

Das detecções consideradas, foi demonstrada a possibilidade de antecipação de 40% dos problemas identificados no protótipo físico ainda na etapa de projeto, apenas analisando os projetos executivos liberados para obra. Isso significa que essas inconsistências poderiam ser mitigadas caso os desenhos técnicos, além de um instrumento de comunicação documental das definições do projeto, fossem encarados como uma oportunidade de prototipagem analítica 2D. Isso acarretaria, no entanto, um volume ainda maior de trabalho.

Porém, cabe ressaltar que a prática da prototipagem analítica 2D, embora seja rápida e demande poucos recursos e tecnologia para sua produção, quando comparada à prototipagem física ou mesmo à prototipagem analítica 3D, apresenta limitada capacidade de integrar informações de projetos complexos, como são os projetos do ambiente construído. Questiona-se, assim, a validade dos esforços empregados em insistir em práticas desse tipo de prototipagem.

Diante dessa perspectiva, a prototipagem analítica 3D encontra subsídio nas tecnologias BIM. Ao associar à modelagem paramétrica, tanto o gerenciamento integrado das informações do projeto como a possibilidade de avaliar o desempenho do produto, a tecnologia BIM aproxima a prototipagem analítica da prototipagem física em vários aspectos. Com maior rapidez e economia, é possível simular virtualmente parâmetros físicos do produto, planejar as etapas de execução, quantificar insumos, facilitar a orçamentação e o controle de recursos e avaliar com mais precisão a qualidade do ambiente.

Os resultados apresentados no estudo de caso permitiram comparar o desempenho da prototipagem física e analítica 3D realizadas durante o início da construção da edificação com o objetivo de identificar as inconsistências de projeto. Se por um lado, a validade dessa comparação restrita ao apartamento tipo pode ser questionada, diante da maior complexidade observada em outras partes do edifício por exemplo, o térreo, a casa de máquinas ou os subsolos, cabe observar que esse recorte se deve às limitações da prototipagem física em um produto único.

A bibliografia aponta que os benefícios da prototipagem analítica 3D poderiam ser maiores se a mesma fosse incorporada desde as fases iniciais do PDP do ambiente construído. A comparação relatada nesse artigo reforça esse entendimento, pois, embora tenha apontado para maior capacidade de detecção das inconsistências do projeto, as oportunidades de intervenção para solucioná-las foram limitadas. Se detectadas durante o desenvolvimento do projeto, as possibilidades de solução para eventuais inconsistências seriam maiores e os custos atrelados a ela, menores. Ao mesmo tempo, não sendo tão demandada para identificar inconsistências, a prototipagem física poderia ser melhor explorada para estudar fenômenos típicos da produção, promover treinamento de pessoal e a padronização e a melhoria da produção em situações muito complexas. Além dessas possibilidades, outro benefício da prototipagem física é a divulgação e comercialização do produto como apartamentos decorados ou maquetes.

Com a antecipação da prototipagem analítica, incorporada à modelagem de informação da edificação, o escopo do projeto do ambiente construído aumenta consideravelmente. Em um sentido mais profundo, a responsabilidade sobre a integração das informações dos projetos, que é assumida atualmente pela produção, porque ocorre durante a construção do edifício, migra para o projeto. Esse novo paradigma, baseado na modelagem de informação, deve impactar nas relações organizacionais do setor, na forma de comunicação do projeto e até na forma como os projetistas devem pensar o produto. Assim, a oportunidade de diminuir o risco e a incerteza

na produção se traduz em novos desafios ao desenvolvimento do projeto, promovendo a revalorização das atividades relacionadas a ele.

Barreiras culturais e organizacionais são empecilhos à integração dos diferentes processos do PDP, que envolvem viabilidade, desenvolvimento e produção. O presente trabalho se concentrou na relação entre esses dois últimos, demonstrando que a prototipagem analítica 3D, possível com a modelagem paramétrica, contribui significativamente para redução de incertezas do processo. Indiretamente, impacta ainda na economia de custos e prazos, pois independe do início da execução do edifício e oferece garantias de qualidade das informações projetadas para o empreendimento.

Os resultados observados apresentaram um panorama promissor para implementação da prototipagem analítica, a partir de ferramentas BIM, como uma alternativa válida e economicamente vantajosa sobre a prototipagem física para detectar inconformidades de projeto. Porém, diante dessa constatação, novas questões se estabelecem como direcionamentos para futuras pesquisas. Elas envolvem o estudo de desenhos organizacionais que reposicionem o papel do projeto no PDP, a exploração do potencial tecnológico para realização de simulações em n dimensões, identificação das dificuldades conjunturais de implementação e amadurecimento dessas tecnologias no setor e quais novas competências surgirão.

REFERÊNCIAS

- ARAYICI, Y et al. **BIM implementation and Adoption Process for an Architectural Practice**. The School of Built Environment, the University of Salford. Greater Manchester, p. 22. 2011.
- BEYNON-DAVIES, B.; TUDHOPE, D.; MACKAY, H. Information systems prototyping in practice. **Journal of Information Technology**, Londres, v. 14, p. 107-120, 1999.
- BONSIEPE, G. Design as tool for cognitive metabolism: from knowledge production to knowledge presentation. **International Symposium on the Dimensions of Industrial Design Research Ricerca+Design**. Milão: Politecnica de Milão, p. 1-14, 2000.
- BOUHLAGHEM, D. et al. Visualisation in architecture, engineering and construction (AEC). **Automation in Construction**, n. 14, p. 287-295, 2005.
- BROWN, S. L.; EISENHARDT, K. M. Product development: past research, present findings and future directions. **Academy of Management Review**, Mississippi, MS, v. 20, n. 2, p. 343-378, 1995.
- FAITHFULL, P. T.; BALL, R. J.; JONES, R. P. An investigation into the use of hardware-in-the-loop simulation with a scaled physical prototype as an aid to design. **Journal of Engineering Design**, v. 12, n. 3, p. 231-243, 2001.
- FERREIRA, R. C. Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações. 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- GRIMM, T. **User's guide to rapid prototyping**. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 2004.
- HOLMBERG, S. C. Design and prototyping towards anticipatory applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF COMPUTING ANTICIPATORY SYSTEMS, 3, 1999, Oslo. **Proceedings...** Oslo, 2000. 11 p.
- INCUBADORA DE EMPRESAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ. **Aprenda a calcular o preço certo dos seus produtos**. Disponível em: <<http://www.uece.br/incubaece/index.php/noticias/14-lista-de-noticias/243-aprenda-a-calcular-o-preco-certo-dos-seus-produtos>>. Acesso em: 24 mar.2015.
- KALAY, Y. E. The impact of information technology on design methods, products and practices. **Design Studies**, Elsevier, v. 27, p. 357-380, maio 2006.
- KIVINIEMI, A.; FISHER, M. Potential Obstacles to Use BIM in Architectural Design. In: SHEN, G. Q.; BRANDON, P.; BALDWIN, A. (Eds.). **Collaborative Construction Information Management**. Oxon: Spon Press, 2009. p. 36-54.
- PATTERSON, M. L. **Leading product innovation: accelerating growth in a product-based business**. Nova York: John Wiley & Sons, 1999.
- REINERTSEN, D. **Managing the design factory: a product developer's toolkit**. Nova York: Free Press, 1997. 280 p.

ROSENTHAL, S. R.; TATIKONDA, M. V. Competitive advantage through design tools and practices. In: SUSMAN, G. I. (Ed.). **Integrating design and manufacturing for competitive advantage**. Londres: Oxford University Press, 1992. 320p.

SEBRAE. **Como calcular a margem de lucro de um produto**. Portal Tributário. Abr. 2012. Disponível em: <<http://www.boletimdoempreendedor.com.br/boletim.aspx%3FcodBoletim%3D478>>. Acessado em 24 mar. 2015.

SMITH, P.; REINERTSEN, D. **Developing Products in Half the Time: New Rules, New Tools**. 2. ed. [S.l.]: [s.n.], 1997.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, p. 357-375, out. 2009. Disponível em: www.elsevier.com/locate/autcon.

TSE, K. T.; WONG, K. A.; WONG, K. F. The utilisation of building information models in nD modelling: a study of data interfacing and adoption barriers. **ITcon**, v. 10, p. 85-110, 2005.

ULRICHI, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. 5 ed. Massachusetts: Mc Graw Hill, 2011. 432 p.

Lucas Melchiori Pereira
lc.melchiori@gmail.com

Fernanda Aranha Saffaro
saffaro@uel.br

Ercilia Hitomi Hirota
erciliahh@gmail.com

Celso Saito
celsosaito@hotmail.com

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO EM REFORMAS DE EDIFICAÇÕES DE UNIVERSIDADE PÚBLICA

Assessment of the Project Design in Renovations of Public University Buildings

Paulo Roberto Andery¹, Cícero Starling¹, Rute Martins¹

RESUMO O presente trabalho apresenta um estudo exploratório sobre o processo de projeto em obras de readequação de edificações universitárias em uma instituição pública. Utilizou-se o método de estudos de caso múltiplos. Como fontes de evidências, destacam-se a análise de documentos e projetos, a observação direta de rotinas de trabalho e entrevistas com os agentes envolvidos no processo de projeto. Três empreendimentos foram estudados, e os principais problemas e dificuldades do processo de projeto são analisados e comparados com estudos recentes com foco em instituições universitárias. Os resultados sugerem que, além dos problemas inerentes aos mecanismos de contratação de projetos de obras públicas, as instituições universitárias têm problemas específicos, associados a mudanças frequentes na estrutura organizacional, o que implica alteração nos mecanismos de tomada de decisão, mudanças também frequentes no quadro de profissionais envolvidos, forte intervenção dos clientes nos processos de projeto e uma dinâmica de projetos condicionada à obtenção de recursos financeiros. Esses fatores dificultam uma efetiva colaboração voltada a soluções integradas para as etapas de projeto e construção. Esses resultados são similares aos encontrados em outros estudos conduzidos recentemente.

PALAVRAS-CHAVE: Processo de projeto, Instituições universitárias públicas, Gestão de projetos.

ABSTRACT This paper presents an exploratory study on the design process in readjustment construction works of university buildings in a public institution. The method of multiple case studies was used. As evidence sources, the analysis of documents and projects, direct observation of work routines and interviews with those involved in the design process are highlighted. Three projects were studied, and the main problems and difficulties of the design process are analyzed and compared to recent studies focusing on universities. The results suggest that in addition to problems inherent to the hiring mechanisms of public work projects, the universities have specific problems associated with frequent changes in organizational structure, which implies changes in decision-making mechanisms, frequent changes in the staff involved, strong involvement of customers in the design processes and a project dynamic conditioned to obtaining financial resources. These factors hinder an effective cooperation aimed at integrated solutions for the design and construction stages. These results are similar to those found in other studies conducted recently.

KEYWORDS: Design process, Public higher education institutions, Design management.

¹Universidade Federal de Minas Gerais

How to cite this article:

ANDERY, P. R.; STARLING, C.; MARTINS, R. Avaliação do processo de projeto em reformas de edificações de Universidade Pública. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 49-65, jan./jun. 2015 <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.85384>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 05 mar. 2015

Aceito em: 06 maio 2015



INTRODUÇÃO

As universidades públicas são um interessante objeto de estudo no campo do gerenciamento de projetos, em função de sua complexidade: frequentes alterações dos espaços físicos para adequações de uso, ingerência dos órgãos da administração, programas de necessidades que se modificam durante o processo de projeto, bem como a dinâmica de construções condicionadas à viabilidade de recursos, nem sempre previsíveis.

A isso se soma o fato de que a contratação de projetos e obras, no setor público, encontra-se vinculada à Lei nº 8.666/1993. Em função das particularidades da lei, o processo de projeto de edificações públicas é realizado de maneira segmentada e, muitas vezes, sem a integração devida entre os envolvidos no projeto e na execução (SALGADO, BRASIL; LOMARDO, 2013). O projeto é desenvolvido antes da contratação de seu executor e sem o envolvimento dele. Muitas vezes, são adotadas soluções pouco satisfatórias, gerando problemas de compatibilização dos projetos nas obras, com impacto no custo, prazo de entrega ou qualidade dos empreendimentos.

No caso específico de universidades públicas, a gestão do processo de projeto possui algumas particularidades, que têm sido consideradas em pesquisas dos últimos anos (MOTTA; SALGADO, 2003).

Entre os estudos recentes, Esteves (2012) destaca aspectos como a forte intervenção dos promotores e usuários na definição das soluções de projeto e na própria gestão do processo; a dificuldade de implementação de modelos de gestão do processo de projeto, em função da descontinuidade nos processos internos de gestão; o condicionamento das decisões à dinâmica de obtenção de verbas; a segmentação do processo de projeto, em função das imposições da Lei nº 8.666/1993, como mencionado acima, e a falta de critérios claros e planos diretores para nortear as soluções de projeto.

A autora continua seu diagnóstico citando outros aspectos característicos do processo de projeto em universidades públicas, dos quais se destaca a existência de demandas complexas e multidisciplinares, em função da vinculação entre o ambiente construído e as atividades de ensino e pesquisa; a ausência de mecanismos e procedimentos de governança, que permitam que se consolidem boas práticas de projeto, considerando todo o ciclo de vida do empreendimento. A isso se somam aspectos organizacionais, como a constante mudança de chefias e a falta de autonomia para a tomada de decisões (ESTEVES, 2012).

Com o intuito de contribuir com o estudo do processo de projeto de edificações universitárias públicas, o presente trabalho, em primeiro momento, caracteriza o processo de projeto de universidade pública objeto de estudo. Na sequência, apresentam-se sinteticamente as características de três obras específicas de reforma, bem como realizadas comparações com outras universidades públicas.

BREVE REFERENCIAL TEÓRICO

Um primeiro aspecto de projetos desenvolvidos em universidades públicas diz respeito às exigências legais de contratação dos mesmos.

A Lei nº 8.666/1993, também conhecida como lei das licitações, é ponto crítico para promoção da melhoria contínua das práticas de projeto e produção no setor público, trazendo várias implicações descritas na literatura recente. A lei torna rígidos e limitados os critérios para escolha das empresas responsabilizadas pelo desenvolvimento de projetos e execução de obras e serviços no setor público.

A literatura recente aponta para o fato de que, frequentemente, o nível de detalhamento de projetos licitados fica aquém do esperado (BRETAS, 2010), além de se ter com frequência problemas associados a um escopo insatisfatório (CAMPOS, 2010).

Nota-se que as definições e a abrangência da totalidade da obra devem constar do projeto básico, uma vez que o projeto executivo refere-se apenas à fase de materialização da obra, do “como fazer”, ainda mais associado ao conceito normatizado de projeto de execução, que reforça esse entendimento (MOTTA, 2005).

Para Salgado, Brasil e Lomardo (2013), o projeto básico tem papel fundamental no processo de projeto de edificações públicas, sendo documento fundamental para o ato licitatório. Falhas no projeto geram graves dificuldades no gerenciamento das obras sob os aspectos de prazo, custo e qualidade.

Por outro lado, Meireles (1991) afirma que a finalidade precípua da licitação será sempre a obtenção de seu objeto, o foco da lei está no processo de escolha de quem irá executar o contrato e não no que está sendo contratado. Desta forma, o projeto tende a perder seu caráter de solução técnica para o problema construtivo e a assumir um papel de instrução do processo licitatório.

A isso se soma a dificuldade de órgãos públicos realizarem um planejamento dos projetos que serão desenvolvidos em um determinado horizonte de tempo, integrando esse planejamento com os processos licitatórios, o que pode gerar, entre outros problemas, dificuldades de integração entre as etapas de projeto e obra, já dificultada pelos mecanismos legais vigentes (SANTOS et al., 2002).

Além das particularidades associadas aos mecanismos legais de contratação de projetos, indicadas acima, outros aspectos são específicos de instituições universitárias.

Nesse sentido, diversos trabalhos na literatura recente estudam o processo de projeto em instituições universitárias. Capello, Leite e Fabrício (2007) discutem os problemas e deficiências impostos por mecanismos legais e burocráticos, entre outros aspectos, em escritórios de projeto universitários.

Particularidades e deficiências nos projetos de universidades públicas são também relatadas por Coutinho e Lima (2009), que ressaltam a importância do desenvolvimento de mecanismos de coordenação de projetos nos escritórios de projeto.

Um dos estudos recentes mais abrangentes é o de Esteves (2012), citado anteriormente. A autora apresenta um estudo comparativo sobre o processo de projeto de três universidades públicas, descrevendo algumas particularidades do processo de projeto.

As demandas para edificações em *campi* universitários obedecem a uma variedade de propósitos, o que torna pouco repetitivo o processo de projeto e acentua a necessidade de desenvolver mecanismos eficientes para identificar os requisitos estratégicos, funcionais e de desempenho das edificações (programa do empreendimento).

Assim, aliado à variabilidade de demandas, nota-se o caráter dinâmico do *briefing*, necessário ao repasse das informações e condicionantes de projeto à equipe de projetistas. Em geral, o tempo decorrido entre a concepção do projeto e a execução da obra torna-se longo, podendo as necessidades definidas pelo cliente na fase de concepção sofrerem alterações ao longo do processo, gerando retrabalhos e atrasos no cronograma.

Nem sempre a retroalimentação dos processos acontece de forma sistematizada. São realizadas eventuais visitas às obras pelos projetistas que avaliam o atendimento às especificações de projeto e identificam detalhes a serem modificados. São repassados ainda, por meio da fiscalização, problemas verificados durante a execução e sugestões para melhoria de detalhamentos, porém tais informações não são amplamente divulgadas à equipe de projeto.

Ademais, de acordo com Amboni (2010), por se tratar de um universo diversificado, onde interagem muitas áreas do conhecimento, nas instituições de ensino superior, os planejamentos pedagógicos são discutidos

e aprovados em cada curso isoladamente, dificultando a unidade do interesse coletivo, o que se reflete na forma como são estabelecidas demandas e o *briefing* dos edifícios universitários que atendem aos propósitos didáticos.

Para McLaughlin e Faulkner (2012), tradicionalmente as universidades têm estado voltadas ao ensino, à pesquisa e à extensão, e a maneira com que a aprendizagem ocorre, os avanços na investigação colaborativa e oportunidades de ensino têm feito pressão sobre as instalações universitárias existentes. Edifícios e salas de aula construídos para um modelo único de ensino e aprendizagem não são mais capazes de se adaptar às demandas crescentes de tecnologia e aprendizado do aluno, por isso a variedade e complexidade de demandas.

No âmbito dos estudos sobre reforma das edificações, que é o objeto dos estudos de caso desse trabalho, segundo Claper e Salgado (2008), o processo de reabilitação de um edifício segue uma lógica de construção diferente daquela seguida por construções novas. Geralmente, são edifícios com materiais e procedimentos construtivos específicos e que já sofreram diversas intervenções e diferentes ocupações e usos. Um ambiente tão diverso de atuação, como o da reabilitação, requer um tratamento diferenciado por parte do arquiteto no estágio de projeto e de construção. Adaptações e ajustes precisam ser realizados no processo de construção.

Outra peculiaridade das reformas de edificações é que, na maioria das vezes, as obras são executadas com a edificação em funcionamento. No caso de universidades públicas, há um agravante que é a impossibilidade de se interromper pesquisas ou demais serviços essenciais ao desenvolvimento das atividades acadêmicas e administrativas para viabilização das intervenções.

A partir desse referencial teórico, desenvolveu-se a investigação sobre o processo de projeto em uma instituição universitária, como delineado na sequência.

METODOLOGIA

A pesquisa utilizou a estratégia de estudos de casos múltiplos, seguindo os procedimentos normais desse tipo de pesquisa (YIN, 2005).

As fontes de dados foram documentos de trabalho (como e-mails, propostas técnicas e comerciais, memorandos internos, especificações de materiais e serviços etc.), atas de reunião, projetos e memoriais descritivos. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os coordenadores dos projetos dos empreendimentos objetos do estudo de caso, bem como com outros profissionais, em particular os arquitetos envolvidos diretamente nos projetos.

Também foi realizada observação direta das rotinas de trabalho por um dos autores, que acompanhou e documentou a implementação dos projetos nas obras estudadas, por meio de registro documental e fotográfico, com acompanhamento sistemático das atividades nos canteiros de obras.

Detalhes do procedimento metodológico são omitidos por brevidade, sendo apresentados com detalhes em Martins (2014).

A pesquisa compreendeu as seguintes fases:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) planejamento dos estudos de caso, o que envolveu a pré-seleção dos casos e sua validação, o levantamento das fontes de evidências de cada caso, a identificação dos profissionais a serem entrevistados;
- c) seleção dos casos;
- d) caracterização dos empreendimentos estudados;
- e) pesquisa de campo com a coleta dos dados.

A partir da análise individual dos casos e triangulação das informações, foram levantadas singularidades, convergências e divergências entre os casos.

A escolha dos empreendimentos para os estudos de caso considerou os seguintes critérios: i) enfoque em projetos de reforma; ii) adoção de obras fiscalizadas ou executadas diretamente pela equipe da Divisão de Reformas, vinculada, à época, ao Departamento de Manutenção, para melhor entendimento da interface projeto-produção e dificuldades encontradas na execução dos serviços; iii) projetos elaborados internamente, possibilitando, assim, a análise da rotina de desenvolvimento dos trabalhos daquele setor.

A seleção dos casos foi feita em conjunto com a diretoria do Departamento de Projetos da Universidade, organismo distinto daquele responsável pelas reformas, de modo a serem selecionados empreendimentos dos quais as fontes de evidências abarcassem as fases de projeto e execução.

Assim, foram adotados para estudo os seguintes casos, todos na mesma Universidade:

- a) reforma do antigo galpão de Resíduos Sólidos, para abrigar as instalações do novo Departamento de Gestão Ambiental;
- b) revitalização do prédio da “Olaria”, uma antiga fábrica de tijolos cerâmicos que deveria ser requalificado, transformando-se em espaço cultural;
- c) reforma do Departamento de Recursos Humanos. As edificações encontram-se situadas no *campus* principal da universidade pesquisada.

Nesses casos, os projetos foram gerenciados por um Departamento, encarregado do desenvolvimento dos projetos. As obras foram gerenciadas por outro Departamento, responsabilizado pelas reformas das edificações dos campi, como indicado acima.

ESTUDOS DE CASO

Caracterização da Universidade e considerações sobre o processo de projeto

A universidade pública pesquisada possui atualmente cerca de 743.530 m² de área construída, espalhados entre os *campi* principal, saúde e unidades isoladas, os quais ocupam território de aproximadamente 8.770.000 m². O campus principal, objeto do nosso estudo, abrange cerca de 72% da área construída dos *campi*.

A estrutura administrativa que engloba as atividades de gestão das edificações da Universidade em questão passou recentemente por vários processos de reestruturação. O processo de desenvolvimento de projetos da instituição também tem sofrido modificações ao longo dos anos, por motivos diversos, destacando-se as alterações na legislação pertinente ocorridas recentemente.

A Lei nº 12.349/2010 (BRASIL, 2010) tornou-se um marco regulamentar na maneira de se projetar nos organismos que desenvolvem projetos na universidade.

A universidade, que por muitos anos realizou obras por administração direta, por meio de sua fundação de apoio, se deparou com a necessidade de aprimorar seus projetos elaborados com vistas à contratação dos serviços.

Dessa forma, o Departamento de Projetos passa por uma fase de adaptação e aprimoramento de suas atividades projetuais, em atendimento às exigências legais quanto à elaboração do projeto básico necessário à licitação dos serviços.

O fluxograma da Figura 1 ilustra, de maneira esquemática, o sequenciamento macro do processo de projeto na universidade e adotado nos estudos de caso apresentados:

Na maioria dos casos, a autoria do projeto de arquitetura é de um arquiteto da universidade, salvo os casos em que os projetos são adquiridos no mercado devido à complexidade ou indisponibilidade de equipe para desenvolvê-lo em tempo hábil.

Quanto às demais especialidades, podem ser necessárias contratações, com a supervisão e validação da solução por parte de técnico da própria instituição. Internamente, também são desenvolvidos pequenos projetos complementares relativos a instalações prediais.

Com frequência a coordenação entre projeto arquitetônico e projetos complementares é feita pelo próprio arquiteto autor do projeto. Nas entrevistas, foram identificados vários problemas na atividade de coordenação, em especial a dificuldade com o controle de prazos de entrega dos projetos das disciplinas contratadas externamente, bem como a compatibilização das soluções técnicas e gestão da interface entre os projetos.

A execução das obras ou o gerenciamento das mesmas fica a cargo de outros departamentos que não o responsável pelo desenvolvimento dos projetos.

Na sequência é descrito o processo de projeto em três empreendimentos que foram objeto do estudo de caso.

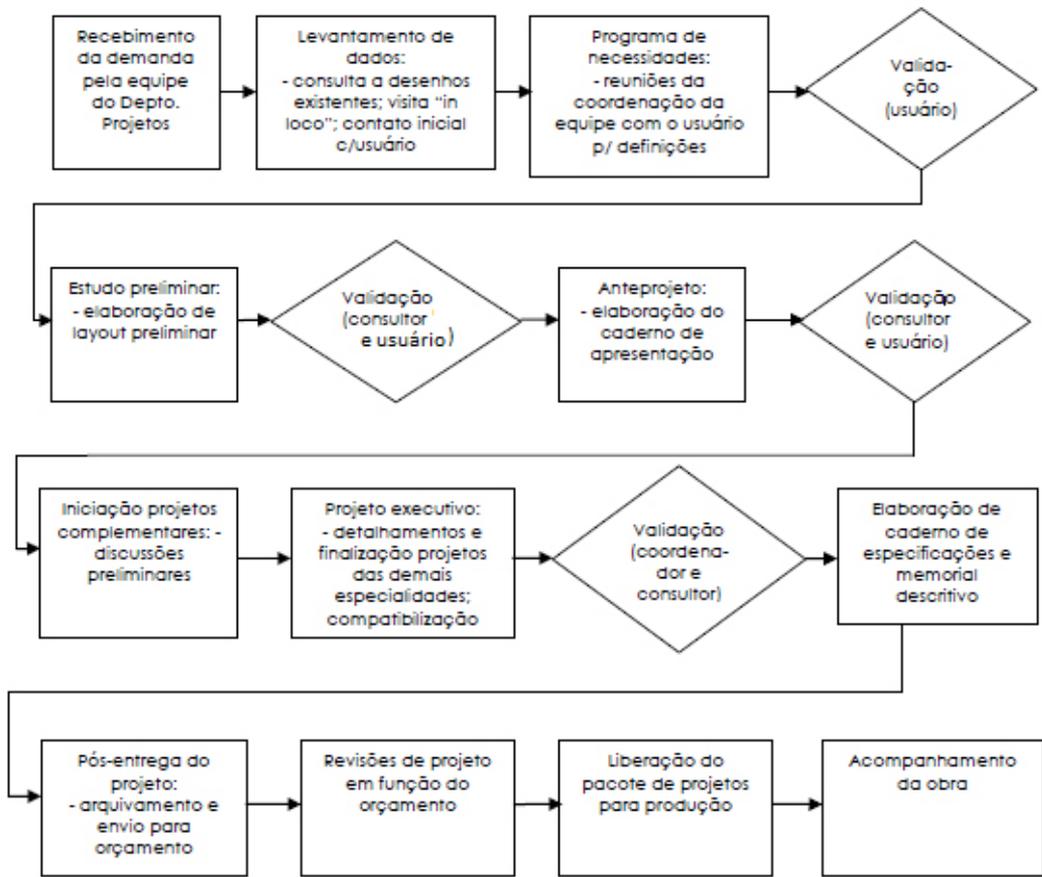


Figura 1. Fluxograma com sequenciamento macro do processo de projeto estudado.

CASO A

Caracterização do empreendimento

A demanda de reforma do Galpão de Resíduos Sólidos da universidade surgiu da necessidade de adaptação do espaço físico existente para abrigar as instalações do então recém-criado Departamento de Gestão Ambiental. O espaço previsto para intervenção era de aproximadamente 285 m².

O programa de necessidades foi desenvolvido separando as áreas de diretoria, apoio administrativo, chefia e equipe. Os demais ambientes são de apoio, como sala de reunião para 15 pessoas, copa, instalações sanitárias, depósito e arquivo. Dentro das atividades pretendidas pelo departamento estão as oficinas de reciclagem e, para tanto, foi reservado um pátio para que essas atividades pudessem ser desenvolvidas no próprio espaço do departamento.

Por questões relativas à disponibilidade de recursos, não foi possível a execução do escopo de projeto na íntegra, na primeira etapa licitada. Foram necessárias alterações de especificações para adequação financeira, ou seja, o programa inicial não levou em conta a disponibilidade efetiva de recursos.

Agentes intervenientes

No caso “A”, o projeto arquitetônico ficou a cargo de um arquiteto do Departamento de Projetos da instituição, que é diretamente dependente de uma das Pró-Reitorias. Esse profissional se responsabilizou pela coordenação dos projetos e contou com o apoio de um desenhista.

Os projetos complementares de instalações hidrossanitárias e elétricas foram desenvolvidos também por equipe interna, que atendia à época às demandas de pequenas reformas e serviços. Para tanto, foram disponibilizados dois técnicos, um de cada especialidade, além de um desenhista da equipe de instalação.

A assessoria de projetos e os técnicos de engenharia, vinculados à manutenção, participaram dos projetos, quando solicitados. Outros setores também foram envolvidos: licitações, contratos, documentação. O engenheiro fiscal da obra, vinculado à Divisão de Reformas/Manutenção, assumiu o processo quando do envio do conjunto de projetos para produção.

Fluxo de projetos

O fluxo de trabalho seguiu a sequência de atividades indicada na Figura 1 apresentada anteriormente.

A fase de **pré-projeção** foi iniciada a partir da demanda do cliente, mais precisamente do Diretor do Departamento de Gestão Ambiental, formalizada por meio de ofício enviado ao Pró-Reitor de Planejamento.

Uma vez definida a equipe de projetistas, sob a coordenação de um arquiteto da universidade, iniciaram-se as discussões preliminares, para posterior definição do programa de necessidades. Inicialmente, foram efetuadas, pelo desenhista, buscas nos arquivos de desenhos existentes a fim de subsidiar o estudo preliminar. Nessa fase, foi realizado um diagnóstico simplificado da edificação, mediante visitas ao local para averiguações, levantamentos e registro fotográfico.

O arquiteto, autor do projeto e coordenador do processo, promoveu reuniões com o usuário para delinear o *briefing* e repassar as informações e condicionantes de projeto aos demais projetistas para desenvolvimento do mesmo.

Uma vez definido o programa de necessidades, tendo o mesmo sido submetido à aprovação, por parte do solicitante, deu-se início ao estudo inicial. Um layout preliminar foi submetido à aprovação da Diretoria do Departamento de Projetos e, em seguida à direção do departamento solicitante.

Concomitantemente, o arquiteto coordenador, de posse do estudo preliminar aprovado, passou a desenvolver o anteprojeto e realizou contatos iniciais com profissionais das demais especialidades para discussões prévias.

Uma estimativa de custos preliminares foi solicitada ao setor de Orçamentos da Universidade, para assegurar a viabilidade econômica da proposta e, em seguida, passou-se às primeiras discussões acerca dos projetos complementares.

A análise técnica foi realizada sem nenhum tipo de sistematização pelo arquiteto coordenador, que promoveu a integração dos demais envolvidos no processo. A interação com a equipe de engenharia da instituição se deu somente na fase de execução da obra.

Após a aprovação do projeto básico por parte do usuário e estudo de viabilidade, iniciou-se a segunda fase de detalhamento dos projetos.

Assumiu-se um padrão para a apresentação de desenhos (layers, formatos, selos, codificação etc.), no que diz respeito a projetos de arquitetura, tendo sido utilizado também como referência para os projetos complementares.

Após as conferências definitivas, o projeto executivo foi concluído. Foram desenvolvidos, pelo arquiteto coordenador, o caderno de especificações e o memorial descritivo, os quais subsidiaram a licitação para contratação dos serviços.

Antes mesmo da entrega definitiva à produção, o pacote de projetos foi encaminhado ao Setor de Orçamentos, independente do Departamento de Projetos, para elaboração da planilha orçamentária. Nessa fase, foram

detectadas incongruências que foram repassadas ao Departamento de Projetos para revisão final, antes mesmo da licitação.

Ao receber o conjunto de projetos, bem como o orçamento da obra, o engenheiro fiscal da obra, vinculado à Divisão de Reformas, assumiu a coordenação do processo. Esse profissional elaborou o pedido de compra e o termo de referência para contratação dos serviços.

Problemas e causas identificados no processo de projeto

Do ponto de vista das soluções construtivas, a análise dos projetos arquitetônicos e complementares e a análise da documentação relativa ao desenvolvimento da obra indicaram diversos problemas associados ao processo de projeto.

A equipe responsável pela execução encontrou várias interferências e ausência de especificações nos projetos. A título de exemplo, foi constatada a ausência de viga de travamento em alvenarias, o que impossibilitaria a fixação de *brises* na fachada, conforme previsto inicialmente em projeto. Foi necessária a criação de vergas para instalação de janelas metálicas.

Em determinado local onde estava prevista a demolição de alvenaria, a estrutura de sustentação do telhado estava apoiada na mesma e, portanto, foi necessário o reforço da estrutura existente.

Esses “imprevistos” geraram retrabalhos e atrasos no cronograma, além de ter sido necessária a atuação de equipe própria da Divisão de Reformas para execução de tarefas não previstas na planilha de serviços licitada.

Constatou-se que esses problemas foram decorrentes da ausência de especificações na etapa de projeto, por um lado e, por outro lado, a interrupção da atividade de coordenação, o que implicou não se fazer uma compatibilização e análise crítica dos projetos, antes da licitação para contratação dos serviços.

A falta de conhecimento técnico de processo executivo, devido à falta de experiência sobre as tecnologias construtivas, levou a detalhamentos inconsistentes e falhas na interação projeto/obra. A ausência de cadastro de redes existentes, bem como atualização dos demais projetos pertinentes, implicou modificações que foram realizadas no canteiro de obras.

Tanto o diagnóstico inicial quanto a definição preliminar de requisitos, que pautou o programa de necessidades, foram elaborados apenas pela equipe de arquitetura, sendo que as demais especialidades foram envolvidas *a posteriori*, quando da elaboração dos projetos complementares. Tal procedimento evidencia o modelo sequencial tradicional, cujas etapas de projeto são segmentadas.

Por outro lado, a sobrecarga de projetos atribuída ao profissional, que assumiu serviços além de sua capacidade operacional, estando ao mesmo tempo em várias frentes de trabalho, também interferiu na qualidade do produto e na divulgação das informações entre os envolvidos no processo. Isso pôde ser verificado por meio das entrevistas, quando ficou claro que a alocação de tarefas aos profissionais implicou sobrecarga de trabalho e acúmulo de funções, com impacto no tempo de dedicação aos projetos e, conseqüentemente, com reflexos na qualidade dos mesmos.

CASO B

Caracterização do empreendimento

A edificação denominada “Olaria”, localizada na Estação Ecológica, em área de preservação ambiental, no campus principal da universidade em estudo, é formada por sistema estrutural em alvenaria de tijolos cerâmicos, constituída de laje abobadada também em tijolo cerâmico e aberturas em arco nas fachadas laterais. As paredes da edificação possuem espessura de

1,60 m. A área de projeção da estrutura existente é de aproximadamente 198,90 m², tendo sido a Olaria desativada na década de 1940.

O surgimento da demanda deveu-se à constatação da situação precária da estrutura da cobertura existente, à época, executada sem o devido planejamento e acompanhamento de técnicos de projeto, manutenção e/ou obras da universidade. A referida estrutura apresentava vícios construtivos que impediam o uso do espaço pela comunidade.

A proposta de intervenção foi desenvolvida com a finalidade de recuperar a leitura original da arquitetura do prédio da antiga Olaria, agregando segurança e funcionalidade. Foi proposta a substituição completa da estrutura de madeira da cobertura existente, condenada por técnicos do Departamento de Manutenção, por uma estrutura composta de pilares de tijolos cerâmicos maciços laminados aparentes, preenchidos com concreto, e telhado de madeira com telha cerâmica, resgatando a arquitetura original.

A proposta previu ainda a execução de uma laje de piso sobre o arco abobadado, tendo sido tomados os cuidados necessários para reduzir a tensão sobre os blocos existentes, com a previsão de folga mínima do fundo da laje até o ponto mais alto do arco, para evitar que a laje fosse apoiada diretamente na estrutura existente. Outras soluções projetuais são detalhadas em Martins (2014).

Agentes intervenientes

A equipe responsável pelo empreendimento contou com um projetista vinculado à equipe interna designada para desenvolvimento da solução. Esse arquiteto coordenou a equipe de projeto e desenvolveu o projeto arquitetônico. Também foram alocados à equipe dois estagiários da área de arquitetura. No entanto, o projetista foi substituído ao longo do processo, devido ao seu desligamento da instituição, logo após a validação do projeto básico. O arquiteto substituto, também vinculado à instituição, assumiu a coordenação e o desenvolvimento do projeto, não tendo contado com apoio de desenhista e/ou estagiários na segunda fase de desenvolvimento do projeto.

Os projetos complementares de instalações hidrossanitárias e elétricas foram desenvolvidos também por equipe interna. Para tanto foram disponibilizados dois técnicos, um para cada especialidade (hidrossanitária e elétrica), além de um desenhista da equipe de instalação. Outros setores também foram envolvidos: técnicos de engenharia da manutenção e de obras, técnico de impermeabilização, assessoria de estruturas, documentação, licitações e contratos.

Fluxo de projetos

A fase de **pré-projeção** foi iniciada a partir da demanda do cliente, representado pela Diretoria da Estação Ecológica, onde se situa a edificação.

Tal solicitação se deu pela necessidade de reconstrução da estrutura da cobertura de madeira, executada sobre o arco em alvenaria da edificação em questão, cujos serviços haviam sido anteriormente contratados diretamente pela Unidade solicitante, sem consultoria técnica prévia.

Pode-se dizer que a demanda se deu, principalmente, pela interface ocorrida entre o Departamento de Projetos e o Departamento de Manutenção, diante da necessidade de se preservar a integridade física dos usuários do espaço, possibilitando, assim, a retomada das atividades culturais desenvolvidas no local e, aproveitando a reforma, decidiu-se promover a revitalização completa da edificação.

Uma vez recebido o pedido e definida a equipe de projetistas que trabalharia no desenvolvimento do projeto, sob a coordenação de arquiteto da Universidade, iniciaram-se as discussões preliminares. Foi realizada a preparação para atendimento à demanda por meio da definição do escopo de serviços e levantamento da documentação pertinente.

Procurou-se apoio direto de engenheiros de manutenção, nessa fase, para melhor definição da solução projetual, minimizando assim os impactos da interface projeto-obra.

O diagnóstico simplificado da edificação foi realizado e validado pelo relatório de inspeção elaborado pela equipe de manutenção, além de visitas ao local por parte da equipe de projeto.

Na sequência, foi solicitado pelo Departamento de Projetos o relatório técnico de consultoria de estruturas, que foi referenciado na avaliação inicial, e informações dos técnicos dos Departamentos de Manutenção e Projetos, assim como análises *in loco*, para elaboração do diagnóstico preliminar. A proposta não contemplou, a princípio, nenhum reforço estrutural de fundação ou das paredes da antiga edificação.

O coordenador do projeto realizou reuniões com o diretor da Estação Ecológica, para definição do programa de necessidades. As informações e condicionantes de projeto foram repassadas à equipe para prosseguimento das etapas de desenvolvimento do projeto.

Após aprovação do programa de necessidades, o estudo preliminar foi iniciado. Um layout parcial foi submetido à aprovação da diretoria do Departamento de Projetos, bem como à direção do Departamento solicitante.

Concomitantemente, foi realizado contato preliminar com a Fundação Municipal de Cultura para providências quanto à autorização para realização das intervenções, tendo em vista que se tratava de edificação em fase de tombamento.

Após aprovação do layout preliminar, o anteprojeto foi desenvolvido. Iniciaram-se os contatos iniciais com projetistas das diversas disciplinas para discussões preliminares. Uma vez concluído o projeto básico, este foi submetido à aprovação do solicitante, mediante elaboração de caderno de apresentação.

O desenvolvimento dos projetos teve as seguintes etapas: (a) desenvolvimento do projeto executivo de arquitetura, pela equipe interna; (b) em paralelo, desenvolvimento, também pela equipe interna, dos projetos de instalações elétricas e hidráulicas; (c) compatibilização preliminar de projetos; (d) elaboração do projeto estrutural com base em relatório técnico de diagnóstico estrutural, previamente desenvolvido; (e) revisão do projeto arquitetônico em função das soluções adotadas no projeto estrutural; (f) compatibilização final de projetos; (g) elaboração da planilha de orientação para execução dos serviços, a cargo do Departamento de Orçamentos.

Uma vez iniciado o orçamento, foram verificadas algumas incongruências de projeto que culminaram na necessidade de mais uma revisão, antes da licitação. Nesse sentido, foi finalizada a terceira revisão de projeto para inclusão de detalhamentos pertinentes à impermeabilização da laje e compatibilização final mediante novas definições do projeto estrutural.

Um engenheiro de Departamento de Obras da universidade assumiu a coordenação do processo, devendo elaborar o termo de referência para contratação da obra e posterior fiscalização dos serviços.

Problemas e causas identificadas no processo de projeto

A exemplo do caso anterior, os projetos foram desenvolvidos de maneira sequencial, sem uma consultoria preliminar das especialidades quando da definição do programa ou anteprojeto arquitetônico.

Do ponto de controle de prazos de projeto, uma mudança significativa no escopo dos projetos, em função de mudanças no programa de necessidades, implicou atrasos. A isso se somou a intervenção direta da Administração Universitária, que definiu outras prioridades, dificultando a dedicação dos profissionais e esse empreendimento específico.

No decorrer do desenvolvimento do projeto executivo, várias alterações foram necessárias, havendo três revisões de projeto, causadas por insuficiência de informações para melhor delineamento do *briefing*,

interrupção das atividades de projeto em decorrência de alterações nas prioridades da Administração Central, e a substituição de projetistas envolvidos no processo.

A descontinuidade dos trabalhos parece ter se somado à ausência de procedimentos de gestão e registro do processo de coordenação, gerando atrasos e descontinuidades na definição das soluções de projeto.

A falta de conhecimento técnico de processo executivo levou a detalhamentos inconsistentes, gerando problemas de construtibilidade.

Uma estimativa de custos preliminar para garantir a viabilidade econômica da proposta não foi realizada, retardando, assim, a decisão de construir por parte da Administração Central.

A compatibilização de projetos, realizada somente na fase de projeto executivo, traduziu-se em retrabalhos e custos adicionais. A decisão de elaboração do projeto estrutural foi tardia, implicando novas revisões do projeto.

A arquiteta responsável pela finalização dos projetos executivos encontrava-se com sobrecarga de projetos além de sua capacidade operacional, estando em várias frentes de trabalho ao mesmo tempo. Tal fato, segundo os agentes entrevistados, parece ter repercutido na qualidade da solução projetual preliminar e na interface com a obra.

CASO C

Caracterização do empreendimento

O terceiro caso foi o da readequação de espaço ocupado pelo Departamento de Recursos Humanos, no qual foram planejadas três etapas de intervenção, de modo a dar continuidade ao funcionamento das instalações durante o período de reformas.

Na primeira etapa da intervenção foi prevista a requalificação de uma área de 135 m², contemplando a criação de sala segura, três novas salas para entrevistas, além da reformulação geral do layout do espaço destinado à coordenação e à equipe da Coordenadoria de Gestão de Pessoas.

A segunda etapa prevista refere-se à reformulação de layout físico da diretoria-geral e vice-diretoria do mesmo Departamento, bem como recepção e arquivo. Foram propostas também intervenções na cozinha e refeitório dos servidores, com a criação de depósito para armazenamento de materiais.

A terceira e última etapa contemplou a alteração de layout de setores administrativos, tais como de concurso e admissão e da secretaria-geral, além da adequação de duas salas de aula e da coordenadoria de educação e desenvolvimento, em um total de 300 m².

As duas primeiras etapas foram executadas diretamente pela equipe da Divisão de Reformas, que, como mencionado, é independente do Departamento de Projetos.

Agentes intervenientes

Além da intervenção dos órgãos administrativos, a equipe contou com um projetista, vinculado à equipe interna, que atuou como autor do projeto arquitetônico e coordenador de projetos, além de dois estagiários de arquitetura. O arquiteto foi substituído ao longo do processo, devido ao seu desligamento da instituição logo após a validação do projeto básico. O arquiteto substituto, também vinculado à instituição, assumiu a coordenação e o desenvolvimento do projeto e contou com apoio de um desenhista. Os projetos complementares de instalações hidrossanitárias e elétricas foram desenvolvidos também internamente. Para tanto, foram disponibilizados dois técnicos, um de cada especialidade, além de um desenhista da equipe

de instalação. Outros setores também foram envolvidos: documentação e técnicos de engenharia da manutenção, quando da execução dos serviços pertinentes à primeira etapa de reforma.

Fluxo de projetos

A fase de pré-projeção foi iniciada a partir da solicitação do Pró-Reitor de Recursos Humanos, uma vez que o Departamento de Recursos Humanos encontra-se vinculado àquela Pró-Reitoria.

Uma vez definida a equipe de projetistas, realizaram-se os levantamentos preliminares para posterior definição do programa de necessidades. Nessa fase, foi realizado um diagnóstico simplificado da edificação, mediante visitas ao local para averiguações, levantamentos e registro fotográfico.

O arquiteto coordenador do projeto promoveu reuniões com os usuários para definição do *briefing* e repasse das informações e condicionantes de projeto à equipe de projetistas. Uma vez definido o programa de necessidades, ele foi aprovado, e deu-se início ao desenvolvimento do estudo preliminar.

Quando necessário, foram realizadas visitas técnicas *in loco* para levantamentos e averiguações complementares. Um layout parcial foi submetido à aprovação da coordenação-geral do Departamento de Projetos e, em seguida, à direção do Departamento solicitante. Concomitantemente, o arquiteto coordenador, de posse do estudo preliminar aprovado, passou a desenvolver o anteprojeto e contatos iniciais com profissionais das demais especialidades para estabelecimento dos critérios preliminares de projeto.

Não foi realizada estimativa de custos preliminares para assegurar a viabilidade econômica da proposta, nem foi feita uma análise crítica das interfaces entre projetos e questões multidisciplinares a serem tratadas. A análise técnica foi realizada pelo arquiteto coordenador, de maneira empírica.

Uma vez aprovado o projeto básico, iniciaram-se os projetos complementares e desenvolvimento do projeto executivo. Porém, antes da finalização, a compatibilização dos projetos das diversas disciplinas foi realizada pelo arquiteto coordenador e autor do projeto. Outras atividades também foram realizadas pela coordenação, tais como controle de cronogramas de execução, encaminhamento de documentos e validação dos produtos das etapas de projeto.

A substituição do arquiteto e coordenador, entre as etapas previstas da reforma, acarretou em atrasos no cronograma e perda de informações ao longo do processo de projeto. Houve dificuldades de interpretação do programa de necessidades inicialmente desenvolvido pelo primeiro arquiteto.

O tempo decorrido entre a concepção do projeto e a execução dos serviços por etapas tornou-se longo, gerando novas demandas não previstas inicialmente, levando a retrabalhos e atrasos no cronograma. Ao longo do processo de desenvolvimento da segunda e terceiras etapas, a quantidade de pessoas previstas no layout preliminar sofreu acréscimo de 50%, sendo necessária nova readequação do projeto.

O projeto executivo foi realizado pela equipe interna, bem como os projetos complementares de instalações prediais.

Em função da inexistência de um padrão de especificações para materiais e sistemas construtivos, os mesmos foram definidos *ad hoc* pela equipe de projeto.

O termo de referência para a contratação de serviços e produtos, na fase de execução, não contou com a participação da equipe de projeto.

Problemas e causas identificadas no processo de projeto

Durante a execução dos serviços da primeira etapa, a Divisão de Reformas se deparou com algumas incompatibilidades de projeto.

Verificou-se ainda ausência de projeto voltado à produção, bem como a ausência de adequações no projeto de prevenção e combate a incêndio.

O forro de gesso monolítico especificado em projeto foi substituído durante a execução por forro de gesso removível, para que no futuro fosse facilitada a manutenção das instalações aparentes existentes sob o mesmo. O painel de madeira previsto na parede de uma das salas de entrevistas não possuía detalhamento executivo. Não foram contemplados detalhes de fixação, montagem e emendas dos painéis, o que levou à definição das soluções quando da especificação para a compra dos serviços. A moldura de granito para acabamento dos visores de atendimento externo foi especificada com largura incompatível com a espessura da parede existente. Tal fato atrasou o cronograma de execução da reforma, uma vez que foi necessária aquisição de nova moldura no mercado, inviabilizando assim o prosseguimento das etapas subsequentes, como fechamento em vidro temperado e pintura das alvenarias.

O fato da estrutura da edificação ser pré-moldada demandou também solução no canteiro para viabilizar a instalação de vidro temperado para fechamento de vão de esquadria, bem como a adaptação de molduras em granito, tendo em vista a deformação inerente à tipologia da estrutura e a falta de detalhamento para fixação dos elementos.

A falta de integração entre a equipe responsável pelo projeto e a responsável pela execução levou à tomada de decisões projetuais por parte da equipe de obra, nem sempre da maneira mais acertada.

Além disso, o uso das instalações tem sido, para alguns ambientes, distinto do inicialmente previsto, evidenciando uma incompatibilidade entre a solução de projeto e a necessidade dos usuários.

Considerações sobre os casos

Como relatado, nos três casos estudados os projetos foram desenvolvidos dentro de uma estrutura organizacional em constante mudança. Isso implicou em mudanças na atribuição de responsabilidades dentro da equipe de projeto, problemas de autoridade na tomada de decisões e alterações nos agentes responsáveis pela condução do processo de projeto, levando a perdas de informação e perda de qualidade das soluções projetuais.

O desmembramento de departamentos voltados ao planejamento físico da instituição (equipes de projeto, orçamentação, gestão de reformas) se traduziu em deficiências na integração projeto-obra-manutenção, levando a soluções individualizadas, sem a consideração da multidisciplinaridade que o processo requer.

A isso se soma o fato de não haver processos estruturados de gestão da informação, de forma que mudanças na equipe responsável pelo empreendimento implicassem um menor impacto na qualidade das soluções projetuais, gerando menores descontinuidades no processo de projeto e uma melhor integração deste com a etapa de obra.

Nos três casos, os arquitetos acumulam a função de coordenadores de projeto, uma forma de trabalho relativamente comum em empreendimentos públicos.

Também nos três casos estudados observou-se uma ingerência de agentes/ dirigentes administrativos no trabalho dos arquitetos coordenadores de projeto, quer seja na definição e mudança de responsabilidades ao longo do processo de projeto, quer seja ordenando e alocando responsabilidades relativas a outros projetos aos arquitetos coordenadores. Ou seja, por ordenação dos superiores, os arquitetos coordenadores tinham de variar ou mesmo interromper sua dedicação aos projetos.

Essa característica, a interrupção do processo de projeto em função da necessidade de deslocar os profissionais para atenderem a outras demandas demonstra, em última análise, uma dificuldade no planejamento e gestão do

portfólio de projetos dos escritórios e projeto universitários. Nesse sentido, a literatura recente aponta para o fato de que isso não é uma exclusividade da universidade estudada, mas configura-se como aspecto comum a outras instituições. A isso se soma o fato, já comentado, da sobrecarga de trabalho dos arquitetos, que acabam dedicando pouco tempo ao amadurecimento das soluções projetuais.

Caberia levantar a hipótese de que a dificuldade de gestão do portfólio de projetos é uma característica de instituições universitárias, em parte como fruto da dificuldade de previsão de demandas, como comentam trabalhos recentes (ESTEVES, 2012).

Contribui com essa dificuldade o fato de que, assim como nos casos aqui apresentados, a decisão de desenvolver novos empreendimentos, incluindo, aqui, reformas e requalificações, está condicionada à dinâmica de obtenção de verbas, oriundas das administrações centrais das Universidades e de organismos de fomento, dinâmica essa nem sempre previsível. Esse tipo de problema é um desafio encontrado em maior ou menor escala por equipes de projeto e coordenação. Nesse sentido, Emmitt (2010) aponta para o fato de que justamente um dos objetivos primordiais do *design management* enquanto disciplina reside na harmonização de recursos e atividades entre cada projeto específico (ou seja, foco no empreendimento) e o conjunto de projetos que compõem o portfólio da instituição (foco na gestão do portfólio).

Nos três casos, a retroalimentação de dados não aconteceu de forma sistematizada. Foram realizadas visitas eventuais às obras onde foram verificadas se especificações e detalhamentos de projetos foram executados. Os fiscais repassaram incongruências verificadas, porém nem sempre as informações são disseminadas na equipe a fim de se reduzir a propagação de erros em projetos subsequentes.

A falta de integração entre projeto e execução parece ser aspecto comum aos três empreendimentos, e é consequência de dois fatores que se somam: por um lado, uma estrutura de trabalho que separa funcional e administrativamente as etapas de projeto e execução e fiscalização de obras; por outro lado, as restrições impostas pelos mecanismos legais de contratação implicam na obrigatória separação entre as fases de projeto e execução, como comentado.

No entanto, parte dessas deficiências poderia ser equacionada se houvesse uma mudança de visão interna, no sentido de priorizar os conceitos de projeto simultâneo e colaboração. Ainda que haja uma separação departamental de atividades, poderia haver uma integração funcional, como é o caso de empreendimentos na iniciativa privada nos quais as etapas de projeto e execução estão a cargo de departamentos e agentes distintos, porém nota-se, entre as melhores práticas gerenciais, uma tendência de integração entre as funções de concepção e produção dos empreendimentos.

Nesse sentido, como já comentado, estruturas funcionais rígidas e sujeitas à burocracia dificultam a eficiência do fluxo de informações entre os projetistas e entre projeto e obra, impedindo a implementação de mecanismos de colaboração eficientes, como apontado na literatura recente (SHELBOURN et al., 2012).

Nos três empreendimentos foram observadas deficiências na especificação de materiais coerentes com os sistemas construtivos a serem empregados ou com as condições de requalificação dos ambientes. A isso se somaram deficiências de construtibilidade, em função de dois vetores complementares: a falta de conhecimento das técnicas construtivas, por parte das equipes de projeto, associada à dificuldade de assistência dos projetistas durante a execução dos empreendimentos, quando decisões de projeto foram tomadas pelas equipes de obra.

Contribui para isso o fato de não haver uma adequada gestão do conhecimento no escritório de projetos, representada pelo desenvolvimento progressivo de especificações técnicas, cadernos de encargos ou guias de

boas práticas, padronizando ou pelo menos construindo referências que norteiem o processo de projeto, como vem sendo feito em empreendimentos privados.

Nos três casos, observaram-se também falhas na definição dos programas de necessidades. Ainda que o processo de projeto tenha previsto a validação desses programas, o reduzido prazo para a execução dos projetos e a falta de interação com os “clientes” implicou falhas na programação. Esse aspecto também foi reportado em outras instituições universitárias.

Como mencionado, quando esses aspectos são confrontados com outros trabalhos com objeto de pesquisa similar, são observadas não poucas similaridades.

A título de síntese, alguns desses aspectos são elencados abaixo. Levanta-se a hipótese, que para ser comprovada necessita de ulteriores estudos, com um maior nível de abrangência de instituições, de que algumas deficiências transcendem os estudos de caso apresentados, configurando-se como características comuns do setor de projetos em universidades públicas, que têm estruturas funcionais parecidas entre si.

Apresentados de maneira esquemática, esses aspectos são:

- a) as estruturas administrativas e funcionais dificultam a integração entre as disciplinas de projeto, por um lado, e entre as etapas de projeto e execução;
- b) As constantes mudanças nos organogramas associados às funções de projeto, que geram descontinuidades nas formas de trabalho, de per si já pouco formalizadas ou padronizadas;
- c) Observa-se a ausência de padrões gerenciais ou modelos de referência para o processo de projeto, de forma que, dentro de uma sequência de etapas *tacitamente* respeitada, não há o estabelecimento de melhores práticas para a gestão do processo de projeto. Da mesma forma, as especificações técnicas de projeto ficam dependentes da especialização e experiência dos profissionais envolvidos;
- d) A gestão do processo de projeto fica condicionada por mudanças na alocação dos profissionais aos empreendimentos, ou seja, cada projeto específico sobre o impacto da falta de previsão e planejamento na gestão do portfólio de projetos. Estudos de caso em várias universidades apontam para o fato de que esse aspecto está associado à dinâmica de obtenção de verbas nas Universidades, que é peculiar em relação a outras instituições públicas.

Em função desses aspectos, algumas diretrizes para melhoria do processo de projeto poderiam ser mencionadas, como uma reflexão feita a partir dos casos estudados.

Quanto ao desenvolvimento do projeto em si, em primeiro lugar, propõe-se a definição das macrofases do processo de projeto e as principais atividades em cada etapa. Os principais responsáveis devem ser definidos, incluindo os elementos de controle e os pré-requisitos aplicáveis. As macrofases necessitam ser bem delimitadas devido às validações e investimentos necessários, bem como em função do processo licitatório.

O diagnóstico inicial, essencial nos casos de reforma, deverá ser documentado e apresentar os principais aspectos a serem contemplados, tais como legislação e normas técnicas, questões de sustentabilidade e acessibilidade, conforto térmico e acústico, orientação da edificação, exigências funcionais etc. O levantamento fotográfico deverá fazer parte do mesmo, bem como os demais documentos e anotações julgadas pertinentes. O diagnóstico fornecerá parâmetros para elaboração do programa de necessidades e dos estudos preliminares.

Em seguida, estudos preliminares deverão ser realizados com consultoria das demais especialidades, para que a proposta técnica seja posteriormente submetida à aprovação do usuário. Uma vez aprovada a melhor solução pelo usuário, deve-se elaborar uma estimativa de custos que possibilite

a avaliação do investimento, no intuito de se minimizar retrabalhos para adequação da proposta aos recursos financeiros disponíveis.

Na macrofase de **projetação**, torna-se necessária a criação de um fluxo de atividades que priorize os conceitos de projeto simultâneo. Nesse sentido, o fato de que os projetos, com frequência, são realizados por profissionais internos à instituição pode ser um fator positivo, facilitando a implementação de rotinas e práticas de trabalho que podem ser mais difíceis de serem implementadas em equipes temporárias de projeto.

A isso se soma uma melhor definição dos escopos das disciplinas de projeto, associada à criação, de maneira gradativa, de guias de especificações e melhores práticas de projeto, como já mencionado.

Na macrofase de **pós-projeção**, para uma melhor integração projeto/obra sugere-se que haja, antes mesmo do início da implantação da obra, uma apresentação geral do projeto à equipe de execução. Muitas vezes, o executor não participou da elaboração do projeto, tendo-se baseado apenas no orçamento da Instituição e documentos de licitação disponibilizados.

Por fim, outro procedimento a ser implantado é a avaliação pós-ocupação (APO). A análise da qualidade do desempenho do ambiente construído é conduzida pela APO e os seus resultados constituem a base para organizar as informações disponíveis para o planejamento das alterações necessárias à adequação do espaço, segundo as funções requeridas pelo usuário.

considerações finais

No intuito de se aperfeiçoar o processo de projeto em universidade pública, é indispensável a implementação de ferramentas gerenciais de coordenação de projeto, objetivando-se produzir projetos de qualidade que atendam à expectativa dos usuários.

Ficou evidenciada a importância do levantamento de dados, diagnóstico e diretrizes técnicas, considerados como “programa de necessidades”, para evitar incompatibilidades com os requisitos do cliente e problemas na interface projeto/obra. A participação do cliente também é importante, principalmente quando se trata de readaptações de prédios públicos ocupados, nos quais o funcionamento deve ser mantido durante o tempo de execução da obra. Foram identificadas deficiências quanto à elaboração de projetos voltados à produção e ausência de avaliação pós-ocupação.

Modelos e diretrizes voltados à coordenação e organização das atividades de projeto devem ser adotados de forma simplificada e flexível, no intuito de se adaptarem às especificidades da instituição universitária pública, quer sejam em relação às burocracias internas, quanto à disponibilidade de recursos, escopos e prazos contratuais.

Deve-se destacar ainda a necessidade de aprimoramento contínuo e apropriação de novas tecnologias de informática e telecomunicações que permitam o ambiente cognitivo e tecnológico para o processo de projeto, objetivando a melhoria do fluxo de informação.

REFERÊNCIAS

- AMBONI, J. D. **A Interferência da Administração Universitária em Projetos de Empreendimentos Universitários**. 2010. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- BRETAS, E. **O processo de projetos de edificações em instituições públicas: proposta de um modelo simplificado de coordenação**. 2010. Dissertação. (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- CAMPOS, C. **O Termo de Referência para o Gerenciamento de Projetos Integrados em uma Instituição Pública**. 2010. Dissertação. (Mestrado em Construção Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- BRASIL. **Lei nº 12.349, de 15 de Dezembro de 2010**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2010.

- CAPELLO, N.; LEITE, T. M.; FABRICIO, M. M. Escritórios internos de projetos em órgãos públicos. Caso: EDF (UFSCar, São Carlos/SP). In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 7, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. CLAPER, J. R.; SALGADO, M. S. Gestão do Conhecimento nas Instituições Públicas: uma Abordagem no Projeto de Reabilitação de Edifícios. In: VII WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, São Paulo, 2008. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.
- COUTINHO, L.; LIMA, A. C. Gestão de Projeto em Instituição Federal de Ensino Superior: estudo de caso na Universidade Federal do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1, São Carlos, 2009. **Anais** São Carlos: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2009.
- EMMIT, S. Design management in architecture, engineering and construction: origin and trends. **Revista Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 5, n. 3, 2010.
- ESTEVES, J. C. **Planejamento e Gestão do Ambiente Construído em Universidades Públicas**. Dissertação. (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, 2012.
- MARTINS, R. **Análise do Processo de Projeto de Reformas de Edificações em Universidade Pública**. Dissertação. (Mestrado em Construção Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- McLAUGHLIN, P.; FAULKNER J. Flexible Spaces: what Students Expect from University Facilities. **Journal of Facilities Management**, v. 10, n. 2, 2012.
- MEIRELLES, H. L. **Licitação e Contrato Administrativo**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1991.
- MOTA, V. SALGADO, M. S. Gestão de projeto em instituição pública: estudo de caso na Universidade Federal Fluminense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003.
- MOTTA, C. A. P. Qualidade das obras públicas em função da interpretação e prática dos fundamentos da Lei nº 8.666/93 e da legislação correlata. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 10, 2005, Recife. **Anais...** Recife, 2005.
- SALGADO, M. S.; BRASIL, P. C.; LOMARDO, L. L. B. Entraves na gestão do processo de projeto de edificações públicas: uma análise da Lei nº 8.666/93. **Anais...** Campinas: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2013.
- SANTOS, A. et al. Crítica ao processo de contratação de obras públicas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002.
- SHELBOURN, M. et al. Collaboration: key concepts. In: BOUCLAGHEM, D. (Ed.): **Collaborative Work in Construction**. Londres: Spoon Press, 2012.
- YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e Método**. 3. ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

Paulo Roberto Andery
pauloandery@gmail.com

Cícero Starling
cicerostarling@ufmg.br

Rute Martins
rute@dpfo.ufmg.br

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO: PRÉ-TESTE DE INSTRUMENTOS PARA VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES

Post-occupancy evaluation: pre-test of tools for performance check of housing developments in innovative building systems

Rosaria Ono¹, Sheila Walbe Ornstein¹, Fabiana Lopes de Oliveira¹, Walter José Ferreira Galvão²

RESUMO Este artigo discute a importância do pré-teste e os resultados de sua aplicação em um procedimento para avaliação de desempenho de empreendimentos habitacionais em uso, visando a contribuir para o conhecimento sobre a qualidade do ambiente construído e dos sistemas construtivos inovadores especificados dentro de uma visão sistêmica do ciclo de vida útil das edificações. O procedimento padronizado proposto, englobando um conjunto de instrumentos otimizados para avaliação de desempenho, teve como base a metodologia da Avaliação Pós-Ocupação (APO) e os requisitos e critérios da norma brasileira ABNT/NBR 15575:2013. Ressalta-se que esse conjunto de instrumentos foi concebido para permitir uma avaliação preliminar do atendimento do sistema construtivo inovador de empreendimentos habitacionais aos requisitos de desempenho definidos em normas brasileiras, considerando suas principais características. Os instrumentos propostos e pré-testados indicam ser fundamental a participação dos usuários (moradores) na avaliação das habitações em fase de uso, combinada com a aplicação de instrumentos para a avaliação técnica de desempenho realizada por especialistas, como forma de obtenção de insumos essenciais para aprimorar o processo e a gestão visando à garantia da qualidade arquitetônica e construtiva.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação Pós-Ocupação, Avaliação de desempenho, Pré-teste, Edifícios habitacionais; Sistemas construtivos inovadores, Instrumentos de avaliação.

ABSTRACT This article discusses the importance of pre-testing and the results of its application in a procedure for performance evaluation of occupied residential buildings to contribute for improving the knowledge about the quality of both the built environment and the innovative building systems specified within a systemic view of the life cycle of buildings. The proposed standardized procedure, involving a set of tools optimized for performance evaluation, was based on the methodology of the Post-Occupancy Evaluation and also on requirements and criteria established by the Brazilian Standard ABNT/NBR 15575:2013. It is emphasized that this set of tools was designed to allow a preliminary assessment of the service provided by the innovative building system for housing developments to performance requirements for Brazilian standards, considering its main features. The proposed and pre-tested instruments pointed out that the participation of users (residents) is essential for the performance evaluation of residential buildings in use, combined with the application of instruments for the technical evaluation of the performance by experts as a way to obtain essential inputs to improve the process and management aiming at ensuring architectural and constructive quality.

KEYWORDS: Post-Occupancy Evaluation, Performance evaluation, Pre-testing, Residential buildings, Innovative building systems, Assessment tools.

¹Universidade de São Paulo
²Universidade Nove de Julho

How to cite this article:

ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; OLIVEIRA, F. L.; GALVÃO, W. J. F. Avaliação Pós-Ocupação: Pré-Teste de Instrumentos para Verificação do Desempenho de Empreendimentos Habitacionais em Sistemas Construtivos Inovadores. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 67-81, jan./jun. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.88979>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 05 mar. 2015

Aceito em: 06 maio 2015



INTRODUÇÃO

Vários autores, no exterior (LAWSON, 2011; ZEISEL, 2006; GROAT, WANG, 2002; HERSHBERGER, 1999; ROWE, 1992) e no país (KOWALTOWSKI et al., 2013; VILLA, ORNSTEIN, 2013), têm demonstrado que o processo de produção do ambiente construído, sobretudo no que diz respeito à arquitetura, necessita de conhecimento pleno de todas as suas etapas, desde as atividades pré-projeto, projeto, construção, uso e ocupação, até o final da vida útil do edifício. É possível formar-se, assim, um ciclo realimentador que tem como finalidade a busca pela melhoria da qualidade em cada etapa, sempre vinculada à redução de erros e associada a custos menores, do projeto ao uso e à manutenção, até o adequado descarte ou reuso dos resíduos da demolição.

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) tem contribuído com o conhecimento mais aprofundado de várias etapas desse processo. Aplicada no decorrer do uso da edificação, seus diagnósticos e recomendações podem contribuir para a formulação de intervenções com vistas à manutenção e operação dos próprios estudos de caso e, se em edificações semelhantes e de modo sistêmico, os dados da APO podem, a médio e longo prazo, compor bancos de dados que abriguem principalmente os aspectos positivos e negativos, assim como as soluções mais adequadas para aquele tipo de edificação ou uso. Identificados, os aspectos positivos podem ser reproduzidos e os aspectos negativos, evitados em futuros projetos de edificações. Os resultados das APO podem ainda contribuir para o aperfeiçoamento de normas de desempenho na avaliação de sistemas construtivos ao longo das etapas de projeto, construção, uso, operação e manutenção de edificações (VILLA, ORNSTEIN, 2013; FINCH, 2012; RHEINGANTZ et al., 2009; VOORDT, WEGEN, 2005; PREISER, VISCHER, 2005; ROMÉRO, ORNSTEIN, 2003; THOMSEN, 2002).

No Brasil, é considerado inovador o “sistema ou subsistema construtivo que não seja objeto de norma brasileira prescritiva e não tenha tradição de uso no território nacional” (BRASIL, 2007, p. 2 do Anexo) e, por consequência, que não apresente critérios preestabelecidos para a avaliação de sua conformidade. Além disso, deve-se considerar também a falta de experiência dos gestores em relação às dificuldades de manutenção e eventuais limitações ao uso que o sistema construtivo pode impor nas diferentes regiões do país.

Nesse contexto é muito importante o desenvolvimento de métodos para avaliação em uso de edifícios habitacionais com sistemas construtivos inovadores para a realidade brasileira, visando à identificação de fatores que podem ser aprimorados no próprio sistema ou nos procedimentos específicos de manutenção durante o uso (VOORDT; WEGEN, 2005).

Por outro lado, para qualquer tipo de edificação habitacional (em sistema construtivo inovador ou convencional), a avaliação do processo de produção, uso, operação e manutenção de edifícios com vistas à minimização de erros e também à consolidação das boas práticas – à luz dos critérios de desempenho determinados pela NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) – é igualmente importante. Somente a avaliação sistêmica pode garantir a manutenção dos patamares desejados de qualidade ao longo do uso (VILLA; ORNSTEIN, 2013).

Hoje, os esforços para reduzir o déficit habitacional passam pela adoção de sistemas construtivos inovadores. Contudo, é necessário que seu desempenho seja previamente avaliado conforme os procedimentos definidos pelo Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) do Ministério das Cidades, o

Sistema Nacional de Avaliação Técnica é uma iniciativa de mobilização da comunidade técnica nacional para dar suporte à operacionalização de um conjunto de procedimentos reconhecido por toda a cadeia produtiva da construção civil, com o objetivo de

avaliar novos produtos utilizados nos processos de construção (BRASIL, 2014).

Mais especificamente, dentro do SINAT, os sistemas construtivos inovadores são avaliados com base em Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos e, quando aprovados, após atender a uma série de avaliações conduzidas por uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA), é emitido um Documento Técnico de Avaliação (DATEc). O DATEc permite que o sistema construtivo inovador seja reconhecido por agentes financiadores de empreendimentos habitacionais (AMANCIO; FABRICIO; MITIDIERI FILHO, 2012).

O DATEc tem validade de 2 anos, período durante o qual a ITA responsável pela avaliação do sistema construtivo aprovado deve realizar auditorias no sistema construtivo, que deve incluir avaliações no processo de produção e na obra concluída. Se, ao longo desse período, forem detectadas não conformidades ou surgirem questões que exijam o aperfeiçoamento do sistema, a manutenção ou renovação do DATEc fica condicionada ao atendimento das ações corretivas apresentadas pelo SINAT.

Porém, esse processo se restringe à avaliação de desempenho do sistema construtivo inovador pelo período de validade do DATEc, sem que exista um processo de *follow-up* do desempenho de empreendimentos habitacionais “inovadores” a médio ou longo prazo, considerando os prazos previstos de vida útil dos componentes e sistemas construtivos, segundo a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Considerando, inclusive, que no atual estágio de utilização de sistemas inovadores pela construção civil do país estes poderão apresentar não conformidades ao longo de sua vida útil, é essencial haver um acompanhamento do seu desempenho em uso. Nesse sentido, as avaliações realizadas nas edificações em uso poderiam auxiliar na estruturação de um sistema de apoio, inclusive financeiro, às manutenções preventivas e corretivas de sistemas construtivos inovadores, além de permitir a retroalimentação para o aprimoramento de novos projetos utilizando o mesmo sistema.

Os instrumentos de APO utilizados até agora têm sido desenvolvidos enfocando o grau de satisfação dos usuários com aspectos sensoriais e funcionais sem, entretanto, focar mais fortemente os aspectos inerentes aos sistemas construtivos, principalmente, aqueles relativos aos aspectos de durabilidade e manutenibilidade.

Este trabalho enfoca alguns dos aspectos abordados em uma pesquisa que se insere nesse contexto e foi desenvolvida no âmbito do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-Habitat) do Ministério das Cidades do governo federal brasileiro, por meio do Projeto FINEP intitulado “Desenvolvimento de métodos e metodologias para avaliação de desempenho de tecnologias inovadoras no âmbito do Sistema Nacional de Avaliação Técnica – INOVATEC”, no período 2011-2013.

OBJETIVOS

Este artigo tem como objetivo apresentar alguns dos instrumentos desenvolvidos em uma pesquisa visando a contribuir para o aprimoramento do SINAT, por meio de uma avaliação sistemática de desempenho em uso de edificações habitacionais que empregam sistemas construtivos inovadores, ainda não contemplada em normas brasileiras ou no SINAT. Salienta-se, especialmente, a importância dos procedimentos de pré-teste para o controle de qualidade no desenvolvimento e no aprimoramento de instrumentos de APO.

A sistematização dos dados coletados por APO viabilizaria a estruturação e a alimentação de um banco de dados relativos ao desempenho de

edificações habitacionais por tipologia e sistema construtivo inovador, visando à elevação do nível de qualidade do processo de produção da construção habitacional no país.

Nesta pesquisa, considerou-se a verificação de aspectos que melhor podem ser efetivamente aferidos no decorrer do uso da edificação, como o conforto ambiental ao longo de um ciclo anual, a facilidade de manutenção da edificação, a durabilidade dos materiais, produtos e sistemas empregados, a flexibilidade e a capacidade de ampliação de unidades habitacionais, dentre outros.

MATERIAIS E MÉTODOS

A norma brasileira NBR 15575, inicialmente na versão de 2008 e, posteriormente, na versão de 2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) foi adotada como guia para definir os requisitos iniciais a serem atendidos pelas edificações, buscando-se, também, as demais normas nela citadas para definição dos critérios técnicos de avaliação de desempenho em uso de diversos aspectos da edificação habitacional.

O conjunto de instrumentos de APO aqui apresentado foi desenvolvido após extenso levantamento bibliográfico dos vários fatores técnicos que podem influenciar na verificação do desempenho de edificações habitacionais, considerando:

- Análise dos instrumentos de verificação existentes (já conhecidos e aplicados em estudos anteriores), em relação a sua efetividade e ao enfoque dado (temas abordados);
- A classificação dos edifícios habitacionais em suas variadas formas de composição (unifamiliares em unidades isoladas, geminadas, assobradadas ou multifamiliares em múltiplos pavimentos), além da forma de gerenciamento (com ou sem gestão condominial) e suas influências na formulação dos diferentes instrumentos de avaliação;
- Os parâmetros para verificação da qualidade arquitetônica do projeto da edificação habitacional, aspecto esse ainda não contemplado em documentos normativos, principalmente em relação às questões funcionais e de flexibilidade (possibilidades de alterações e ampliações nas unidades habitacionais).

O processo de desenvolvimento desse conjunto de instrumentos, incluindo os pré-testes como o principal meio de seu aperfeiçoamento, pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1. Processo de desenvolvimento do conjunto de instrumentos de APO proposto.

Tendo em vista o que afirmam Rossi e Freeman (1989), para o controle de qualidade dos instrumentos, estes deveriam ser submetidos a pré-testes rigorosos, cujas análises críticas dos resultados, seguidas de revisões, possibilitariam a aplicação de uma APO completa de modo consistente.

O pré-teste é recomendado para pesquisas nas áreas sociais, humanas, médicas e de saúde pública, dentre outras, para todos os instrumentos de avaliação. Shavelson (1988), por exemplo, destaca que o desenho e a aplicação de pré-testes (grupos de controle) são essenciais para aferir a validade de futuras pesquisas sobre a eficácia de novos procedimentos médicos em seres humanos.

Por outro lado, como aponta Zeisel (2006), o pré-teste, se corretamente aplicado e em respondentes conscientes, pode alertar, inclusive, para problemas na pesquisa, em outros níveis mais gerais, como o próprio desenho dos procedimentos metodológicos e, assim, ainda em um estágio inicial, corrigir a rota do processo de pesquisa. O pré-teste também possibilita a correção de problemas de inteligibilidade do texto inicial e das questões, permitindo que o questionário faça de fato sentido para um respondente leigo.

Infelizmente, no Brasil, no campo das pesquisas em APO, pouco se aplica ou se conhece relativamente à aplicação de pré-testes – sobretudo de questionários que medem a satisfação de usuários – o que exige especial atenção na réplica estatística de resultados quantitativos.

Segundo as orientações de Zeisel (2006), também podem ser pré-testados, além de questionários para usuários, outros instrumentos, como os roteiros de entrevistas com pessoas-chave e roteiros de *walkthrough*, sendo que tanto os entrevistados como os respondentes participantes dos pré-testes de questionários não poderão participar das aplicações definitivas em uma etapa posterior. Assim, deverão ser previstos outros respondentes e edifícios ou unidades habitacionais ou, eventualmente, até outros estudos de casos para a aplicação de pré-testes.

Na pesquisa em questão, estabeleceu-se que o procedimento proposto e seus instrumentos seriam pré-testados em empreendimentos habitacionais construídos com sistema construtivo inovador que tenham sido ocupados, no mínimo, há 12 meses (condição mínima para aplicação da APO) e, no máximo, 5 anos (prazo de garantia dos empreendimentos dado pelas construtoras).

Ainda, como parte do processo de desenvolvimento dos instrumentos e do sistema de avaliação proposto, após os pré-testes e as respectivas revisões, os instrumentos ainda seriam analisados em um workshop por especialistas brasileiros nos temas e requisitos de desempenho abordados.

DESENVOLVIMENTO DOS INSTRUMENTOS

Ao listar a relação de requisitos e critérios de desempenho definida nas normas brasileiras (NBR 15575 e correlatas) e analisar seus desdobramentos, considerando as diferentes formas de obter os dados que permitam verificar o seu atendimento em uma edificação em uso, constatou-se que, para garantir a qualidade dos dados que os fundamentam, seria necessário coletá-los de fontes e formas diversas. Assim, os dados a serem obtidos foram classificados em função de sua fonte, em:

- Do usuário (sobre a unidade habitacional e as áreas comuns, quando aplicável);
- Do gestor do condomínio (sobre o desempenho das unidades habitacionais e das áreas comuns, quando aplicável);
- Dos especialistas (sobre os dados técnicos de projeto e das condições de uso das edificações verificadas em vistorias técnicas).

Foram elaborados, como integrantes da APO proposta, três instrumentos de avaliação, com as seguintes finalidades:

- **Questionário estruturado** para coleta de dados sobre a satisfação do morador com a edificação e o sistema construtivo inovador;
- **Roteiro de entrevista semiestruturado** para coleta de informações fornecidas pelo síndico ou zelador – quando se tratar de empreendimentos com unidades habitacionais agregadas em forma de condomínio;
- **Roteiro estruturado de avaliação do desempenho físico** de sistema construtivo inovador, pelos especialistas por meio de:
 - Verificação de documentações técnicas que compõem o projeto; e
 - Verificação do edifício em uso, no local do empreendimento (*in loco*).

O Quadro 1 apresenta os tópicos estruturadores do conteúdo do questionário para usuários e seus respectivos conteúdos, considerando que o respondente seja, preferencialmente, o chefe de família da unidade habitacional.

No Quadro 2, por sua vez, é apresentado o roteiro semiestruturado de entrevista com síndicos e zeladores. Apesar de ser do conhecimento de todos que síndicos e zeladores têm diferentes atribuições e responsabilidades nos condomínios, também se reconhece que as informações providas por esses dois “atores” são de grande importância, e que a qualidade das mesmas varia em função do nível de comprometimento de seus portadores com o

Quadro 1. Estrutura do questionário para moradores.

Tópicos	Conteúdo
Caracterização do respondente e do perfil econômico dos moradores	Perfil do respondente, idade, gênero, estado civil, grau de escolaridade, tempo de residência, se proprietário ou inquilino, tamanho da família, perfil de gastos mensais com necessidades básicas da moradia (água, energia elétrica, gás, telefonia e correlatos e condomínio).
Caracterização da moradia atual	Comparação com as condições da moradia anterior, eventuais alterações realizadas ou previsão de intervenções, e desempenho das instalações prediais.
Conforto na moradia	Satisfação com: ergonomia e funcionalidade (dimensões mínimas dos cômodos), conforto acústico (geradores de ruídos externos e internos; qualidade da isolamento sonora), conforto térmico (extremos de calor e frio nos diversos ambientes) e conforto luminoso (eficiência da iluminação natural).
Manutenção, uso e operação	Facilidade de manutenção da moradia: instalações prediais, acabamentos e revestimentos, vedações (parede, piso, teto e cobertura).
Sistema construtivo Manual de Operação, Uso e Manutenção	Conhecimento sobre o sistema construtivo inovador empregado e opinião sobre o mesmo. Recebimento e leitura do manual; nível de compreensão e qualidade do seu conteúdo.
Assistência Técnica	Identificação de problemas construtivos, forma de resolução dos mesmos, sobre o direito à assistência técnica e a avaliação desse serviço dentro da garantia.

gerenciamento do condomínio. Assim, propôs-se a entrevista com ambos, à medida do possível. Observa-se que esse roteiro só seria aplicável onde o conjunto residencial está estruturado em forma de condomínio.

As fichas de verificação foram estruturadas com base no modelo apresentado no Quadro 3, onde é possível observar, além da classificação de atendimento obrigatório ou facultativo e suas respectivas alternativas, ao final, abaixo do espaço para comentários adicionais, um espaço para tabulação da frequência das diferentes classificações das condições encontradas, por nível de importância.

Inicialmente, a proposta de verificação das condições de desempenho da edificação habitacional foi estruturada para um único tipo de formulário a

ser aplicado na visita técnica de campo. No entanto, ao longo do processo, identificou-se que vários itens dependiam de uma verificação prévia do projeto, para posterior confirmação das condições em campo.

Quadro 2. Estrutura do roteiro de entrevistas com síndico/ zelador.

Tópicos	Conteúdo
Identificação do empreendimento	• Nome, endereço, sistema construtivo, data de entrega do empreendimento, data da entrevista.
Caracterização do entrevistado	• Função, nome, idade, gênero, tempo que exerce a função.
Conteúdo da entrevista	<ul style="list-style-type: none"> • Nível de satisfação dos condôminos em relação às áreas comuns da edificação; • Frequência e tipo de reclamações sobre desempenho em uso do edifício; • Opinião sobre necessidade de alterações ou melhorias nas áreas comuns; • Comentário sobre reclamações referentes a ruídos gerados nas áreas comuns do edifício e do condomínio que afetam as unidades habitacionais; • Reclamações sobre o conforto térmico e luminoso nas áreas comuns do edifício; • Condições de segurança de uso e contra incêndio do edifício (manutenção periódica, cumprimento das exigências no uso); • Condições de acessibilidade das áreas comuns; • Condições de segurança das instalações de gás nas áreas comuns. • Condições de impermeabilização/ drenagem das áreas comuns; • Condições de desempenho das instalações prediais.

Quadro 3. Modelo das fichas de verificação.

Desempenho XXXX						
Critérios		Nível de importância	Classificação			
			Atende	Não atende	Não se aplica	Não verificado
01	Obrigatório				
02	Facultativo				
03	Obrigatório				
NN	Obrigatório				
Comentários adicionais:						
RESPOSTAS		Classificação				TOTAIS (Valor absoluto e %)
		Atende	Não atende	Não se aplica	Não verificado	
OBRIGATÓRIO (Valor absoluto e %)						
FACULTATIVO (Valor absoluto e %)						
TOTAIS (Valor absoluto e %)						

Assim, as fichas de verificação foram elaboradas para avaliação do desempenho das edificações, consistindo em dois tipos: a) verificação de projeto por meio da documentação técnica disponível; b) verificação no local da edificação em uso. É importante ressaltar que para algumas das verificações no local, propôs-se que sejam realizadas medições com instrumentos adequados e por profissionais com capacitação para o manuseio e operação destes.

Dentre as medições no local, foram incluídas, inicialmente, medições de acústica e iluminação natural, além de verificações dimensionais e de funcionalidade, como pé-direito e largura dos cômodos, prumos e caimento de piso.

Além dos instrumentos propriamente ditos, foi elaborado um roteiro de aplicação, que é um documento de apoio aos outros instrumentos e consiste de um guia de preenchimento e um manual de aplicação para as fichas de verificação no local e para as de verificação por dossiê técnico. Esse documento foi elaborado para explicar, primeiramente, como as fichas de verificação

devem ser preenchidas e, na segunda parte, apresenta os procedimentos para obtenção de dados de campo (medições), além de procedimentos de cálculo para alguns dos requisitos estabelecidos na análise documental. As informações sobre esses temas foram classificadas em: a) medições necessárias (onde são listados os equipamentos de medição que são necessários para que a avaliação do tema seja completa); b) informações úteis (com alguns documentos ou dados a serem obtidos para uma plena realização da avaliação); c) orientações para a aplicação dos métodos de avaliação com os procedimentos a serem usados na verificação, tanto em campo como por meio da análise de documentação técnica.

DESCRIÇÃO DOS PRÉ-TESTES

Pré-teste 1

O primeiro pré-teste foi realizado em um empreendimento cujo sistema construtivo inovador empregado era o painel (parede) de concreto moldado no local, que foi considerado inovador, pois foi construído e o pré-teste realizado antes da vigência da norma ABNT/NBR16055:2012 – “*Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos*”. Além das paredes estruturais em concreto armado, as unidades habitacionais apresentavam forros de gesso e cobertura em telhado composta de estrutura metálica e telhas cerâmicas.

O empreendimento estudado consistiu em um condomínio fechado com 442 unidades habitacionais térreas, geminadas em sua maioria, na cidade de São Carlos (estado de São Paulo), cujas unidades foram entregues em 2010. Esse empreendimento apresentava cinco opções de planta, variando de dois dormitórios com um banheiro a três dormitórios com duas suítes. Todos os lotes apresentavam área total de 143 m² com duas vagas frontais para veículos, e as unidades habitacionais, áreas construídas entre 46,72 m² e 77,30 m². A Figura 2 apresenta a planta-tipo das unidades habitacionais mais simples, de 2 dormitórios com um banheiro.

Para a aplicação dos instrumentos de avaliação em campo, os pesquisadores foram divididos em duplas seguindo apenas um critério: os alunos bolsistas deveriam ficar com um professor/pesquisador sênior. No total, quatro duplas testaram os instrumentos de levantamento de campo que durou um dia (manhã e tarde) no mês de julho de 2012.

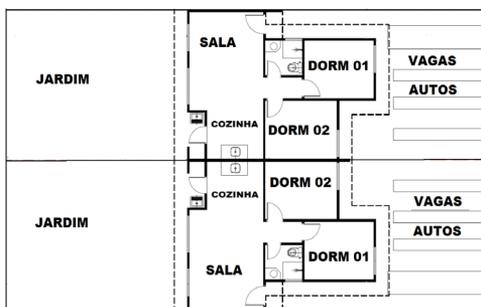


Figura 2. Planta-tipo de unidades de 2 dormitórios.



Figura 3. Vista das residências geminadas.

Havia três instrumentos a serem avaliados em campo: o questionário aplicado ao usuário, as fichas de avaliação in loco e o roteiro de manutenção. Na reunião prévia, concluiu-se que a aplicação de todos os instrumentos em uma mesma unidade tomaria muito tempo, podendo gerar indisposição por parte dos usuários. Decidiu-se, então, que o questionário ao usuário seria

aplicado em todas as residências visitadas, por ser de interesse comum às duas equipes de pesquisa, mas se os pesquisadores percebessem que o morador não dispunha do tempo para o teste dos outros dois instrumentos, aplicar-se-ia apenas um deles.

Pré-teste 2

O empreendimento onde foi realizado o segundo pré-teste localizava-se na cidade de Mogi das Cruzes, estado de São Paulo, e era um condomínio composto por 140 unidades habitacionais, as quais se distribuíam em 7 blocos de 5 pavimentos, com 20 apartamentos por bloco. Os blocos possuíam configuração em H (planta), com 4 apartamentos por pavimento, sem elevadores. Existiam dois tipos de planta, sendo que a unidade habitacional padrão consistia de dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e lavanderia (Figura 4). O segundo tipo de planta configurava a unidade habitacional acessível, com um dormitório, sala, cozinha, banheiro e área de serviço, localizada no térreo de cada bloco.

O empreendimento pode ser classificado como HIS (Habitação de Interesse Social) da Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, com financiamento por meio do Programa Minha Casa Minha Vida, sendo que parte dos moradores era proveniente de uma remoção de área de risco.

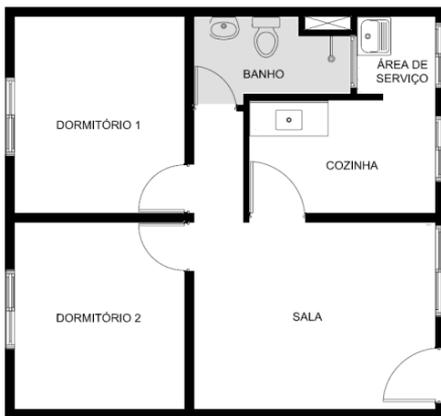


Figura 4. Planta-tipo da unidade habitacional.

Figura 5. Vista parcial dos blocos residenciais.

O sistema construtivo utilizado nas edificações do condomínio não pode ser classificado como “inovador”. Porém, devido à presença de lajes pré-fabricadas de concreto (concretadas na vertical, içadas e posicionadas na horizontal apoiadas sobre as paredes de blocos estruturais de concreto (Figuras 6 e 7) com elementos hidráulicos e elétricos embutidos, shaft de hidráulica no banheiro, vedação em alvenaria estrutural e contramarco pré-fabricado em concreto para as janelas, possuía um amplo caráter de industrialização e racionalização de materiais e sistema construtivo. O sistema foi classificado pela equipe de pesquisa como “híbrido” e, portanto, passível de ser abordado na pesquisa.

Foram elaborados, para o segundo pré-teste, os seguintes instrumentos de avaliação:

- Questionário aplicado ao usuário;
- Fichas de verificação no local;
- Entrevista com síndico e zelador;
- Fichas de verificação – dossiê técnico;
- Roteiro de aplicação.



Figura 6. Lajes concretadas na vertical.
Imagens cedidas pela Construtora.



Figura 7. Laje sendo posicionada horizontalmente.
Foto cedida pela construtora.

Os dois últimos instrumentos listados anteriormente foram testados e avaliados, porém, sem necessidade da atividade de campo.

A atividade de pré-teste, em campo, foi conduzida no mês de dezembro de 2012 por uma equipe constituída de seis aplicadores que se dividiram em três duplas para avaliar três dos instrumentos acima listados, em um dia de atividade no empreendimento, a saber: questionário aplicado ao usuário, fichas de verificação no local e entrevista com síndico e zelador.

PROCEDIMENTOS

Procedimentos para os Pré-testes

Os dois pré-testes tiveram como objetivo a aferição dos instrumentos propostos e seus ajustes, no que se refere à pertinência dos temas, tempo e facilidade de aplicação, adequação a diferentes sistemas construtivos e diferentes perfis de moradores. Os pré-testes foram realizados em conjunto com outra equipe de pesquisa do mesmo Sub-projeto FINEP, mencionado anteriormente e responsável por elaborar instrumentos específicos para avaliação da manutenibilidade e da qualidade da assistência técnica nos empreendimentos.

Os instrumentos foram apresentados para toda a equipe de aplicação antes da saída a campo em ambos os casos, assim como foram dadas instruções básicas de como operar os equipamentos para realização das medições de campo.

As atividades pré-teste propostas neste trabalho tomaram uma proporção maior que aquelas normalmente discutidas e recomendadas por autores consagrados como Preiser e Vischer (2005) e Zeisel (2006). Porém, diante dos objetivos almejados, vê-se essa atividade como adequada e totalmente justificada.

Procedimento para a Análise dos Pré-testes

Reunião de Análise Crítica é um termo que define uma atividade inserida dentro do Sistema de Gestão da Qualidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) como sendo: “atividade realizada para determinar a pertinência, a adequação e a eficácia do que está sendo examinado, para alcançar os objetivos estabelecidos”.

Dentro desse entendimento, compreendeu-se que uma avaliação dos pré-testes aplicados mereceria uma reunião de análise crítica com todos seus integrantes da equipe aplicadora e de pesquisa. Durante essa reunião, seriam discutidas, abertamente, as impressões que os aplicadores

tiveram de todo o processo de treinamento e aplicação dos instrumentos. É necessário lembrar que nem todos os aplicadores faziam parte da equipe de pesquisa que elaborou os instrumentos. Essa composição da equipe de aplicadores com elementos externos à equipe de pesquisa foi deliberada e teve como objetivo obter um novo olhar sobre os procedimentos e instrumentos elaborados e sua aplicabilidade. Tal consideração vem de encontro aos objetivos da pesquisa, que visa à elaboração de instrumentos que possam ser adotados e aplicados em grande escala por equipes de avaliadores localizados em partes remotas do país, sem necessariamente o acompanhamento ou a orientação direta da equipe de pesquisa.

Assim, uma reunião de análise crítica com toda a equipe de aplicadores do pré-teste foi realizada no dia seguinte ao dia da aplicação do pré-teste em campo, nos dois casos.

RESULTADOS

Pré-teste 1

Não foi determinado um espaço amostral específico para os quais os instrumentos seriam pré-testados. Cada dupla deveria aplicar os instrumentos em pelo menos três unidades habitacionais. No total, a aplicação do pré-teste foi possível em 11 unidades habitacionais, sendo obtido o preenchimento de 11 questionários dos moradores, 10 fichas de inspeção e 8 roteiros de avaliação de manutenção.

Os questionários foram aplicados pelas equipes; o enunciado de cada questão era lido para o morador e a resposta, anotada. Se houvesse algum problema de compreensão da pergunta ou das alternativas de resposta, o aplicador deveria esclarecer ao respondente e anotar o tipo de dúvida que surgiu. O tempo médio de aplicação do questionário foi de 15 minutos. Julgou-se que esse tempo era adequado e que permitiria a fácil adaptação para futura aplicação remota, eletronicamente ou por formulário impresso entregue.

Já a ficha de verificação da unidade residencial no local teve como maior crítica o tempo que levou para ser aplicado: de 30 a 45 minutos.

Análise Crítica do Pré-Teste 1

Os principais resultados e conclusões da reunião de análise crítica seguem abaixo.

O **questionário aplicado ao usuário** foi originalmente elaborado para ser autoexplicativo, ou seja, para ser preenchido sem acompanhamento da equipe e recolhido posteriormente. Contudo, este sofreu adaptações para o primeiro pré-teste, uma vez que se decidiu pela aplicação de forma presencial, a fim de avaliar a adequabilidade das questões colocadas e o tempo de aplicação. Foi inserido um cabeçalho com espaço para identificação da residência visitada, data de aplicação, identificação da equipe e horário de início e término da aplicação. Esses últimos dados seriam importantes para que fosse possível avaliar se o instrumento estaria adequado à proposta inicial de um instrumento expedito e autoexplicativo.

Grande parte das alterações propostas pelos aplicadores foi em relação à formatação. Além disso, constatou-se que a ordem de algumas questões poderia ser alterada, para uma mais lógica, agilizando o processo. Em algumas questões, o problema era o uso de termos técnicos de difícil compreensão pelo usuário leigo; em outras, uma pequena ambiguidade – os respondentes entendiam a questão de uma maneira diversa daquela pretendida pela pesquisa.

As **fichas de verificação no local**, por sua vez, foram elaboradas para que fosse possível ao técnico avaliar os principais aspectos construtivos

e de uso e manutenção do empreendimento por meio de uma vistoria, complementando a coleta de dados junto aos moradores.

Os itens, em geral, eram facilmente verificados, mas para a avaliação de conforto acústico e luminoso, por exemplo, eram necessárias medições que tomaram certo tempo. Um problema técnico específico foi detectado na questão de conforto luminoso, pois não se sabia se o valor que deveria ser usado para se definir o atendimento ao requisito era o absoluto ou a média dos valores medidos. Tal informação não ficou clara no formulário.

As medições feitas para a avaliação do conforto luminoso, em geral, eram de fácil execução, mas dependendo do tamanho do cômodo, o número de medições proposto era muito grande. Nas medições de conforto acústico, cada bloco de medições, por cômodo, levava cinco minutos para ser concluído. Além disso, para que fossem feitas com maior precisão, a porta do cômodo deveria estar fechada, o que causava constrangimento ao pesquisador, principalmente para medições feitas em dormitórios.

Outro aspecto que se percebeu durante a aplicação desse instrumento é que seriam necessários equipamentos adicionais para auxiliar na verificação de alguns itens. Não foram previstos instrumentos como: níveis, réguas ou esquadros, para que fosse feita a verificação dos prumos e ortogonalidade das paredes. Também a falta destes foi detectada na dificuldade de verificação das condições das calhas e do caimento dos pisos boxes em direção ao ralo para escoamento de águas servidas, e para facilitar acesso a pontos elevados na observação e medição de fissuras, por exemplo.

Por fim, durante o desenvolvimento inicial dos instrumentos foi determinado que, para manter uma unidade entre os mesmos, todos os formulários teriam folhas de rosto semelhantes, contudo, durante a aplicação, percebeu-se que isso gerava dificuldade na identificação de cada um deles. Foi então proposta uma revisão na programação visual assim como uma numeração sequencial ou por códigos, para distinção dos formulários.

Pré-teste 2

Todos os instrumentos aplicados no primeiro pré-teste foram revisados, incorporando as proposições e as recomendações realizadas pelos aplicadores na reunião de análise crítica e registradas pela equipe de pesquisa nessa ocasião. Em relação às **fichas de verificação no local**, houve sugestões de pequenas mudanças: as medições de acústicas foram suprimidas, pois tomavam muito tempo e um procedimento mais apurado seria necessário para análise das condições no local, em função da posição das unidades habitacionais em relação ao entorno. Assim, constatou-se ser mais razoável uma avaliação da isolamento sonora do sistema construtivo por meio da análise documental do projeto e de medições laboratoriais comprovadas.

A equipe de aplicadores realizou visitas a 13 unidades residenciais nessa atividade pré-teste. Em todas essas unidades foi aplicada a “ficha de verificação no local”. O tempo médio de aplicação foi de 20 minutos.

O roteiro semiestruturado de entrevista foi aplicado a apenas um membro do conselho do condomínio, na ausência do síndico. Naquele momento, o cargo de zelador do condomínio estava vacante.

O questionário aplicado ao usuário foi revisado e reestruturado para ter o formato passível de autopreenchimento, sem a assistência de aplicadores. Um conjunto de 140 cópias impressas do questionário ao usuário foi entregue a um dos conselheiros do condomínio para que fosse distribuído a todas as unidades habitacionais. Desse total, após um mês da distribuição dos mesmos, houve um retorno de 45 questionários, dentre os quais 29 estavam devidamente preenchidos, portanto, considerados válidos. Muitos foram devolvidos em branco.

Análise Crítica do Pré-teste 2

Após o segundo pré-teste, os principais temas discutidos e os seus resultados seguem abaixo.

A **ficha de verificação no local** não apresentou problemas significativos nesse segundo pré-teste. A linguagem dos itens foi considerada adequada e os aplicadores não tiveram dificuldades para entender o que deveria ser avaliado.

A maior crítica ao instrumento foi em relação à organização da ordem das questões. Nesse caso, itens a ser verificados no interior e no exterior da habitação, assim como nas áreas comuns, na maioria dos temas, não estavam devidamente agrupados. Dessa maneira, ao realizar a inspeção era necessário o deslocamento constante de um ambiente para o outro e para o exterior da unidade. Contudo, em geral, os itens eram facilmente verificados. Assim, foram sugeridas modificações na ficha em relação à ordem dos itens a ser verificados: aqueles relativos às áreas externas deveriam ser agrupados e separados daqueles das áreas internas, mesmo que pertencentes aos mesmos requisitos. Em particular, nesse caso, verificou-se a diferença existente da situação do pré-teste anterior, pois as áreas comuns/externas são significativas.

Além disso, algumas questões estavam muito extensas e com linguagem não adequada, gerando dúvidas aos aplicadores.

As medições feitas para a avaliação do conforto luminoso, em geral, não tomaram muito tempo, mas nos cômodos maiores, o número de medições realizado ainda foi considerado excessivo pelos pesquisadores, porém, inevitáveis.

No **Roteiro semiestruturado para entrevista com síndico e zelador**, manteve-se o mesmo da versão adotada para o primeiro pré-teste, uma vez que não houve chance de aplicação e avaliação do mesmo antes desse segundo pré-teste. Esse instrumento foi testado e as alterações propostas visaram, essencialmente, a facilitar o entendimento das perguntas pelo entrevistado. Assim, para algumas questões, recomendou-se a alteração de termos e, em outros, a reformulação de frases. Recomendou-se, também, adotar o cabeçalho padrão, já utilizado nos demais instrumentos, uniformizando informações como a identificação do empreendimento e do sistema construtivo em questão.

Na análise da aplicação do segundo pré-teste do **questionário aplicado ao usuário** verificou-se que o anonimato dos respondentes deve ser preservado no conjunto dos dados, porém, para garantir qualidade na avaliação do empreendimento e do sistema construtivo, a identificação da unidade residencial do respondente é imprescindível. Muitas das respostas estão fortemente vinculadas e são influenciadas pela localização da unidade residencial em relação à implantação da edificação, características do entorno próximo e, nos edifícios multifamiliares, também ao pavimento onde se encontra. Assim, verificou-se a necessidade de incluir espaço no cabeçalho do questionário para caracterização do empreendimento (identificação e data de entrega), bem como a identificação da unidade habitacional (bloco e unidade).

No item que trata da facilidade de manutenção da edificação, ainda persistiam alguns termos técnicos que foram simplificados em função de comentários dos respondentes sobre a dificuldade de compreensão, tais como “quadro de distribuição de circuitos” por “circuitos elétricos”, “sistema de cobertura” por “sistema de cobertura – telhado”, “fachada” por “paredes externas”, dentre outros.

A alteração mais relevante foi realizada quanto à forma do conteúdo que avalia o conforto ambiental. Verificou-se a necessidade de incluir mais parâmetros para a avaliação do conforto sob o ponto de vista do usuário, para efeito comparativo com os dados técnicos. Essas alterações foram realizadas após um pré-teste adicional específico, à parte, aplicado em moradores das treze unidades visitadas e que consistiu de um questionário estruturado com base em um “Roteiro de Entrevista com os Usuários”

(VITTORINO; AKUTSU, 1999) e na recente publicação de uma norma europeia sobre o assunto (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pré-testes aplicados demonstram a importância dessa etapa no controle de qualidade dos procedimentos metodológicos de APO. Estes constituem uma etapa de caráter preliminar, mas que permite a correção de trajetória da pesquisa, de ajustes de termos e de linguagem, possibilitando aferir também se cada um dos instrumentos contempla todos os itens de desempenho a serem verificados de forma adequada. Por outro lado, a eficácia dos pré-testes dos instrumentos não reduz, ao contrário, aumenta a importância do treinamento dos aplicadores dos instrumentos quando do levantamento de campo em escala.

Os instrumentos foram aplicados em pré-testes de APO-pilotos exploratórias, de modo mais aprofundado do que o usualmente praticado, e também aferidos por especialistas em workshop posteriormente. Este artigo visou mostrar a importância de pré-testes de instrumentos de APO pré-testados e consequentes ajustes para garantir maior robustez para a aplicação de uma APO mais eficaz, visando uma avaliação completa em edifícios habitacionais, com vistas a atender aos itens de desempenho de uma norma técnica extensa. A APO completa, por sua vez, pode nortear a aplicação do conjunto de instrumentos propostos em larga escala, nos empreendimentos habitacionais construídos com sistemas construtivos inovadores, visando não só a avaliação técnica do seu desempenho em uso, mas também e, principalmente, contemplando o ponto de vista do usuário.

AGRADECIMENTOS

À FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, pelo apoio financeiro ao projeto intitulado “Desenvolvimento de métodos e metodologias para avaliação de desempenho de tecnologias inovadoras no âmbito do Sistema Nacional de Avaliação Técnica – INOVATEC”, onde esta pesquisa se insere na “Meta 44: Desenvolvimento de procedimentos e Manual para Avaliação de Desempenho de Sistemas Construtivos Inovadores”, do “Subprojeto 5: Uso e manutenção de sistemas inovadores”.

Às construtoras que colaboraram com a pesquisa desenvolvida, sem as quais os pré-testes não poderiam ser viabilizados.

REFERÊNCIAS

- AMANCIO, R. C. A.; FABRICIO, M. M.; MITIDIERI FILHO, C. V. Avaliações técnicas de produtos inovadores no Brasil. In: JORNADAS LNEC – ENGENHARIA PARA A SOCIEDADE. INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO, 2012. **Anais**. Lisboa: 18 a 20 de junho de 2012. (CD-Rom).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 9000: Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Institui o Sistema Nacional de Avaliação Técnica de produtos inovadores – SINAT, no âmbito do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, e dá outras providências. **Portaria Nº 345, de 3 de Agosto de 2007**. Publicada no DOU em 13 de agosto de 2007.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Projetos – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT. Disponível em <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php> Acesso em: 03 dez. 2014.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the physical environment – Assessment**

- of environments by means of an environmental survey involving physical measurements of the environment and subjective responses of people (English translation of DIN EN ISO 28802:2012-06), Bruxelas: European Committee for Standardization (CEN), 2012.
- FINCH, E.(Ed.) **Facilities change management**. Londres: Wiley-Blackwell, 2012. 202 p.
- GROAT, L.; WANG, D. **Architectural Research Methods**. Nova York: John Wiley & Sons, 2002. 389 p.
- HERSHBERGER, R. G. **Architectural Programming and Predesign Manager**. Nova York: Mc Graw Hill, 1999. 489 p.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Métodos e instrumentos de avaliação de projetos destinados à habitação de interesse social. In: VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (Orgs.). **Qualidade ambiental na habitação. Avaliação Pós-Ocupação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. pp. 149-184.
- LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 296 p.
- PREISER, W. F. E.; VISCHER, J.C. **Assessing building performance**. Oxford: Elsevier, 2005. 243 p.
- RHEINGANTZ, P. A. et al. **Observando a qualidade do lugar. Procedimentos para a Avaliação Pós-Ocupação**. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. 117 p.
- ROMÉRO, M. A.; ORNSTEIN, S. W. (Coords.). **Avaliação Pós-Ocupação: Métodos e Técnicas aplicados à Habitação Social**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (coleção Habitare), 2003. 293 p.
- ROSSI, P. H.; FREEMAN, H. E. **Evaluation: a systematic approach**. Newbury Park, Estados Unidos: Sage Publications, 1989. 423 p.
- ROWE, P. G. **Design Thinking**. Cambridge, Estados Unidos: The MIT Press, 1992 (4a edição). 229 p.
- SHAVELSON, R.J. **Statistical Reasoning for Behavioral Sciences**. Needham, Estados Unidos: Allyn and Bacon, 1988. 744 p.
- THOMSEN, A. Ex Ante Performance Evaluation of Housing. In: JONG, T. M.; VOORDT, D. J. M. van der (Eds.). **Ways to Study and Research Urban, Architectural and Technical Design**. Delft, Países Baixos: Delft University Press, 2002. p. 163-168.
- VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (Orgs.). **Qualidade ambiental na habitação: Avaliação pós-ocupação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 400 p.
- VITTORINO, F.; AKUTSU, M. Avaliação das condições de conforto térmico e lumínico em conjuntos habitacionais no estado de São Paulo. In: V ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1999, Fortaleza, CE. **Anais...**, Fortaleza, 1999.
- VOORDT, T.J. M. van der; WEGEN, H. B.R. van. **Architecture in use: an introduction to the programming, design and evaluation of buildings**. Oxford: Elsevier, 2005. 237 p.
- ZEISEL, J. **Inquiry by design: environment/behavior/neuroscience in architecture, interiors, landscape, and planning**. Nova York: W. W. Norton, 2006. 400 p.

Paulo Roberto Andery
pauloandery@gmail.com

Cícero Starling
cicerostarling@ufmg.br

Rute Martins
rute@dpfo.ufmg.br

CAPTURA E HIERARQUIZAÇÃO DE REQUISITOS DO CLIENTE DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL A PARTIR DA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E DA TÉCNICA DE PREFERÊNCIA DECLARADA

Capturing and ranking customer's requirements of social housing from post-occupancy evaluation and stated preference technique

Priscilla Assis Conceição¹, César Imai¹, Mariana Ragasi Urbano¹

RESUMO Estudos sobre a geração de valor em habitações de interesse social têm sido realizados com o objetivo de melhorar a qualidade das habitações e o nível de satisfação de seus usuários. A captura de requisitos do cliente é o primeiro passo para o processo de geração de valor, no entanto, há dificuldade em identificar os requisitos da população de interesse social para a habitação. O presente artigo tem como objetivo principal discutir a utilização da Avaliação Pós-Ocupação (APO) e da técnica de preferência declarada para a captura e hierarquização de requisitos do usuário final de habitação de interesse social. Dessa forma, espera-se gerar subsídios para a inserção de melhorias nessas habitações por meio do processo de desenvolvimento de projeto. Para a realização da pesquisa foram utilizadas técnicas de APO como a aplicação de questionários estruturados na forma de entrevistas presenciais, registros feitos a partir de levantamentos físico e fotográfico e a aplicação da técnica de preferência declarada utilizando como instrumento o jogo de cartas ilustradas. A amostra pesquisada foi de 93 entrevistas realizadas em um conjunto habitacional na cidade de Londrina (PR), cujo público se enquadra na faixa 1 do Programa Minha Casa Minha Vida 1. As técnicas usadas na análise dos dados foram tabelas de frequências e inferências estatísticas com base em intervalos de confiança. Como resultado da pesquisa, foi obtida uma relação de requisitos para a habitação, hierarquizados segundo a percepção de valor desejado pelo usuário final.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação Pós-Ocupação, Captura de requisitos, Habitação de interesse social, Preferência declarada.

ABSTRACT Studies on value creation in social housing have been conducted with the aim of improving the quality of housing and the level of users' satisfaction. Capturing customer requirements is the first step in the process of value creation, however, it is difficult to identify the requirements of the population for social housing. This article aims to discuss the use of Post-Occupancy Evaluation (POE) and stated preference technique for capturing and ranking requirements of social housing for the end-user. Thus, it is expected to generate subsidies for the inclusion of improvements in these homes through the design development process. For the research, were used POE techniques such as structured questionnaires in the form of in-person interviews, registration through physical and photographic survey and the application of stated preference technique using the instrument of illustrated card game. The sample was composed of 93 interviews conducted in a housing complex in the city of Londrina, Paraná, whose audience fits in the first strip of the program Minha Casa Minha Vida 1 Program. The techniques used for data analysis were frequency tables and statistical inferences based on confidence intervals. As a result of the research, a list of requirements for housing was obtained, ranked according to perceived value desired by the end-user.

KEYWORDS: Post-Occupancy Evaluation, Requirements capturing, Social housing, Stated preference.

¹Universidade Estadual de Londrina

How to cite this article:

CONCEIÇÃO, P. A.; IMAI, C.; URBANO, M. R. Captura e hierarquização de requisitos do cliente de habitação de interesse social a partir da avaliação pós-ocupação e da técnica de preferência declarada. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 83-102, jan./jun. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.98795>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 05 mar. 2015

Aceito em: 06 maio 2015



INTRODUÇÃO

Atualmente, as habitações entregues para a população de baixa renda no Brasil são produzidas seguindo uma padronização do programa arquitetônico. Essas habitações vêm sendo reproduzidas ao longo dos últimos anos e não têm atendido às necessidades e expectativas da população (LEITE, 2005; MIRON, 2002).

Segundo Medvedovski (2002), a baixa qualidade das habitações é causada pela ausência de avaliações sistemáticas do ambiente construído. Além disso, pode-se somar a dificuldade encontrada na utilização eficaz dos resultados obtidos e nas avaliações já realizadas durante o processo de desenvolvimento da habitação, o que leva à repetição das soluções projetuais já empregadas.

Segundo Barlow e Ozaki (2003), é necessário que as empresas tenham maior atenção com os clientes, especialmente em relação às suas necessidades e expectativas, pois eles estão se tornando cada vez mais informados, exigentes e menos tolerantes aos serviços precários e defeitos construtivos. Os clientes mais informados passam, então, a julgar e a realizar suas escolhas com base no valor percebido (WEBSTER, 1994).

Durante o desenvolvimento de um empreendimento, o objetivo principal deve ser capturar os requisitos dos clientes para que eles possam ser traduzidos em atributos da edificação (HUOVILA; SEREN, 1998; MIRON, 2002). No entanto, segundo Lima et al. (2011), os clientes finais raramente participam do processo de desenvolvimento de HIS, portanto seus requisitos normalmente não são capturados e considerados durante o processo. Diante dessa realidade, famílias que moram em habitações de interesse social têm realizado modificações e reformas logo após o recebimento da habitação ou a comercialização ilegal do imóvel.

O processo de projeto de arquitetura é uma das fases de desenvolvimento do produto (PDP) da edificação e pode ser considerado análogo à fase denominada projeto informacional, definida por Rozenfeld et al. (2006). Nessa fase, são capturadas as informações necessárias para o desenvolvimento do produto, e são identificados os requisitos dos clientes, requisitos dos produtos e especificações-metas.

Este artigo trata sobre a captura de requisitos do cliente, moradores de HIS. Os requisitos dos clientes considerados foram a manifestação das necessidades e expectativas da população de estudo. Esses requisitos são traduzidos em recomendações projetuais para auxiliar o desenvolvimento de novos projetos. Salienta-se que, em uma fase posterior, para um produto específico em desenvolvimento, essas recomendações projetuais podem ser traduzidas em requisitos de projeto e especificações-meta, que possuem mais informações técnicas e mensuráveis que deverão ser atendidas no projeto em desenvolvimento, conforme Rozenfeld et al. (2006).

Para completar o processo de construção do edifício, segundo Moreira e Kowaltowski (2009), é acrescentada a fase de execução do projeto, a construção. Os autores ressaltam que a qualidade do produto final depende diretamente dos subprodutos das fases anteriores, da programação e do design, e que não é garantida apenas na entrega do produto. Portanto, se a satisfação do usuário não for atendida ao longo da vida útil do edifício devido às fases anteriores, como a programação, o design e a construção, estas deverão ser retomadas para corrigir e adequar à edificação.

As necessidades do usuário devem ser coletadas, analisadas e estruturadas antes que a etapa de design tenha sido iniciada (ORNSTEIN; ROMERO, 1992). No entanto, um dos aspectos que dificultam a captura dessas informações é o fato de que o cliente final, muitas vezes, é representado por uma diversidade de pessoas, tornando difícil estabelecer os requisitos individuais em um conjunto de requisitos (BRUCE; COOPER, 2000 apud MIRON, 2008).

Frequentemente, o processo de projeto engloba as atividades de estruturação dos resultados da Avaliação Pós-Ocupação (APO) para

determinar requisitos para a construção de novos edifícios (MOREIRA; KOWALTOWSKI, 2009), mas são poucas as pesquisas que relatam a estruturação dos resultados de avaliações pós-ocupação de forma sistemática para a utilização na fase de design.

A avaliação da edificação na fase de uso, avaliação pós-ocupação, pode ser usada para fazer ajustes na própria edificação e para auxiliar o processo de outros projetos (VOORDT; WEGEN, 2013).

É necessário ressaltar que a APO é uma das alternativas para capturar requisitos do cliente final e que precisa ser complementada por outras estratégias e fontes de informações. A APO possibilita capturar os requisitos latentes do usuário, ou seja, aqueles que são percebidos, pois não foram contemplados na edificação que está sendo avaliada. Também é importante ressaltar que a APO, por meio de suas diversas abordagens, multimétodos (RHEINGANTZ et al., 2009), possibilita capturar requisitos de diversos usuários e tipologias de edificação específicas, como é o caso de abordagens de APO para escolas, habitações de interesse social, entre outros.

Nesse mesmo contexto, o conceito de geração de valor para o cliente, proveniente da área de marketing, caracteriza a estratégia de uma empresa orientada para o cliente. Empresas orientadas para o cliente possuem seu foco no atendimento das necessidades do cliente e em elaborar um produto de alta qualidade a partir da percepção do cliente (HUOVILA; SÉREN, 1998; WOODRUF, 1997). Essa estratégia visa atrair e estabelecer uma relação durável com os clientes e surgiu devido à elevada competitividade do mercado.

A geração de valor, a partir da percepção do usuário, é um dos princípios do pensamento enxuto, no qual são priorizadas as atividades que agregam valor ao produto sob o ponto de vista dos usuários (WOODRUF, 1997).

O processo de geração de valor na construção civil envolve três fases, que são: capturar requisitos do cliente, criar soluções que contemplem esses requisitos e garantir que os requisitos sejam atendidos na fase de produção/construção (LEINONEN; HUOVILA, 2000 apud MIRON, 2008).

Segundo a teoria TFV (*transformation, flow, value*), de Koskela (2000), os requisitos do cliente devem ser capturados e convertidos em atributos de valor percebidos pelo mesmo, por meio de uma solução projetual. Segundo o autor, a geração de valor ocorre nos processos de transformação e fluxo das informações.

A percepção de valor pelo cliente pode ser definida pela relação entre benefícios recebidos e sacrifícios percebidos (WOODRUF, 1997). Essa relação envolve interações complexas do cliente diante dos benefícios e sacrifícios, na tentativa de adquirir o produto com o maior valor percebido. Para os clientes, o valor pode ser percebido a partir de atributos preferenciais, desempenho de atributos e da avaliação de um produto em uso (WOODRUF, 1997). Segundo Woodruff (1997), o cliente, em geral, idealiza seu valor desejado e pode antecipar a percepção de valor recebido, no entanto, ele apenas terá a real percepção do valor recebido quando vivenciar concretamente essa experiência.

Nesse sentido, a APO pode gerar informações para o desenvolvimento do processo de projeto a partir da percepção do usuário final, e com foco na geração de valor para este. Dessa forma, a APO auxilia o desenvolvimento do processo de projeto e do processo de desenvolvimento de produtos, no que diz respeito aos requisitos do usuário.

Esta pesquisa trata sobre a percepção de valor desejado para habitação de interesse social de tipologia térrea a partir de uma pesquisa realizada em um conjunto habitacional na cidade de Londrina (PR), destinado à população da faixa 1 do programa Minha Casa Minha Vida 1, famílias com renda de até R\$ 1.600,00.

Por meio da APO buscou-se gerar informação na forma de recomendações projetuais, com o intuito de retroalimentar o processo de

desenvolvimento de projeto. A técnica de preferência declarada foi utilizada visando identificar a hierarquia de valor desejado pelo usuário. Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo principal discutir a utilização em conjunto da APO e da técnica de preferência declarada para a captura e hierarquização de requisitos do usuário final de habitação de interesse social. Dessa forma, espera-se gerar subsídios para a inserção de melhorias nessas habitações por meio do processo de desenvolvimento de projeto.

MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada por meio da aplicação simultânea das técnicas de preferência declarada e da APO.

A investigação sobre o valor desejado na habitação de interesse social e a APO foram realizadas em um conjunto habitacional de interesse social na cidade de Londrina-PR, pertencente ao Programa Minha Casa Minha Vida 1. A pesquisa se limitou às unidades habitacionais de tipologia térrea, categorizadas em: modelo geminada, especial para pessoas portadoras de deficiência (PPD) e especial para idosos, conforme Figura 1. As unidades geminadas possuem 36,90 m², sala e cozinha compartilhadas, dois dormitórios e um banheiro e estão implantadas em terrenos localizados no meio da quadra, com área aproximada de 125 m² (5 m × 25 m); as unidades especiais para pessoas com deficiência (PCD) possuem 49,70 m² e as unidades especiais para idosos possuem 37,25 m², ambas com sala, cozinha, dois dormitórios, um banheiro e implantadas em terrenos no meio da quadra ou de esquina com área a partir de 250 m². Essas unidades foram entregues às famílias que se enquadram na faixa 1 do Programa Minha Casa Minha Vida 1 e que possuem renda entre zero e três salários mínimos.

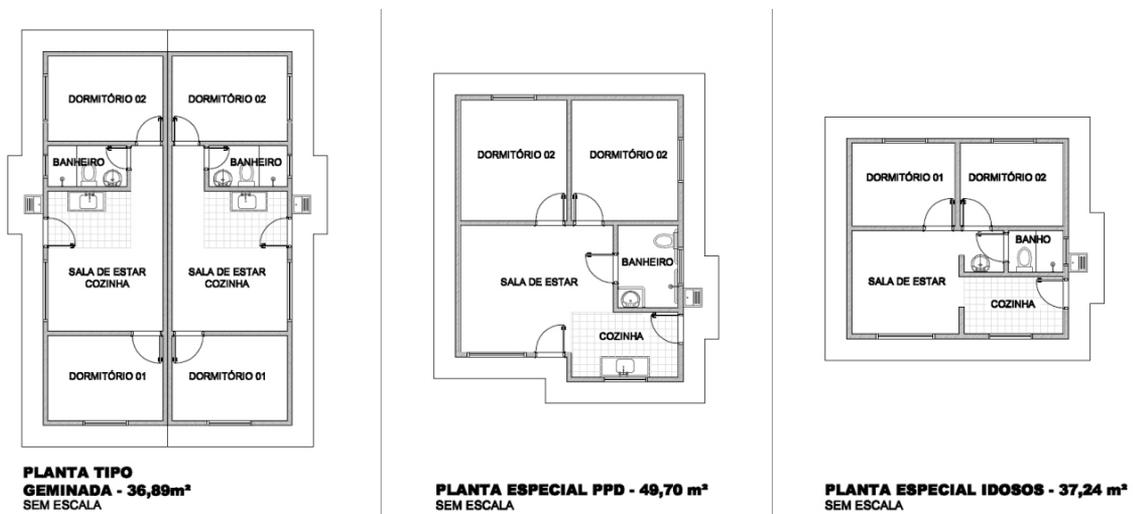


Figura 1. Plantas unidades habitacionais de tipologia térrea.

O universo da pesquisa considerado é o número de unidades habitacionais das tipologias escolhidas do conjunto habitacional analisado (Figura 2), que somam 1.272 unidades. O tamanho amostral foi definido seguindo os critérios para amostra estratificada conforme Ornstein e Romero (1992). Para a definição dos estratos foram considerados a tipologia, o dimensionamento do recuo frontal e a orientação solar das unidades. Foi adotado intervalo de confiança de 95,5% e margem de erro de 10%. Dessa forma, o tamanho amostral adotado foi de 93 unidades.

A técnica de preferência declarada ou análise de *trade-off* possui grande importância para estudos de demanda e comportamento do consumidor

e pode ser vista como um método para identificar as preferências dos usuários (BRANDLI; HEINECK, 2005). Os dados dessa técnica revelam “o mundo como ele poderia ser” (BRANDLI; HEINECK, 2005) e ela foi utilizada para definir a hierarquia de valor desejado para os usuários de HIS.

Essa técnica foi aplicada utilizando um jogo de cartas ilustradas, adaptado a partir do modelo desenvolvido por Granja et al. (2009). Esse jogo foi concebido para a aplicação da técnica (do tipo *ranking* no formato de um jogo de baralho) e contempla o modelo de valor adotado por Granja et al. (2009) e Kowaltowski e Granja (2011). O jogo é subdividido nas categorias (naipes): perspectiva financeira, qualidade espacial, qualidade do ambiente interno, percepções socioespaciais e valores culturais, conforme Figura 3.



Figura 2. Implantação do conjunto habitacional pesquisado. Fonte: Conceição e Imai (2013).



Figura 3. Cartas ilustradas para aplicação da técnica de preferência declarada. Adaptado de Granja et al. (2009)

O instrumento utilizado nesta pesquisa foi adaptado para ser utilizado com moradores de unidades habitacionais de tipologia térrea, diferentemente do instrumento original desenvolvido para aplicação com moradores de apartamentos.

A adaptação do instrumento seguiu os critérios definidos para o desenvolvimento do instrumento por Granja et al. (2009) e se limitou a alterações no texto das cartas. Além disso, foi criada a carta “Cômodos com formato mais adequado ao mobiliário”, no naipe qualidade espacial. A relação de naipes e suas respectivas cartas estão descritas na Tabela 1. Foram utilizados no total 5 naipes e 27 cartas.

Tabela 1. Relação de naipes e cartas ilustradas por Granja et al. (2009) e adaptação dos autores (2014).

CATEGORIAS (NAIPES) E ITENS - Granja et al. (2009)		CATEGORIAS (NAIPES) E ITENS - adaptação dos autores (2014)	
Perspectiva financeira		Perspectiva financeira	
V1	Gastar menos com prestações/financiamento/aluguel	PF1	Gastar menos com prestações/financiamento/aluguel
V2	Gastar menos com consertos, reparos e reformas	PF2	Gastar menos com consertos, reparos e reformas
V3	Ter oportunidade de negócios	PF3	Ter oportunidade de negócios
V4	Gastar menos com as contas de condomínio, água, luz, gás	PF4	Gastar menos com as contas de água, luz, outros
V5	Gastar menos com transportes	PF5	Gastar menos com transportes
Percepções socioespaciais		Percepções socioespaciais	
L1	Segurança	PS1	Segurança: do patrimônio e das pessoas
L2	O lugar	PS2	A localização
L3	Privacidade	PS3	Privacidade: entre vizinhos e com a rua
L4	Aparência do conjunto habitacional (fachadas, limpeza, cores, telhados, janelas, pisos, revestimentos, cor)	PS4	Aparência do bairro
L5	Áreas comuns (centro comunitário, quadras, parque de diversões)	PS5	Áreas públicas: praças, ruas ...
L6	Local para guardar o carro	PS6	Local para guardar o carro
Valores culturais		Valores culturais	
A1	Natureza (áreas verdes, árvores, flores)	VC1	Natureza (áreas verdes, árvores, flores)
A2	Edifícios com aparência de casas	VC2	A aparência das casas
A3	Edifícios com aparências variadas	VC3	Casas com aparência variada
A4	Conjuntos menores com menor número de prédios	VC4	Conjuntos menores, com menos casas
A5	Elementos decorativos	VC5	Elementos decorativos
Qualidade do ambiente interno		Qualidade do ambiente interno	
AZ1	Iluminação dentro do apartamento	QAI1	Iluminação dentro da casa
AZ2	Acústica do apartamento (evitar barulhos de fora, de vizinhos e entre cômodos)	QAI2	Acústica da casa (evitar barulhos de fora, de vizinhos e entre cômodos)
AZ3	Tamanho e localização das portas e janelas	QAI3	Tamanho e localização das portas e janelas
AZ4	Qualidade (pisos azulejos, vedação, pintura, esquadrias, hidráulica e elétrica)	QAI4	Qualidade (pisos azulejos, vedação, pintura, esquadrias, hidráulica e elétrica)
AZ5	Temperatura dentro do apartamento	QAI5	Temperatura dentro da casa
Qualidade espacial		Qualidade espacial	
R1	Novos espaços (varanda, quintal, jardim)	QE1	Novos espaços (varanda, quintal, jardim)
R2	Tamanho dos cômodos	QE2	Tamanho dos cômodos
R3	Apartamento com área maior	QE3	Casa com área maior
R4	Mais cômodos no apartamento	QE4	Mais cômodos na casa
R5	Disposição dos cômodos dentro do apartamento (localização de cada cômodo no apartamento)	QE5	Disposição dos cômodos dentro da casa
		QE6	CARTA ADICIONADA: Cômodos com formato mais adequado ao mobiliário

A aplicação do jogo de cartas ilustradas seguiu o mesmo protocolo indicado pelos autores do instrumento.

A interação com o usuário se iniciava explicando as regras do jogo, que é composto por 6 rodadas com cartas ilustradas. Cada rodada possui entre 5 e 6 cartas, que são expostas simultaneamente sobre uma superfície.

Em cada rodada é necessário que o usuário selecione o cartão mais importante dentre os que estão expostos, até que todos tenham sido selecionados. A primeira carta escolhida de cada rodada deve ser separada para compor a última rodada do jogo. A cada carta escolhida, a equipe deve registrar a resposta do usuário na ficha de respostas. É necessário que a cada rodada a equipe leia, de forma clara, as cartas expostas, e a cada seleção do usuário, as cartas restantes sejam relidas até que a aplicação dentro de cada naipe seja finalizada.

Após a aplicação das 5 rodadas dos naipes, deve ser aplicada a última rodada com as primeiras cartas de cada naipe selecionadas pelo usuário. Essa última rodada é composta pelas prioridades do usuário dentro de cada categoria, portanto, é na última rodada que o usuário irá hierarquizar suas prioridades dentre todos os naipes e cartas.

Essa metodologia é denominada de *stated choice*, segundo Schmitz (2001 apud GRANJA et al., 2009). A aplicação do jogo de cartas ilustradas foi realizada durante a APO, logo após o bloco de questões de caracterização do entrevistado e do perfil do familiar. O registro das respostas dos respondentes era realizado na ficha de respostas no formato de uma tabela.

Durante a análise dos dados da técnica de preferência declarada, foram calculados os valores IGI (Índice Geral de Importância) para cada carta, dentro das categorias, para as 5 primeiras rodadas e, posteriormente, de todas as cartas, para a 6ª rodada.

O IGI é uma variável criada para medir a importância de cada carta e tem como objetivo “captar resíduos de intenções e escolha que possam estar espalhados nas opções de prioridades menores” (ANSELMO; MAIA, 2008).

Para calcular o valor do IGI, primeiramente deve ser obtida a frequência de cada cartão em todas as posições de escolha dentro da categoria. Dessa forma, nas categorias Perspectiva Financeira, Valores Culturais e Qualidade do Ambiente Interno, as cartas poderiam ser escolhidas na 1ª, 2ª, 3ª, 4ª ou 5ª posição, e nas categorias Percepções Socioespaciais e Qualidade Espacial, há 6 posições possíveis para cada carta. Na última rodada, também há 5 posições possíveis, pois as cartas que a compõem são provenientes de 5 rodadas/categorias anteriores. Depois de obtidas as frequências, deve-se ponderá-las de acordo com a sua posição, conforme os quadros 1 e 2 abaixo.

Quadro 1. Demonstração de pesos adotados para cálculo do IGI naipes com 5 cartas.

Perspectiva Financeira					
Carta	1ª opção	2ª opção	3ª opção	4ª opção	5ª opção
PF1	5	4	3	2	1

Quadro 2. Demonstração de pesos adotados para cálculo do IGI naipes com 6 cartas.

Perspeção Socioespacial						
Carta	1ª opção	2ª opção	3ª opção	4ª opção	5ª opção	6ª opção
PS1	5	4,2	3,6	2,6	1,8	1

Para cada cartão, foi calculado o IGI somando-se as frequências ponderadas para cada opção e dividindo esse valor pelo somatório de todas as frequências ponderadas na categoria e transformando-o em uma taxa percentual. Procedeu-se dessa forma para cada carta dentro das categorias e para todas as cartas da última rodada (6ª rodada).

Posteriormente, foi utilizada inferência estatística para a construção de intervalos de confiança *bootstrap* com correção de Bonferroni, com

o auxílio do programa BioEstat 5.0. Os intervalos de confiança permitem avaliar a importância de cada carta dentre todas as cartas da categoria.

A correção de Bonferroni é realizada para ajustar o valor do nível de significância (α) em testes de comparações múltiplas para corrigir o erro do tipo I. Nesta pesquisa, o valor de α adotado foi de 5% e foi corrigido para α/c , onde c é o número de comparações possíveis (ANSELMO; MAIA, 2008).

Neste artigo, será apresentada a análise a partir de intervalos de confiança para hierarquizar os resultados da APO. Ressalta-se que será apresentado o resultado da última rodada das cartas, pois ela revela a hierarquização de todos os itens de valor pelo usuário.

A APO foi desenvolvida no nível indicativo, conforme Preiser, Rabinowitz e White (1988), o que possibilita identificar os principais aspectos positivos e negativos do objeto de estudo. Para tal, foi utilizada uma abordagem multimétodo por meio de entrevistas estruturadas presenciais e levantamento físico e fotográfico das unidades residenciais.

O objetivo da aplicação da APO foi identificar as necessidades e expectativas das famílias em relação à habitação e, a partir dessas informações, definir recomendações projetuais para subsidiar o desenvolvimento de projetos de HIS. A APO foi desenvolvida seguindo as etapas de preparação, desenvolvimento dos instrumentos de coleta de dados, tabulação e análise dos dados.

Foi realizado o levantamento de informações na COHAB-LDB para o desenvolvimento da APO. Essas informações foram obtidas por meio de documentos, projetos e perfil da população destinada ao conjunto.

O questionário foi estruturado em 6 blocos de questões objetivas e dissertativas, que são: caracterização do entrevistado, registro do jogo de cartas ilustradas sobre o valor desejado, procedência anterior, avaliação da habitação, avaliação da infraestrutura urbana e serviços sociais, modificações e/ou ampliações realizadas e pretendidas.

Para complementar a coleta de dados sobre as modificações e/ou ampliações realizadas e o layout de mobiliário, foram utilizadas fichas com as plantas das unidades para o registro por meio de esboços manuais, além do levantamento fotográfico das unidades. A aplicação da pesquisa foi realizada entre os meses de janeiro e março do ano de 2013.

Os dados foram tabulados e as análises estatísticas foram realizadas nos softwares R-Project, Bioestat e SPSS. Durante a tabulação e análise dos dados, buscou-se identificar os requisitos almejados para a habitação pela população entrevistada, e a partir deles, foram elaboradas recomendações projetuais.

A análise das modificações realizadas e pretendidas teve como objetivo identificar requisitos das famílias e, a partir destes, estabelecer recomendações projetuais para o desenvolvimento de novos projetos. Dessa forma, os dados coletados, por meio dos questionários, levantamentos físico e fotográfico, foram analisados simultaneamente para formar o conjunto de modificações realizadas, e os dados do questionário formaram o conjunto de modificações pretendidas.

Depois de elaborado o banco de dados, foram analisadas as frequências de cada uma das modificações para verificar a relevância de cada item que seria adotado como recomendação projetual. Dessa forma, foram listados os itens seguidos pela frequência obtida como modificação realizada, modificação pretendida e a frequência total, resultante do somatório das duas anteriores, e que revela o percentual da população que já realizou ou que deseja realizar o item descrito como recomendação projetual.

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta a distribuição da amostra, segundo a escolha dos respondentes na 6ª rodada, que contém todas as cartas. Dentre as cartas

selecionadas mais vezes como 1ª opção, destacam-se: “Segurança”, que foi escolhida por 20% e “Gastar menos com as contas de água, luz, outros”, que foi escolhida por 15,56%.

A Figura 4 é um gráfico de barras com os valores do IGI para cada cartão na 6ª rodada. Há destaque para as cartas: “Segurança” IGI=12,67, “Natureza” IGI=8,67, “Gastar menos com as contas de água, luz e outros” IGI=8,44, “Acústica dentro da casa” IGI=8,15 e “Mais cômodos na casa” IGI=7,48. Essas cartas somam 45,41% do IGI obtido nessa rodada. Esse resultado é muito similar ao encontrado por Granja et al. (2009), quando desenvolveram o instrumento e o aplicaram com moradores de apartamentos de empreendimento de habitação de interesse social da Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado de São Paulo (CDHU).

Tabela 2. Distribuição da amostra segundo as escolhas dos itens - todas as categorias.

Distribuição da amostra segundo as escolhas dos itens - categoria Todos					
TODOS OS ITENS					
Cartas	1ª OPÇÃO	2ª OPÇÃO	3ª OPÇÃO	4ª OPÇÃO	5ª OPÇÃO
Segurança: do patrimônio (roubo); das pessoas (crianças)	20,00	12,22	8,89	6,67	1,11
Gastar menos com as contas de água, luz, outros	15,56	5,56	7,78	1,11	1,11
Acústica dentro da casa (evitar barulhos: de fora, de vizinhos, entre cômodos)	10,00	5,56	10,00	6,67	6,67
Privacidade: entre vizinhos; com a rua (passeio);	8,89	2,22	3,33	4,44	2,22
Gastar menos com prestações, financiamento e aluguel	7,78	4,44	5,56	3,33	3,33
Mais cômodos na casa	6,67	7,78	7,78	10,00	4,44
Gastar menos com consertos, reparos e reformas	4,44	3,33	3,33	4,44	4,44
Qualidade construtiva	4,44	6,67	7,78	4,44	1,11
A Localização	3,33	1,11	1,11	2,22	1,11
Casas com aparência variada	3,33	2,22	1,11	2,22	8,89
Natureza (meio ambiente, árvores, áreas verdes, ar puro ...)	2,22	12,22	11,11	12,22	12,22
Iluminação dentro da casa	2,22	1,11	0,00	2,22	5,56
Tamanho dos cômodos	2,22	7,78	4,44	3,33	2,22
Casa com área maior	2,22	3,33	6,67	2,22	4,44
Áreas públicas (praças, ruas ...)	1,11	1,11	2,22	5,56	2,22
Local para guardar o carro	1,11	0,00	0,00	1,11	1,11
Conjuntos menores com menos casas	1,11	3,33	3,33	3,33	3,33
Tamanho e localização das portas e janelas	1,11	1,11	2,22	1,11	5,56
Temperatura dentro da casa	1,11	3,33	3,33	0,00	6,67
Novos espaços (varanda, quintal, jardim)	1,11	2,22	3,33	3,33	1,11
Ter oportunidade de negócios	0,00	4,44	1,11	7,78	2,22
Gastar menos com transportes	0,00	3,33	1,11	2,22	2,22
Aparência do bairro: fachadas, limpeza, cores, telhados, janelas ...	0,00	0,00	1,11	3,33	1,11
Aparência das casas	0,00	1,11	1,11	2,22	11,11
Elementos decorativos	0,00	1,11	1,11	0,00	0,00
Disposição dos cômodos dentro da casa (localização de cada cômodo na casa)	0,00	1,11	0,00	0,00	0,00
Cômodos com formato mais adequado ao mobiliário	0,00	2,22	1,11	4,44	4,44
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Os valores dos IGI foram calculados a partir dos valores obtidos na amostra e, dependendo da amostra selecionada, o valor do IGI poderá variar. Uma das alternativas para comparar os valores dos IGI e verificar quais itens são mais ou menos importante é a construção de Intervalos de Confiança (IC). Para a interpretação dos IC, deve-se considerar que, sob determinado nível de confiança, pode-se afirmar que o verdadeiro valor do IGI está entre os

valores do limite inferior e limite superior. Foram construídos intervalos de confiança pelo método *bootstrap* com correção de Bonferroni (Montgomery). Como há 27 cartas, portanto, 27 valores de IGI, o número de comparações possíveis duas a duas é de 351. Os intervalos de confiança para cada IGI foram construídos com 99,8% de confiança, pois assim será possível realizar as comparações entre os IGI com 95% de confiança.



Figura 4. Valores do IGI – todas as categorias/naipes.

Para verificar quais IGI diferem ou não entre si, é necessário comparar os intervalos de confiança, sendo que quando não há sobreposição dos IC, há diferença entre os IGI. Um exemplo é o IC do IGI do item “Segurança”, que varia de 9,9 a 15,3%, e o IC do IGI do item “Mais cômodos” na casa, que varia de 9,3 a 9,5%, não havendo sobreposição. Assim, o item “Segurança” pode ser considerado mais importante que o item “Mais cômodos”, pois não há sobreposição dos IC e o IGI do item “Segurança” é maior que o IGI do item “Mais cômodos”. Quando há sobreposição entre os IC, não há diferenças entre os IGI e um exemplo é o IC do item “Segurança”, que varia de 9,9 a 15,3%, e o IC do item “Natureza” que varia de 6,4 a 10,8%. O IGI do item “Segurança” (12,67%) é superior ao IGI do item “Natureza” (8,67%) e não há sobreposição entre os IC desses dois itens, portanto, não há diferenças no grau de importância entre esses dois itens. Na Figura 5, são apresentados os IGI e os respectivos IC para cada item.

Na análise dos resultados, os intervalos de confiança das cartas serão analisados a fim de hierarquizar as recomendações projetuais, resultados da APO.

A partir dos dados coletados na APO, foi definido o perfil das famílias entrevistadas. Observou-se que a idade dos proprietários é variada, sendo que 15% possuem entre 18 e 25 anos, 33% entre 26 e 35 anos, 33% possuem entre 36 e 55 anos e 16% possuem 55 anos ou mais. A maioria dos proprietários (80%) eram mulheres. A escolaridade dos proprietários pode ser caracterizada como baixa, sendo que 13% não frequentou a escola e 57% possui entre a 1ª série incompleta e a 8ª série completa. A maioria das famílias possui entre 1 e 4 pessoas (67%), havendo casos com famílias de até 11 pessoas. Em geral, as famílias vieram de moradias alugadas ou de áreas irregulares.

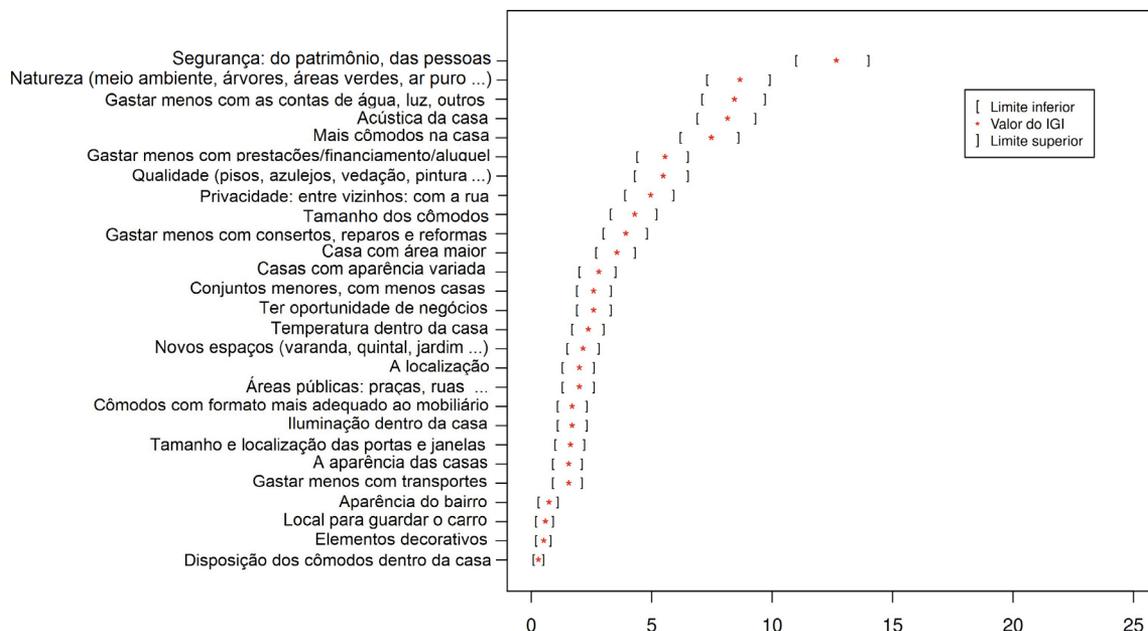


Figura 5. Intervalos de confiança (bootstrap) para o IGI – todos os naipes.

Os dados coletados referentes às avaliações da quantidade de ambientes da habitação, do tamanho dos ambientes, do tamanho dos ambientes para organizar o mobiliário e da infraestrutura urbana e serviços sociais, foram analisados a partir da média obtida para cada item, conforme Figura 6 e a moda para cada item.

Com relação à avaliação da quantidade de ambientes da habitação, observou-se que as famílias julgaram boa a quantidade de cômodos da casa. Porém, em relação ao tamanho dos ambientes, apenas o banheiro obteve avaliação acima da média e, segundo a moda, os ambientes, cozinha/sala e área de serviço foram avaliados como péssimos. Sobre o tamanho dos ambientes para a organização do mobiliário, apenas o banheiro obteve avaliação acima da média, sendo a área de serviço e a cozinha os cômodos piores avaliados através da média. Segundo a moda, apenas o banheiro foi avaliado como bom e os demais foram avaliados como péssimos. Também foram avaliados itens como segurança, circulação e integração, ventilação, temperatura no inverno, temperatura no verão, iluminação, privacidade visual, nível de ruído, aparência da casa e espaço livre. Dentre esses itens, foram avaliados acima da média, em ordem crescente: aparência da casa, espaço livre, temperatura no inverno e iluminação, e avaliados abaixo da média, em ordem decrescente: ventilação, segurança, privacidade visual, circulação e integração, temperatura no verão e o nível de ruído. No que se refere à moda, os itens circulação e integração, privacidade visual e nível de ruído foram avaliados como péssimos e os demais foram avaliados como bons.

Com relação à infraestrutura urbana e serviços sociais, foram avaliados os itens: abastecimento de água, instalações sanitárias, coleta de lixo, energia elétrica, pavimentação, educação – escolas, educação – creches, lazer, comércio, transporte público, saúde – postos de saúde e hospitais. Entre eles, foram avaliados acima da média, em ordem crescente: instalações sanitárias, pavimentação, energia elétrica, coleta de lixo, transporte público; e foram avaliados abaixo da média, em ordem decrescente: comércio, abastecimento de água, educação – creches, lazer, educação – escolas e saúde – postos de saúde e hospitais. Quanto à moda, os itens abastecimento de água, escolas, creches, postos de saúde e hospitais foram avaliados como péssimos e os demais avaliados como bons.

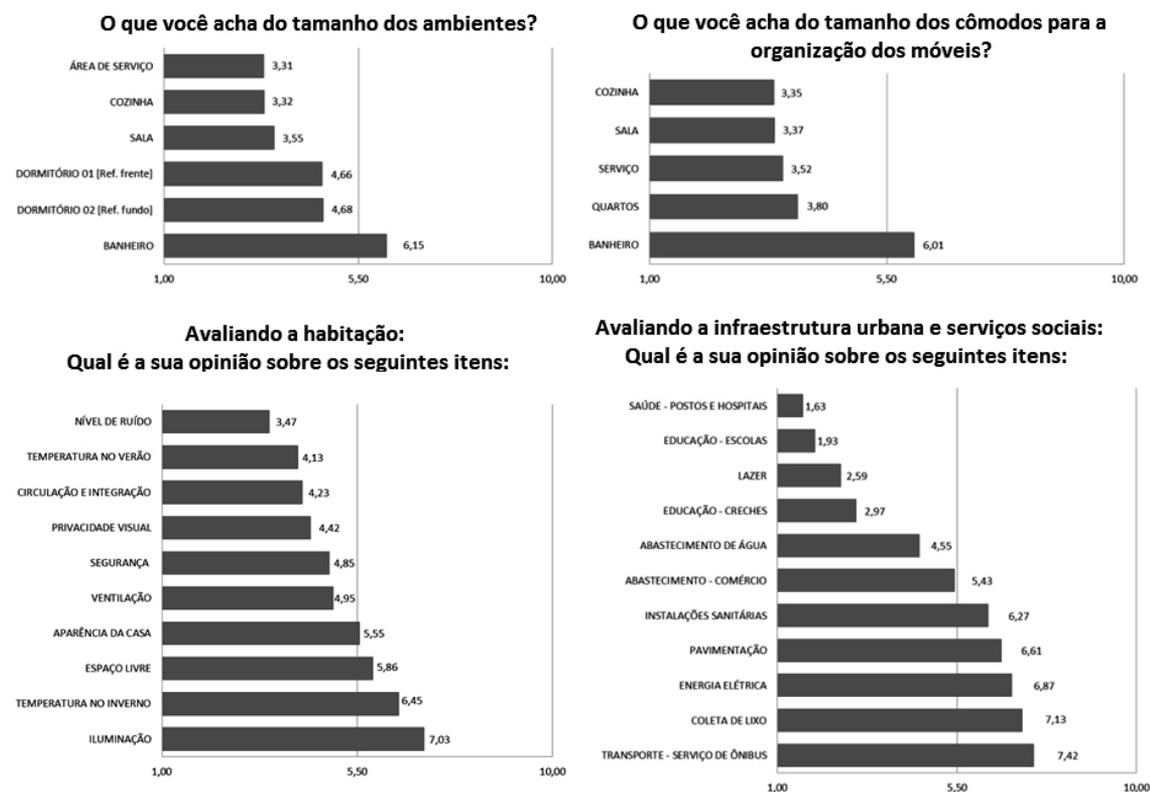


Figura 6. Avaliação da habitação, do tamanho dos ambientes, do tamanho dos ambientes para organizar o mobiliário e da infraestrutura urbana e serviços sociais.

Foi verificado que a falta de infraestrutura urbana possui relação direta com a avaliação da habitação. Fatores como a necessidade das mães trabalharem *versus* a falta de creches, falta de escolas *versus* famílias sem condições financeiras para o transporte escolar, por exemplo, geram uma diversidade de problemas sociais. Pode-se citar também a falta de assistência básica de saúde à população, o que dificulta ou deixa a população desprovida de acesso a direitos básicos como: consultas médicas de rotina, vacinas, acompanhamento pré-natal, tratamento odontológico, fornecimento de medicamentos, entre outros. A população também cita a dificuldade encontrada nos primeiros anos da implantação do conjunto habitacional, distante 10 km do centro da cidade e 3 km do subcentro mais próximo, com relação ao comércio de primeira necessidade.

As recomendações projetuais obtidas através da APO podem ser visualizadas na Tabela 3, na coluna “Recomendações projetuais” e estão organizadas conforme foram relacionadas às cartas que representam os itens de valor para o usuário final.

HIERARQUIZAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES PROJETUAIS SEGUNDO O VALOR DESEJADO PELO USUÁRIO

Na Figura 7, são apresentados os intervalos de confiança para os itens com recomendações projetuais. No Quadro 3, para auxiliar as comparações entre os IGI dos itens, foram usadas letras, sendo que não há diferenças entre as importâncias dos itens quando existe pelo menos uma letra em comum, e há diferenças quando não existe nenhuma letra em comum nos itens.

Por meio da análise dos intervalos de confiança, são identificadas seis inferências em que é possível hierarquizar os itens de valor e, conseqüentemente, as recomendações projetuais conforme a opinião do usuário final. As comparações podem ser verificadas na Tabela 3 e serão discutidas a seguir.

Quadro 3. Recomendações projetuais segundo hierarquia de valor desejado pelo usuário.

Limite inferior do IC de 95%	Valor do IGI*	Limite Superior do IC de 95%	Cartas com itens de valor - adaptado Granja et al. (2009)	Recomendações projetuais segundo hierarquia de valor desejado pelo usuário	Frequência (%) Modificações realizadas (MR)	Frequência (%) Modificações pretendidas (MP)	Frequência (%) Total : MR + MP	Gráfico
9.90	12,67 – A	15.30	Segurança: - do patrimônio (roubo); - das pessoas (crianças)	Prever fechamento do lote	62.36%	22.58%	84.94%	A
6.40	8,67 – AB	10.80	Natureza (meio ambiente, árvores, áreas verdes, ar puro,...)	Prever portão para acesso ao lote/casa	38.70%	3.20%	41.90%	B
5.30	7,49 – BC	9.50	Mais cômodos na casa	Reservar área para jardim e/ou horta	25.80%	x	25.80%	C
3.60	5,48 – BCD	7.30	Qualidade (vedação, pintura, esquadrias, acabamentos, hidráulica, elétrica)	Prever quantidade de quartos de acordo com a necessidade da família	5.40%	59.14%	64.54%	D
				Prever cozinha e sala em cômodos separados	x	28.00%	28.00%	
				Prever 2 banheiros	x	8.60%	8.60%	
				Prever piso interno	69.90%	3.25%	73.15%	
				Prever contrapiso externo	32.25%	1.10%	33.35%	
				Prever tanque grande e resistente	20.45%	x	20.45%	
				Prever fechamento da área de banho "box"	19.35%	x	19.35%	
				Prever pintura interna lavável	14.00%	x	14.00%	
				Prever revestimento lavável na Cozinha (área de pia + fogão)	4.30%	x	4.30%	
				Prever banheiro com azulejo em todas as paredes até o teto	2.15%	x	2.15%	
				Prever pia do banheiro com gabinete	2.15%	x	2.15%	
				Prever piso na área de serviço	1.10%	x	1.10%	
				Prever casa com laje	x	1.10%	1.10%	
				Prever área de serviço coberta	10.75%	20.45%	31.20%	E
2.80	4,30 – CDE	6.00	Tamanho dos cômodos	O lanchinho da cozinha deve ser adequado à atividades desenvolvidas	3.25%	18.30%	21.55%	
				O lanchinho dos quartos deve ser adequado ao número de pessoas para cada quarto	x	8.60%	8.60%	
				O lanchinho da sala deve ser adequado às atividades desenvolvidas e ao número de pessoas da família	x	5.40%	5.40%	
2.40	3,92 – CDEF	5.50	Gastar menos com consertos, reparos e reformas	Prever sistemas de edificação (hidráulico, elétrico, ...) que minimizem a necessidade de reparos e manutenção	x	3.25%	3.25%	
1.50	2,81 – DEF	4.20	Casa com aparência variada	Prever pintura externa da habitação diversificada	11.83%	2.15%	13.98%	F
1.30	2,59 – DEF	3.90	Ter oportunidade de negócios	Prever pintura das portas e janelas	3.25%	x	3.25%	
1.10	2,15 – EFG	3.30	Novos espaços (varanda, quintal, jardim, ...)	Possibilitar a utilização de um cômodo para atividade profissional	2.15%	2.15%	4.30%	
				Prever área coberta no fundo do lote para o lazer da família	8.60%	5.40%	14.00%	
				Prever local para a construção de varanda	4.30%	7.50%	11.80%	
				Prever local para a construção de dependência (3 cômodos)	x	6.50%	6.50%	
				Prever local para a construção de depósito	2.15%	x	2.15%	
1.00	2,00 – EFG	3.10	Áreas públicas (praças, ruas, ...)	Executar calçada	x	1.10%	1.10%	
0.70	1,63 – EFG	2.80	Tamanho e Localização das portas e janelas	As portas e janelas devem ser localizadas melhorando a privacidade e segurança para a família	x	2.15%	2.15%	
0.60	1,56 – FG	2.60	Aparência das casas	Prever a composição da fachada das casas	x	1.10%	1.10%	
				Prever implantação da casa no nível igual ou superior ao da rua (para casas abaixo do nível da rua)	x	1.10%	1.10%	
0.10	0,59 - G	1.20	Local para guardar o carro	Prever local para a construção de garagem coberta	9.68%	10.75%	20.43%	G

* os valores dos IGI's são seguidos por letras, e ao nível de confiança de 95% não há diferenças entre os IGI's que tem pelo menos uma letra em comum, e há diferenças quando não há nenhuma letra em comum entre os IGI's.

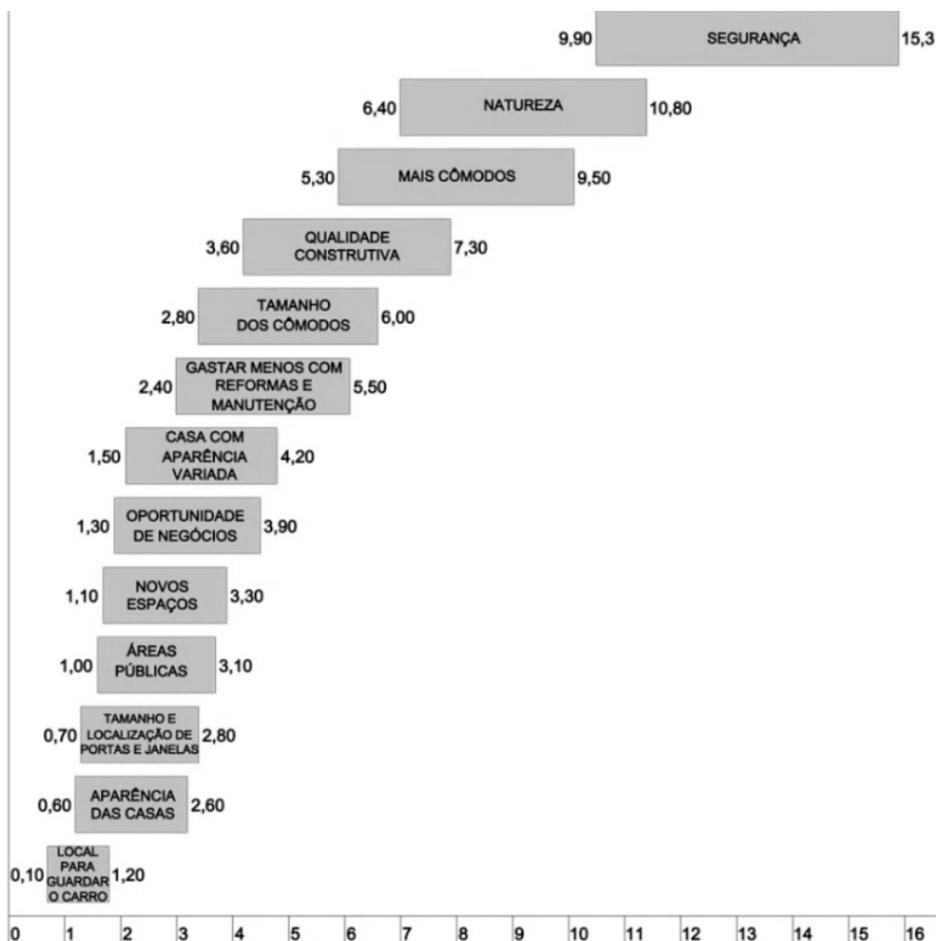


Figura 7. Intervalos de confiança (bootstrap) para o IGI - itens com recomendações projetuais.

Tabela 3. Hierarquização dos itens de valor a partir dos intervalos de confiança (bootstrap) para o IGI.

Resultados	Limite inferior do IC 95%	Valor do IGI*	Limite superior do IC de 95%	Cartas com itens de valor - adaptado Granja et al. (2009)
1ª Inferência	9,90	12,67 - A	15,30	Segurança: do patrimônio, das pessoas
	5,30	7,49 - BC	9,50	Mais cômodos na casa
2ª Inferência	9,90	12,67 - A	15,30	Segurança: do patrimônio, das pessoas
	6,40	8,67 - AB	10,80	Natureza (meio ambiente, árvores, áreas verdes, ar puro ...)
3ª Inferência	2,80	4,30 - CDE	6,00	Tamanho dos cômodos
	5,30	7,49 - BC	9,50	Mais cômodos na casa
4ª Inferência	1,50	2,81 - DEF	4,20	Casa com aparência variada
	3,60	5,48 - BCD	7,30	Qualidade (vedação, pintura, esquadrias, acabamentos, hidráulica, elétrica ...)
5ª Inferência	1,10	2,15 - EFG	3,30	Novos espaços (varanda, quintal, jardim ...)
	2,80	4,30 - CDE	6,00	Tamanho dos cômodos
6ª Inferência	0,60	1,56 - FG	2,60	Aparência das casas
	2,40	3,92 - CDEF	5,50	Gastar menos com consertos, reparos e reformas
	0,10	0,59 - G	1,20	Local para guardar o carro

Na primeira análise desta pesquisa, o item “Segurança” se destacou como o mais importante para os usuários em relação aos itens “Mais cômodos” e demais itens com valor do IGI inferior a 7,48. A partir desse resultado, verifica-se que, embora a habitação entregue para essa população, em muitos casos, não satisfaça as necessidades das famílias devido ao seu dimensionamento ou à composição espacial, esses itens têm sua importância reduzida quando comparados à questão da segurança. As recomendações projetuais relacionadas à segurança foram: “prever fechamento do lote” e “prever portão de acesso ao lote ou à casa”. Observa-se que esse item se sobressaiu diante dos demais devido à experiência vivenciada pela população no momento da pesquisa, caracterizada pela implantação das unidades geminadas lado a lado, com portas e janelas alinhadas, inexistência de delimitações físicas da propriedade privada, assim como portões para limitar o acesso de estranhos, crianças, animais, entre outros fatores. Segundo a própria população, outro fator que justificaria a sensação de insegurança é a origem das famílias do conjunto, sendo estas, na maioria, de diversas áreas irregulares (fundos de vale), além da distância do conjunto do centro da cidade (10 km) e do subcentro mais próximo (3 km). Frente a isso, a primeira oportunidade de intervenção da família é focada na construção de um muro entre as casas, pelo menos do comprimento da unidade, mesmo que improvisado, e portões dos dois lados do recuo lateral, sendo estes também muitas vezes improvisados. Dessa forma a população evita a circulação livre entre as unidades.

Na segunda análise pode-se concluir que os itens “Segurança” e “Natureza” são mais importantes do que os itens “Tamanho dos cômodos” e itens com valor do IGI menor do que 4,30. A partir dessa análise conclui-se que, além da “Segurança”, a “Natureza” também possui maior importância do que o dimensionamento da habitação. Esses itens estão relacionados à área do conjunto habitacional e, provavelmente devido a sua proporção, tenham sua importância aumentada para a população.

A recomendação projetual relacionada ao item “Natureza” é “prever área para jardim ou horta”. Essa recomendação reforça a origem dessa população, sendo a maioria de áreas irregulares (fundos de vale) e com atividades relacionadas a terra. A população destacou esse aspecto devido à inexistência de arborização no conjunto, o que incomoda os usuários principalmente em dias ensolarados, devido à ausência de sombras nas ruas.

A respeito da natureza, é possível citar a recomendação “executar calçada”, relacionada nesta pesquisa à carta “Áreas públicas”. Essa recomendação complementa o item Natureza, uma vez que pode possibilitar a criação de áreas verdes ao longo do bairro, se as calçadas fossem realizadas conforme o padrão estabelecido pelo município (Lei nº 11.381/2011), que prevê faixa de grama de 70 cm de largura e o plantio de uma árvore a cada 5 ou 10 metros, conforme solicitação da Secretaria Municipal do Ambiente. No empreendimento pesquisado, as calçadas não foram entregues prontas e, diante de outras necessidades, as famílias acabam não as executando até que finalizem suas prioridades. No entanto, a inexistência da calçada prejudica a limpeza das unidades, o acesso da área pública até a habitação, seja de pessoas ou veículos, e a acessibilidade fazendo com que as pessoas caminhem pela rua próxima ao meio fio.

Essa constatação nos chama atenção, pois as duas recomendações projetuais mais importantes para a população estão relacionadas ao conjunto habitacional e ao exterior da habitação e não à composição espacial e dimensionamento da unidade habitacional.

A importância da Segurança e da Natureza foi confirmada no empreendimento estudado, uma vez que esses resultados vão de encontro àqueles obtidos por Granja et al. (2009) quando aplicaram o instrumento com famílias que moravam em apartamentos de empreendimentos habitacionais de interesse social em Campinas e região, ressaltando a

importância desses aspectos para a população do estudo como um todo independentemente da tipologia da edificação de sua moradia.

Na terceira análise, o item “Mais cômodos” é mais importante para a população em relação ao item “Casa com aparência variada”, “Ter oportunidade de negócios” e demais itens que tiveram o valor do IGI menor do que 2,81. A primeira recomendação relacionada a essa carta diz respeito à quantidade de dormitórios de acordo com a necessidade da família. Apesar de a casa entregue possuir 2 dormitórios, observou-se que para as famílias com mais de 4 pessoas, há descontentamento em relação à quantidade e tamanho dos dormitórios, bem como o tamanho da sala e da cozinha, que em muitos casos é utilizado apenas como cozinha. Nesse sentido, torna-se necessário investigar a real necessidade de cada família sobre a quantidade de dormitórios, uma vez que a organização e ocupação dos cômodos são distintas entre as famílias e há coabitação em diversas habitações.

Sobre o item “Mais cômodos”, a recomendação “prever cozinha e sala em cômodos separados” é citada pelos usuários devido à dimensão reduzida da cozinha, que não permite a utilização simultânea do ambiente como sala e cozinha, sendo necessário que o usuário opte, por exemplo, pela mesa com cadeiras ou conjunto de sofás. A localização da cozinha também incomoda os usuários, pois a bancada de trabalho está na área de acesso à habitação, tornando perigosa a utilização do fogão. A recomendação “prever 2 banheiros” é uma alteração almejada pela população que pretende construir um segundo banheiro social na casa ou um banheiro no fundo do lote em uma área coberta de lazer para a família ou junto a uma suíte.

Na quarta análise conclui-se que o item “Qualidade construtiva” é mais importante do que os itens “Novos espaços”, “Áreas públicas”, “Tamanho e localização de portas e janelas” e demais itens com valor do IGI inferior a 1,63. Por meio dessa análise, pode-se verificar que embora nas primeiras análises apresentadas os itens estejam relacionados à qualidade do conjunto habitacional e sua interferência na unidade habitacional, em seguida, as preferências dos usuários estão relacionadas à quantidade de cômodos e à qualidade construtiva. Nesse item de valor as recomendações projetuais identificadas foram: piso interno, contrapiso externo, tanque grande e resistente, fechamento da área de banho (box), pintura interna lavável, revestimento lavável na cozinha (área de piso e fogão), revestimento do banheiro de azulejo em todas as paredes até o teto, prever pia do banheiro com gabinete, prever piso na área de serviço e prever casa com laje.

O item que abordou o piso interno da habitação identificou problemas com relação à manutenção/limpeza, pois a casa foi entregue com contrapiso em grande parte da área da casa (Figura 1), gerando reclamações sobre a dificuldade de limpeza, além de modificações como a aplicação de cimento queimado, pintura do piso ou instalação de piso cerâmico. A população relata problemas com a limpeza da habitação, principalmente em dias de chuva, e observou-se que 32,25% das famílias executou o contrapiso na área externa da habitação, principalmente na área do recuo lateral por onde é realizado o acesso. Foi verificado que 20,45% da população realizou a substituição do tanque entregue na casa por um tanque duplo de concreto, devido ao elevado volume de roupas em função do tamanho da família que, em muitos casos, não possui equipamentos para auxiliar o processo de lavagem das roupas. No banheiro, 19,35% da população fez a instalação de box para fechamento da área de banho.

A população também relatou a dificuldade de manter a limpeza das paredes da habitação e, em resposta, eles realizam a repintura dessas áreas. Nesse sentido, foi gerada a recomendação “prever pintura interna lavável”. Com relação à dificuldade de limpeza das áreas de parede próximas ao fogão, a população instalou azulejo do piso ao teto ou realizou a pintura periodicamente no trecho de parede lateral do fogão e na parede da pia. A partir dessas informações foi definida a recomendação “prever revestimento lavável na cozinha – área da pia e fogão”. Parte das famílias

(2,15%) substituiu o piso e azulejo do banheiro por outro revestimento cerâmico em todas as paredes do piso ao teto e essa mesma proporção de famílias substituiu a pia do banheiro (lavatório de coluna) por um modelo com gabinete. A colocação de piso na área de serviço é citada por 1,1% da população. Em relação ao teto da habitação, apesar de apenas 1,1% das famílias desejar fazer laje em toda a habitação, sua importância é destacada quando é questionado a cada família como ela construiria sua casa.

Na quinta análise, é possível inferir que o item “Tamanho dos cômodos” é mais importante do que o item “Aparência das casas” e demais itens com valor do IGI inferior a 1,56. Portanto, as recomendações: “Prever área de serviço coberta”, “O tamanho da cozinha deve ser adequado às atividades desenvolvidas”, “O tamanho dos quartos deve ser adequado ao número de pessoas para cada quarto”, “O tamanho da sala deve ser adequado às atividades desenvolvidas e ao número de pessoas da família” são mais importantes do que “Prever a composição da fachada das casas”, “Prever implantação da casa no nível da rua (para casas abaixo no nível da rua)” e “Prever local para a construção de garagem coberta”, confirmando a importância da captura dos requisitos de cada família para a definição dos ambientes, funções e seu dimensionamento.

A cobertura da área de serviço é realizada e almejada pela população que relata a dificuldade encontrada em lavar roupas em épocas de chuva e/ou de ter equipamentos que auxiliem essa tarefa e que possam ficar permanentemente na área de serviço. Sobre a recomendação “prever cozinha em cômodo separado”, os moradores citam que a área da cozinha não permite desenvolver satisfatoriamente atividades como: preparar refeições, fazer as refeições em família, guardar alimentos, guardar utensílios, receber visitas e/ou fazer salgados e doces para vender. A partir dessas informações foi definida a recomendação de que a cozinha deve ter tamanho adequado às atividades que serão desenvolvidas (CONCEIÇÃO; IMAI, 2013).

Foi verificado nesta pesquisa que famílias com mais de 4 pessoas relatam que os dormitórios são pequenos e que elas utilizam a área da sala e da circulação da casa para a colocação de colchões, 8,6% da população pretende ampliar os dormitórios existentes e 59,14% pretende construir mais dormitórios. A partir dessas informações foi definida a recomendação sobre a necessidade de dimensionar os dormitórios de acordo com o número de pessoas que o ocupam.

Conforme citado anteriormente, devido à sala e à cozinha serem compartilhados, em geral quando a família é pequena, esta a utiliza apenas como cozinha e transforma o dormitório da frente em sala e, quando a família é grande, utilizam o cômodo apenas como cozinha e a habitação fica sem sala. A população revela que deseja ter uma sala para desenvolver atividades como assistir televisão, estudar, utilizar computador, para as crianças brincarem e receber visitas, nesse sentido foi estabelecida a recomendação “prever o tamanho da sala a partir das atividades que serão desenvolvidas nesse ambiente e número de pessoas da família”.

Também é possível inferir que os itens “Gastar menos com consertos, reparos e reformas”, “Ter oportunidade de negócios” e “Casa com aparência variada”, são mais importantes do que o item “Local para guardar o carro”. Essa constatação nos permite avaliar que embora a construção da garagem tenha sido realizada por 9,68% da população e seja almejada por 10,75%, há outros itens mais importantes para a população. Acredita-se que a construção da garagem possivelmente é um requisito específico para algumas famílias, sendo necessário realizar mais pesquisas com o intuito de compreender a motivação das famílias para a construção da garagem. Nesta pesquisa observou-se que as famílias que executaram garagem coberta a utilizam como varanda, área para comércio, área para as crianças brincarem e foi citada pela população como um item para valorizar a unidade habitacional.

O item “prever sistemas da edificação que minimizem a necessidade de reparos e manutenção” foi identificado, pois os moradores relatam problemas de manutenção com o sistema elétrico, hidráulico, cobertura e aquecedor solar. A população cita a pintura externa da habitação como um item importante, pois garante a identidade da família e facilita a identificação das unidades no conjunto, sendo que 11,83% da população pintou o exterior da habitação. Foi adicionada também a recomendação “prever pintura das portas e janelas”, que foi executada por 3,25% das famílias. Algumas famílias desejam ter atividade profissional junto à habitação; 2,15% construiu uma estrutura para desenvolver esse tipo de atividade e a mesma proporção deseja construir. Em geral, as atividades desenvolvidas ou almejadas pelos entrevistados são: oficina mecânica, oficina de costura, cabelereiros e manicures, bazares, mercearias, bares, cozinhas para fabricação de doces e salgados.

CONCLUSÃO

A utilização da técnica de preferência declarada e da APO, com foco na captura de requisitos do usuário foi satisfatória, pois, apesar das avaliações da habitação serem específicas e as cartas de valor indicarem aspectos genéricos, quando combinadas, permitiram gerar informação clara e hierarquizada sobre a preferência dessa população para a habitação. A análise realizada por meio de intervalos de confiança se mostrou clara e eficaz para a análise dos resultados, embora as inferências realizadas sejam poucas em relação à quantidade de informações coletadas e utilizadas na análise, o conhecimento obtido pode auxiliar nas tomadas de decisões durante o desenvolvimento de HIS.

Nesse sentido, podemos verificar que a avaliação da habitação na APO indica uma clara insatisfação em relação ao tamanho dos ambientes, sendo praticamente todos eles avaliados abaixo da média, localizados em uma escala de valores que variou entre péssimo e ruim. Isso é notadamente verificado nos ambientes da cozinha, sala e área de serviço. Da mesma forma, a organização dos móveis e a circulação e integração também são avaliadas negativamente. As recomendações projetuais identificadas nas preferências declaradas em uma escala hierarquizada, no entanto, indicam uma maior importância em relação à quantidade de cômodos do que em relação ao tamanho dos mesmos. Dessa forma, a preferência declarada e a APO são complementares, pois a percepção dos usuários de que os ambientes são pequenos é devido à sobreposição de funções e não necessariamente às medidas do ambiente. A sala e cozinha conjugadas (cozinha americana) imaginadas pelo projetista são interpretadas pelo usuário apenas como cozinha, sendo que, na percepção das pessoas, falta o ambiente da sala.

As demais inferências encontradas nos índices gerais de importância indicam a prioridade da questão de segurança que, muitas vezes, se soma às questões de privacidade e conforto acústico derivadas da solução de projeto adotada na casa geminada. Nesse sentido, as cartas sobre a preferência declarada indicam que a segurança do patrimônio e das pessoas são a prioridade para esses usuários. Esses aspectos estão claramente indicados pelas respostas declaradas em relação às moradias, pois indicam a intenção de fechar com muros as divisas de seus lotes e prever portão de acesso às casas. Na percepção dos usuários, essas soluções melhoram as condições de segurança, ao mesmo tempo em que ampliam o conforto acústico e a privacidade, sendo estes dois aspectos avaliados como primeiro e quarto piores da habitação na APO.

Ao avaliarmos conjuntamente os resultados da técnica de preferência declarada e da APO, estas se mostraram eficazes para hierarquizar as recomendações projetuais. As cartas ilustradas baseadas no conceito de valor para o usuário tiveram, em alguns casos, certa dificuldade da população em compreender as cartas/itens de valor e em selecionar suas

prioridades. A correlação dos usuários com o contexto real pode auxiliar, pois permite uma maior identificação dos problemas vivenciados com as preferências ou desejos em relação à moradia.

Os dois métodos aplicados conjuntamente, além de definir recomendações projetuais, possibilitam compreender o modo de morar da população de habitação de interesse social por meio da aproximação com a realidade e o reconhecimento das suas reais necessidades. Através da aproximação e experimentação na habitação, o usuário consegue expressar suas necessidades não atendidas e, dessa forma, contribuir gerando informações para o desenvolvimento de novos projetos.

Com relação à hierarquização das recomendações projetuais, pode-se concluir que a habitação deve ser projetada pautada nos requisitos da população para as unidades habitacionais e para o conjunto habitacional, que contextualizam a realidade vivenciada no seu dia a dia. Durante o desenvolvimento do projeto, deve-se estar atento em relação ao conjunto habitacional (bairro) e à percepção dos usuários sobre a qualidade da habitação, tendo em vista que o nível de satisfação das pessoas é baixo em relação ao contexto urbano.

Nesta pesquisa ressalta-se a importância dada pelos usuários à segurança e à natureza, bem como as soluções que as famílias têm realizado e pretendem realizar nas unidades habitacionais visando melhorar esses dois aspectos. Foi possível identificar que os itens ambientes/funções e dimensionamento para a definição do programa arquitetônico, e a qualidade construtiva são os que mais se destacaram dentre aqueles relacionados diretamente à unidade habitacional.

Nesse sentido, é necessário desenvolver novas pesquisas visando a compreender melhor os requisitos individuais das famílias que habitam os conjuntos habitacionais, as características dessas famílias e quais são as suas necessidades, para que essas informações possam subsidiar o processo de desenvolvimento do produto habitação durante o processo de projeto. As informações geradas na APO e na TPD, bem como o procedimento utilizado para gerá-las, podem direcionar novas pesquisas com o intuito de viabilizar a incorporação das recomendações projetuais nos novos projetos, bem como viabilizar uma sistemática para efetuar a captura dos requisitos dos usuários de forma constante e atualizada e para considerá-los durante o processo de desenvolvimento de projetos.

Por fim, acredita-se que a utilização do conceito de customização em massa pode unir pesquisas de diversas áreas sobre a temática da habitação de interesse social com o objetivo de gerar valor para o usuário final, por meio de um maior atendimento dos requisitos individuais das famílias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de mestrado concedida; à equipe que colaborou na aplicação da pesquisa; ao grupo Inovahab pelo auxílio prestado; à Companhia de Habitação de Londrina (COHAB-LDB) pelas informações fornecidas e aos moradores por partilharem um pouco de suas vidas conosco e, assim, possibilitar esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANSELMO, C. A. F.; MAIA, R. P. **Relatório Técnico. Inferências Estatísticas da Aplicação dos Cartões Ilustrados na CDHU**. Campinas, 2008. 38 p.

BARLOW, J.; OZAKI, R. Achieving "Customer Focus" in Private Housebuilding: current

practice and lessons from other industries. **Housing Studies**, v. 18, n. 1, p. 87-101, 2003.

BRANDLI, L. L.; HEINECK, L. F. M. As Abordagens dos Modelos de Preferência Declarada e Revelada no Processo de Escolha Habitacional. **Ambiente**

- Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 61-75, abr./jun. 2005.
- CONCEIÇÃO, P. A.; IMAI, C. Hábito de consumo de mobiliário em habitações de interesse social: um estudo de caso no Conjunto Residencial Vista Bela – Londrina – PR. In: IX ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA, 2013, Maringá. **Anais...** Portal de eventos: UEM, 2013. p. 1-11.
- GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; FONTANINI, P. S. P.; BARROS, L. A. F.; PAOLI, D.; et al. A Natureza do valor desejado na habitação social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 87-103, abr./jun. 2009
- HUOVILA, P.; SERÉN, K. J. Customer-Oriented Design for Construction Projects. **Journal of Engineering Design**, v. 9, n. 3, p. 225-238, 1998.
- KOSKELA, L. **An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction**. 2000, 296 f. These (Doutorado em Tecnologia) – Technical Research Centre of Finland – VTT, Helsinki, 2000.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; GRANJA, A. D. The concept of desired value as a stimulus for change in social housing in Brazil. **Habitat International**, v. 35, p. 435-446, 2011.
- LEITE, F. L. **Contribuições para o Gerenciamento de Requisitos do Cliente em Empreendimentos do Programa de Arrendamento Residencial**. 179 f. 2005. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- LIMA, L. P.; FORMOSO, F. T.; ECHEVESTE, M. E. S. Proposta de um protocolo para o processamento de requisitos do cliente em empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 21-37, abr./jun. 2011.
- LONDRINA. **Lei municipal nº 11.381, de 21 de novembro de 2011**. Institui o Código de Obras e Edificações do município de Londrina. Londrina, 2011.
- MEDVEDOVSKI, N. S. **Diretrizes especiais para regularização urbanística, técnica e fundiária de conjuntos habitacionais populares**. In: ABIKO, A.K.; ORNSTEIN, S.W. (Orgs.). **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**, São Paulo, SP, v. cap. 6, p. 130-159, 2002.
- MIRON, L. **Proposta de diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da construção**. 2002. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- MIRON, L. I. G. **Gerenciamento dos Requisitos dos Clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social: proposta para o programa integrado entrada da cidade em Porto Alegre, RS**. 2008. 351 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- MOREIRA, D. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Discussão sobre a importância do programa de necessidades no processo de projeto. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 31-45, abr./jun. 2009.
- ORNSTEIN, S. W.; ROMÉRO, M. **Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído**. São Paulo: Studio Nobel, 1992.
- PREISER, W. F. E.; RABINOWITZ, H.Z.; White, E.T. **Post-occupancy evaluation**, Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1988.
- RHEINGANTZ, P. A. et al. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- VOORDT, T. J. M. van der; WEGEN, H. B. R van. **Arquitetura sob o olhar do usuário**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 237p.
- WEBSTER, F. E. J. (1994). Executing the new marketing concept. **Marketing Management**, n. 3, p. 1-9.
- WOODRUFF, R. B. Customer Value: the Next Source for Competitive Advantage. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 25, n. 2, p. 139-153, 1997.

Priscilla Assis Conceição
ac.priscilla@gmail.com

César Imai
cimai@uel.br

Mariana Ragasi Urbano
mariana.ragasi@gmail.com

INTEGRATED DESIGN OF INDUSTRIALIZED BUILDING SYSTEMS: THE TECHNOLOGY CENTER OF THE SARAH NETWORK – CTRS, BRAZIL

Projeto Integrado de Sistema Construtivo industrializado: Centro de Tecnologia da Rede Sarah – CTRS, Brasil

Marieli Azoia Lukiantchuki¹, Michele Caroline Bueno Ferrari Caixeta¹, Márcio Minto Fabricio¹

ABSTRACT The design process of a building should be a collective activity, with the participation of different specialties. In these processes, an effective coordination is necessary to foster interactivity among the design team. In Brazil, the hospital design process developed by the architect João Filgueiras Lima at the Centro de Tecnologia da Rede Sarah Kubitschek (CTRS) [Technology Center of the Sarah Kubitschek Network] is an important example of integrated design of industrialized buildings, encompassing all stages of the building process. The CTRS was an innovative experience in the construction industrialization in Brazil, and also a major center of research. The present study analyzes the integrated design process of the CTRS through a case study based on direct observations, guided visits, surveys for data collection carried out in the CTRS design collection, and interviews with the architect João Filgueiras Lima, also known as Lelé, and professionals of his team. The results show the development of all stages of the building in the CTRS, from the planning to the maintenance, which facilitates the design process and improves the building functioning.

KEYWORDS: Integrated design, Design process, Healthcare architecture, Lelé, CTRS.

RESUMO O processo de projeto um edifício deve ser uma atividade coletiva, com a participação de diferentes especialidades. Nesses processos, uma coordenação eficaz é necessária para promover a interatividade entre os membros da equipe de projeto. No Brasil, o processo de projeto de hospitais desenvolvido pelo arquiteto João Filgueiras Lima no (CTRS) é um importante exemplo de projeto integrado de edifícios industrializados, abrangendo todas as fases do processo de construção. O CTRS foi uma experiência inovadora na industrialização da construção no Brasil, e também é um importante centro de pesquisa. O presente estudo analisa o processo de concepção projeto integrado do CTRS por meio de um estudo de caso com base em observações diretas, visitas guiadas, pesquisas para coleta de dados realizada na coleção de projetos do CTRS e entrevistas com o arquiteto João Filgueiras Lima, mais conhecido como Lelé, e com os profissionais de sua equipe. Os resultados mostram o desenvolvimento de todas as etapas da construção no CTRS, desde o planejamento até a manutenção, o que facilita o processo de projeto e melhora funcionamento do edifício.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto integrado, Processo de projeto, Arquitetura de edifícios de saúde, Lelé, CTRS.

¹Universidade de São Paulo

INTRODUCTION

Building design and construction have been frequently analyzed as inefficient (GALLAHER et al., 2004; OWEN, 2009; OWEN et al., 2010; VAN NEDERVEEN; BEHESHTI; RIDDER, 2010). Due to the increasing scale and the complexity of design processes, traditional approaches may no longer be appropriated (VAN AKEN, 2005). In this context, Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS) may play an important role in the reduction of time and costs of construction, increasing value to clients (OWEN, 2009).

How to cite this article:

LUKIANCHUKI, M. A.; CAIXETA, M. C. B. F.; FABRICIO, M. M. Integrated design of industrialized building systems: The Technology Center Of the Sarah Network - CTRS, Brazil. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 103-118, jan./jun. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.95913>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 05 mar. 2015

Aceito em: 06 maio 2015



In Brazil, the hospital design process developed by the architect João Filgueiras Lima at the Technology Center of The Sarah Network of Rehabilitation Hospitals (CTRS) is an important example of integrated design of industrialized buildings. It encompasses all stages of planning, designing, production, assembling and maintenance, with collaborative work involving a multidisciplinary team coordinated by João Filgueiras Lima. The CTRS was an innovative experience of technological creation in the industrialization of construction in Brazil, and a major center of research.

The CTRS was established in 1992 with the important leadership of the architect João Filgueiras Lima, being focused on the production of rehabilitation hospitals. João Filgueiras Lima left the CTRS in 2012, passing away at May of 2014.

According to Segawa (2011), besides being a factory, the CTRS is a technological research system established to expand the Hospitals of The Sarah Network throughout the national territory. The main objective of the center is to design and build hospitals, to design and produce hospital equipment, to promote the maintenance of the buildings, and to adapt the spaces of the units to the new functional demands and to the new hospital technologies. In addition, employees were trained in the center on medical and technological innovations.

Mr. Lima improved his architectural design skills in the CTRS by creating elements using his own formal repertoire, taking advantage of more functional and bright shapes through the industrialization of construction. His designs developed at the CTRS are characterized by a high level of details, which is crucial to ensure the quality of buildings.

This study aims to describe the integrated design process at the CTRS and the interaction between the infrastructure of the production at that factory and design activities, along with the several stages of the design process. The importance of the integrated design to the development of the product is also highlighted to value the relationship with clients, and to reduce time and costs, thus emphasizing the work of the designers throughout the process. The processes of production have been addressed in another article published by the authors Lukiantchuki, Caixeta and Fabricio (2011). The case study method was the one here applied, and the data were collected using multiple evidence sources, such as direct observations, open-ended interviews, focused interviews, and the analyses of documents.

BUILDINGS PRODUCED AT THE CTRS

The design processes of hospitals at the CTRS are integrated, encompassing all stages of planning, designing, production, assembling and maintenance, with the help of a multidisciplinary team since the beginning of the process. The architect João Filgueiras Lima was the coordinator of the entire system. Hospitals are entirely produced at the CTRS and then transported to places where they will be assembled. Precast systems are applied in all stages of the building, from the superstructure to the equipment of the hospital, which includes structures, walls, facilities, among other components. The production at the CTRS is characterized as a closed system, in which only one company or organization is responsible for the production of construction subsystems, determining the rules of compatibility for all components, thus mastering the technology of the product and its development process (CAMARGO, 1975; SERRANO, 1980).

The CTRS building consists of interconnected single-storey buildings, where the following workshops are located: heavy metallurgy; light metallurgy; ferrocement; woodwork; and plastics and painting. Each workshop was produced using a heavy metallic structure for hospitals, more delicate metallic elements such as gurney-beds, doors and double walls of ferrocement, and general furniture, respectively.

Mr. Lima's office and technical and administrative sectors are located in a mezzanine overlooking all workshops for the production monitoring. These workshops are interconnected by corridors in two overlapping levels: the upper one links to the coordinator's office, while the bottom one is used for the supply and intercommunication of production sectors (LATORRACA, 1999). The integration among the building, users and production is fundamental to Mr. Lima, whose team works really hard and discusses all details together.

The Sarah Network is composed of 10 hospitals. The first was implanted in Brasília in 1975, and then others were implanted in São Luís, Salvador, Belo Horizonte, Fortaleza, Rio de Janeiro (Children's center), Brasília (Lago Norte), Macapá, Belém, and the last one in Rio de Janeiro (Hospital) in 2009.

The first hospital was built with precast concrete, using Vierendeel Beams. Until 1978, Mr. Lima constructed buildings with heavy pieces made of precast concrete, and few elements of precast ferrocement (Figure 1). Thenceforth, his designs have evolved and the hospital in Salvador is characterized as a contemporary and fully industrialized building (Figure 2).



Figures 1 and 2. Sarah Hospitals of Brasília and Salvador. Source: Marieli Azoia Lukiantchuki.

The manufacturing process adopted for the Sarah Hospitals and other buildings produced in the CTRS basically uses steel frame and precast ferrocement. The entire construction process is possible due to the use of steel, considering that the use of concrete makes constructions more expensive since there are a large number of different parts that require more expensive metal molds. Furthermore, steel frame and precast ferrocement offer advantages regarding brightness, economy and transportation of prefabricated components, allowing more freedom in the designing process (GUIMARÃES, 2010).

Mr. Lima established some criteria for the design of all Sarah Network buildings, i.e. the standardization of building elements, green spaces, natural lighting and ventilation, among others that help in the process of healing of patients. The use of natural ventilation as a strategy for the achievement of thermal comfort is essential to prevent the overspending of electricity in the use of air-conditioning, since Brazil is a tropical country and most of the Sarah Network hospitals are located in places of warm and humid weather (Figures 3 and 4).

Besides Sarah Network hospitals, other public buildings were produced in the CTRS. The constructive principle was the same: industrialized buildings of steel frame and precast ferrocement. However, this article will only emphasize the design process of Sarah Network hospitals.



Figures 3 and 4. Natural lighting in Rio de Janeiro Hospital and natural ventilation in Salvador Hospital, respectively.
Fonte: Marieli Azoia Lukiantchuki.

Until the year 2000, the CTRS produced buildings for the Sarah Network and others for the Federal Government of Brazil not related to the network. Since 2000, the Federal Government has restricted the production of CTRS to the Sarah Network buildings. Considering the Sarah Network has no plans of building other hospitals, now the center is only working in the maintenance of the existing hospitals and in the production of hospital equipment. Only three of the five existing workshops are actively working: 1) heavy and light metallurgy, now concentrated in the same space; 2) woodworking; and 3) plastics. In 2012, the ferrocement workshop was practically stopped. At the time, the staff of almost 800 employees was reduced to 230, of which 40% are in the metal workshop, 30% in woodworking, plastic, precast and maintenance, and 30% in administration and support.

THEORY

According to Van Nederveen et al. (2010), the current methods of work cannot support the dynamic natures of design and construction processes properly. Integrated design applies building design from a more holistic approach (ZIMMERMAN, 2006). However, the term “integrated design” has been used without a clear definition by the industry (REKOLA; KOJIMA; MÄKELÄINEN, 2010). For some authors, the concept of Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS) considers the integration of all systems in the designing process, throughout the entire lifecycle of construction—conception, design, construction, use, maintenance, and recycling (OLIVEIRA; MELHADO, 2011; OWEN, 2009). To enhance the value delivered across the different projects during the design process, and also to maximize process and structural efficiencies, IDDS applies improved skills, knowledge management, integrated data and collaborative work processes (OWEN, 2009).

Zimmerman (2006) states the number of practitioners of Integrated Design Process (IDP) has grown, also considering that due to their practices and particular experiences, each one has a valid, but different way to conduct it. However, some features seem to appear in all definitions, such as in: interaction, allowing for previous decisions to be informed or refined through new information; collaboration, to allow architects the possibility of leading collaborations of wider teams – which includes other active roles since the beginning of the process – instead of being only the form-giver; holistic or systemic thinking, aiming the quality of the whole and not only of the parties.

A multidisciplinary team composed of experts in design, building structure and facilities is required for the design of healthcare buildings, due to the complexity of this type of building (CAIXETA et al., 2013). Therefore, an effective coordination is crucial to ensure the efficiency of the process.

Architects are responsible for the delivery of integrated design solutions through the coordination of the different agents involved in the process and their different contributions (PRINS; KRUIJNE, 2009). Moreover, they plan and manage activities and participants during each phase of the process (KAGIOGLOU et al., 2000).

In Industrialized Building Systems (IBS), integrated design approaches may enhance architectural forms (JAGANATHAN et al., 2013), once most applications of IBS generally support conventional forms, such as square and rectangular (HAMID et al., 2008; JAGANATHAN et al., 2013). In construction, industrialization means a shift in practice and thinking, so that high quality and a customized environment can be achieved by an integrated process, enhanced organization, standardization and cost and value (GIRMSCHIED; SCHEUBLIN, 2010). The use of precast systems contributes bringing parts of the production process from the construction site to the plant, therefore, architects need to consider this system since the stage of conception of the design process to achieve suitable final results (OLIVEIRA; MELHADO, 2011; OLIVEIRA, SOUZA; SABBATINI, 2002; TAM et al., 2007).

RESEARCH METHOD

The approach adopted was the case study considering it provides grounds for the analysis of the design process developed by Mr. Lima and his team at the CTRS during the year of 2009 and of 2012. This method enables the organization and the analysis of the processes and procedures adopted at the CTRS, which configures an important and unique experience of construction industrialization in Brazil. As proposed by Yin (1994), multiple sources of evidence were used to gather data, such as direct observations, document analyses, open-ended interviews and focused interviews (Table 2). A wide and detailed study of the product development process that covers the planning, the design and the production of the plant was conducted.

For direct observations, four guided visits were carried out at the CTRS, one of them with Mr. Lima, who explained the design of the hospital and the processes of production. Subsequently, visits were made in 5 of the 10 Sarah Network Hospitals: (1) Hospital Sarah Brasília; (2) North Lake Sarah (Brasília); (3) Hospital Sarah Salvador; (4) Child Rehabilitation Center (Rio de Janeiro) and (5) Hospital Sarah Rio de Janeiro. Through the visits, the author aimed to achieve a deep understanding of the design and of the constructive and functional aspects of the buildings. In the case of Sarah - Rio de Janeiro, the visits occurred in 3 stages: by the end of 2008, when the building was under construction; in 2009, when the construction was being completed, and by the beginning of 2010, with the building in operation. The analyses of documents were enabled through a survey of data of the design collection of the CTRS, with access to final designs, construction details, among other documents. Books and articles about Lelé and his work were also analyzed (Table 1).

As Mr. Lima's team at the CTRS was multidisciplinary, interviews with several members were conducted to enable a holistic view of the design process, which were open-ended and complemented by the focused interviews. All of them were recorded and transcribed for the creation of an information database (Table 2)

Results are discussed by following the general process of data analysis proposed by Creswell (2012) for qualitative researches, which includes the preparation and organization of the data collected to be analyzed, the division into themes and, finally, the data representation through discussion.

Table 1. Multiple sources of evidence to collect data.

Sources of evidence	Date/duration	Data collection
Direct observations	Guided tour to the CTRS: 11/18/2008 (4h - during the afternoon); 11/19/2008 (8h - throughout the day); and 03/18/2010 (4h - during the afternoon). Visitations to hospitals: 2008, 2010, 2012	Guided tour to the CTRS with photographic survey to know the production of the components of the building and to understand the team work. Visitations to 5 of the 10 hospitals to conduct a survey data through photographs, explanatory drawings, and the analysis of the constructive aspects and designs of these buildings.
Open-ended interviews	2009 to 2011	Interviews with the architect Lelé (leader of the team) and with several professionals that worked with him in his designs (see Table 3).
Focused interviews with key people	2009 to 2011	Further clarifications on the design process and on the team work. People interviewed: the architects Lelé, Adriana Filgueiras Lima and Neuton Bacelar (see Table 3).
Analyses of documents	2008, 2010 and 2011	Consultation to the archive of designs of the CTRS (drawings, descriptive memorials, models, and other important documents). All material was photographed, resulting in approximately 1,200 photos. The digital design of all hospitals was provided. Review of books and articles on Lelé and his work.

Table 2. Open-ended and Focused Interviews.

Name	Profession	Description of the role	Site	Date/ Hour	Duration
Adriana Filgueiras Lima	Architect	Works in Lelé's team in the design process of Sarah Hospitals.	Sarah - Rio de Janeiro	04/08/10 14h30	3 h
Dr. Aloysio Campos da Paz Junior	Physician	Chairman of the Sarah Network Board of Directors and one of the creators of the network.	Sarah - Brasília	25/06/09 14h00	50 min
Beatriz Secco	Architect/ Landscape Architect	Has worked with Lelé since 1979, being responsible for the landscape design of most hospitals of the network.	By e-mail	22/01/09 16h19 15/01/10 12h41	----- -----
Denise Freire Menicucci	Architect	Works in the maintenance of buildings produced at the CTRS, especially Sarah Network hospitals.	CTRS - Salvador (BA)	18/03/10 9h30	50 min
George Raulino	Mechanical Engineer	Has worked with Lelé since 1980, helping with thermal comfort issues.	Estermic - Brasília	23/06/09 9h00	2h10 min
Haroldo Pinheiro	Architect	Participated in the design process of the hospitals of Brasília (center) and Salvador.	Office in Brasília	25/06/09 16h00	3 h
João Filgueiras Lima, Lelé	Architect	Responsible for the architectural design and overall coordination of Sarah hospitals (design, implementation and maintenance).	CTRS - Salvador Habitat Institute - Salvador Idem	18/11/08 14h30 16/03/10 14h30 25/11/11 14h30	1h40 min 1h30 min 2h02 min
José Fernando Minho	Architect	Has worked with Lelé since 1980, following the evolution of Sarah hospitals.	Habitat Institute - Salvador Habitat Institute - Salvador	19/03/10 8h00 24/11/11 15h00	35 min 50 min
Neuton Bacelar	Architect	Participated in the implementation of the Sarah - Salvador, being responsible for the maintenance of the building.	Sarah - Salvador (BA)	20/11/08 14h30	1h17 min
Roberto Vitorino	Civil Engineer	Responsible for the conception and coordination of the structural designs of the hospitals of the Sarah Network.	Office in Salvador Idem	19/11/08 9h00 24/11/11 10h00	2h18 min 1h45 min

RESULTS

Agents of the Integrated Design Process

Multidisciplinary team

The design process at the CTRS involves a large multidisciplinary team with professionals from several areas:

- (1) Experts in design: architects, artists, electrical, civil and mechanical engineers, professionals in visual communication and landscape architects.
- (2) Experts in healthcare: physicians.
- (3) Experts in production: steelworkers, woodworkers, among others.

Many of these professionals have worked together for over 30 years, which has enhanced their integration, facilitating the discussion, the design, the production and the execution of buildings. As the whole design and production occurs within the plant, integration and communication are facilitated, therefore, the various sectors of the CTRS work together in all design stages (Figure 7).

User involvement

According to the data collected, several users, as physicians, nurses and patients, were involved in the design process of the Sarah Network hospitals at the CTRS, which enables a deep knowledge on their needs and requirements. The Sarah Network hospitals are designed as simple buildings, constructed in patient's scale, so that users do not feel overwhelmed.

All programs must result from the dialogue with users, physicians and especially nurses, because I think nurses are the ones who deal with the internal problems of the hospital more frequently. Physicians take care of patients, while nurses take care of the hospital (verbal information)¹.

Considering hospital buildings undergo major transformations over the years and since such buildings must be adapted to new techniques and medical requirements, the interaction with users is essential.

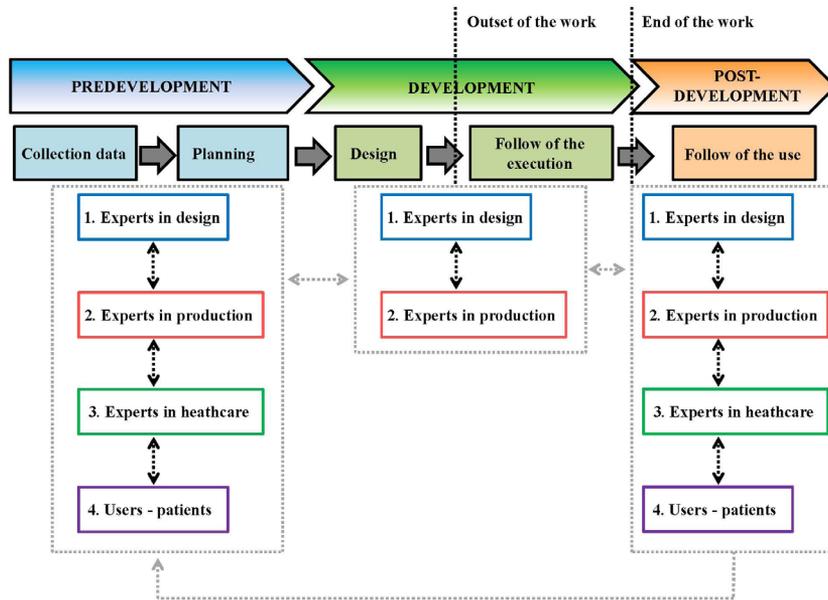
Lelé's concern on the needs of users has been extended to equipment. He usually designs equipment together with the staff of hospitals to understand how it should work and the main difficulties of its operation. Therefore, he believes architects should be like psychologists, discussing needs with users to absorb all the information.

There is a chair (for blood collection) I call "Celina chair", which is the name of the head of the lab. We designed it together. She has knowledge on the use and needs of patients, and the architect must capture such needs. So you must establish a very open dialogue with users (verbal information)².

It was necessary to provide lighter and easier to carry beds to attend the need of patients for greater social life, since the existing ones did not allow displacements. Therefore, Lelé designed a gurney-bed to replace the conventional fixed beds, enabling greater mobility and avoiding the stay of patients in the wards for long periods of time.

¹ Interview conducted by the author with the architect Lelé on November 24th, 2011, in Salvador

² Interview conducted by the author with the architect Lelé on November 25th, 2011, in Salvador.



Figures 5. Organizational chart of the interaction of the team members during the stages of the design process. Fonte: Chart elaborated by the authors.

The architect João Figueiras Lima: the design coordinator

The CTRS team is coordinated by Lelé, who controls all designs and production processes, i.e., the head of the plant. As the whole parts of the process including the building design, manufacture and maintenance is performed by the internal team of the CTRS, many professionals are required, which demands effective coordination. On the other hand, as they all work in the same place, the compatibility degree of different designs is facilitated.

Usually, in a conventional construction, you have a design manager who has to go from office to office making the compatibility of designs. In the case of the CTRS, this has been done daily. We were there, seeing what our colleague was doing, discussing the problem, and things were happening. If there were conflicts, they were minimal (verbal information)³.

Two important aspects led Mr. Lima to coordinate the CTRS efficiently: his academic training, with strong emphasis on technical knowledge, and his experience during the construction of Brasília, the capital of Brazil, where he headed construction sites and had several workers under his command. This experience was essential to consolidate his technical knowledge acquired in college, because that construction site was isolated by distance and must follow the deadlines. He achieved general knowledge concerning engineering, coordination and construction in the construction sites.

Due to the influence of his study trips to Eastern Europe, “Lelé” defends a broad training of architects related to construction to enable them to coordinate the whole design process. Through holistic knowledge, he can not only conduct the construction, but also be responsible for the maintenance of the Sarah Network hospitals at the CTRS.

He executes, maintains, he does everything. He is a real factory of buildings, I mean, I think he is the Bauhaus of the 21st century [...] (verbal information)⁴.

³ Interview conducted by the author with the architect José Fernando Minho, on March 16th, 2010, in Salvador.

⁴ Interview conducted by the author with the architect Haroldo Pinheiro, on June 25th, 2009, in Brasília.

Design process

The design process developed in the CTRS encompasses all stages of planning, design, construction and maintenance, for buildings, part of the furniture and equipment. The whole team of professionals involved in each building works at the CTRS and is under the coordination of “Lelé”. Such integration enables more efficiency to the design, lower costs, waste reduction and better buildings.

Hospital designs are developed at the CTRS considering the plant infrastructure, the assembling in construction sites and maintenance. Therefore, besides the architecture, structural, and other designs, the design for production and design for maintenance/of maintenance are emphasized.

Information on the production, the assembling and the use of the building can serve as feedback of the design process since the whole design and the production is held in the plant, and the CTRS also performs the building maintenance.

Building design

The architectural design is developed along with the complementary ones, providing the better performance of final results. Both design and production are developed within the plant, thus fostering the integration and communication among the professionals involved along all stages of the design process.

I believe there is no other better way of working. You have the advantage of having the structural engineer by your side, then you propose an element and can quickly check if it supports the wind force; you have the plumber checking if that is the best location for the plumbing during the design stage (verbal information)⁵.

In another example, “Lelé” and the mechanical engineer George Raulino, who was responsible for the design of the air-conditioning system and the thermal analysis of the building, worked together since the beginning of the design process. Along the conception stage, thermal loads of the building were analyzed by the engineer; if some strategies showed poor performance, they would be modified. According to the research findings, the integration since the beginning was more efficient than consultancies carried out after the development stage of the design, when necessary changes were more difficult to be made, thus compromising the building performance and raising costs.

The landscape design also followed this principle. Still in the conception of architectural design, the landscape architect Beatriz Secco spoke with “Lelé” about the design and started working afterwards. When the garden was already being implanted in the construction site, they re-discussed the design, making some necessary changes to better integrate the gardens with the building.

Design for production

The design for production describes how the building should be constructed in the construction site. This was crucial in the hospitals of the Sarah Network because the CTRS, where building components are produced, is located in Salvador and the buildings were constructed in several capitals of Brazil.

Mr. Lima and his team had developed the design of all the prefabricated parts. Purposeful clearances were left to avoid problems during the

⁵ Interview conducted by the author with architect José Fernando Minho, on March 16th, 2010, in Salvador.

assembling and to reduce waste. Furthermore, the parts were designed according to the dimensions of the truck that would be used in their transport. In this phase, there was a deep level of detail to assist the construction execution. About 10,000 details were produced for each hospital, in 1:1, including the slots of the screws. The design team of the CTRS was concerned about the quality and the accuracy of the drawings, because they believed the architectural design must provide all necessary information to guide the construction.

As the constructive system of the hospitals of the Sarah Network was industrialized, the work in the site of the construction was mainly the assembling of the industrial components produced in the plant. Therefore, schemas were developed to facilitate and speed the assembling (Figures 6 and 7).



Figures 6 and 7: Wall precast ferrocement walls and metallic structure of the Sarah Hospital of Rio de Janeiro, respectively. Source: Marieli Azoia Lukiantchuki.

In the construction site, the focus of the activities was on the assembling. And we were concerned about indicating how this assembling would be held. Everything was very detailed. For example, when we did the precast schools by the FAEC, even the installation kits were already left ready in the factory. Everything was ready (verbal information)⁶.

According to the engineer Roberto Vitorino, the detail is the mean of communication in structural designs, being important to ensure the correct execution and to defend all professionals. Well detailed designs guarantee well performed buildings.

Most of the production, especially the more complex activities, was planned to take place within the plant, where conditions were more favorable to workers, who produced more and had greater interaction with the design team. Thereby, there was greater guarantee to produce parts as designed. Consequently, the construction site is simple and lean.

Design for maintenance and design of maintenance

The design for maintenance⁷ and the design of maintenance⁸ were developed in the CTRS. In the first case, guidelines and proposed design

⁶ Interview conducted by the author with the architect José Fernando Minho, on November 24th, 2011, in Salvador.

⁷ Design for maintenance refers to “a number of attitudes to be taken at different stages of the development process” that should be in documents and manuals to be followed during the use of the building (SANCHES; FABRICIO, 2008, 2009).

⁸ Design of maintenance refers to “definitions of maintenance programs, procedures, frequency of services, repairs and replacements” (SANCHES; FABRICIO, 2009).

solutions aimed to facilitate the maintenance throughout the life cycle of hospitals. This is especially important in healthcare buildings to enable future adaptations to the new techniques of treatment and equipment. Equally important, the design of maintenance means that maintenance cares must be developed during the use of buildings to preserve their performance.

Hospitals are remodeled and expanded with the help of components manufactured in the CTRS with the same characteristics of the initial construction, which ensures the quality of the building throughout its life cycle.

The use of precast ferrocement walls is a sample of design for maintenance. The walls are composed of double ferrocement panels, among which all pipes and installations go by (Figure 8). Moreover, hospitals are built over underground galleries, where the maintenance of pipes and installations can be performed, not only allowing the hospital activities and but also the making of some repairs in the system. Galleries were replaced by a technical floor only in the Rio de Janeiro Hospital. However, as well as in galleries, the maintenance is carried out in the floor where installations are located (Figure 9).



Figures 8 and 9. Precast ferrocement walls, double ferrocement panels and underground galleries of the Sarah Hospital of Rio de Janeiro. Source: Marieli Azoia Lukiantchuki.

The design solutions created by Lelé are sophisticated and facilitate maintenance. For instance, there are mobile ceilings and a great roof in the sheds of the Sarah Hospital of Rio de Janeiro, always presenting a height of more than 8 meters between them, which requires rigorous maintenance for the system to work properly. For the maintenance of such devices, walkways were designed to facilitate the access (Figure 10). Furthermore, Lelé developed some equipment to facilitate the cleaning service, that by its turn, runs on rails located in the roof (Figure 11). If the maintenance and its costs are not considered in the design solutions, the building performance may be adversely affected.



Figures 10 and 11. Walkways in great roof in sheds and equipment to facilitate the cleaning service located in the roof of the Sarah Hospital of Rio de Janeiro. Source: Marieli Azoia Lukiantchuki.

The CTRS develops the design of maintenance, and all alterations in hospital buildings during its use must be approved by the CTRS architectural sector. The maintenance is preventive, i.e., is planned in advance, reduces costs, and minimizes inactivity.

FEEDBACK

Lelé and his team worked together over 30 years, focusing on a single type of building with the same principles. It is an ongoing design process, in which each new design is seen as a continuation of the previous one. This frequent interaction between designers and buildings enables the assessment of the building operation. The practice of returning to the building after its conclusion, visiting it, and interviewing its users shows Lelé's commitment with the final results. Moreover, it means an informal feedback, through which designers acquire knowledge to apply in new designs, which provides constant evolution for the design of the hospitals of the Sarah Network.

Some design solutions adopted in the hospitals of the Sarah Network can be seen as samples of the evolution provided by the feedback. In Salvador, a frontlet with *brise-soleil* panels was coupled to sheds to reduce the angle of sun incidence in the hospital. However, the junction between the roof and the frontlet caused infiltration problems in rainy days due to its expansion. Therefore, in subsequent hospitals, such as in Fortaleza and Rio, the frontlet was replaced by an extension of the roof that projects itself forward (Figure 12).



Figure 12. Sheds in Salvador, Fortaleza and Rio de Janeiro Sarah Hospital. Fonte: Marieli Azoia Lukiantchuki

to solve comfort issues. As the system was located inside the galleries, the floor and walls were left completely wet, hindering the maintenance. Thus, in subsequent hospitals, as in the ones of Fortaleza and Rio, this system was located on the outside in water mirrors (Figure 13).



Figure 13. A misting system inside and outside the galleries in Salvador and Rio de Janeiro Sarah Hospital, respectively. Fonte: Marieli Azoia Lukiantchuki.

Another example is the design of the gurney-beds. The first model was built in 1974. In the subsequent years, the architect conducted tests with new materials and developed the 1997 model. Later, realizing the conditions of patients suit better to a bed with 4 divisions, instead of 3, a new version of the gurney-bed was designed in 2001. However, the biggest advance occurred in 2007, when Lelé realized the difficulty that nurses had while transferring patients from beds to wheelchairs. Thus, for convenience, it enables upward mobility. The control is motorized, which enables patients to transfer themselves alone, giving them greater independence.

DISCUSSION

In terms of industrialized construction and IDP, the CTRS stands as one of the most relevant cases in Brazil, due to the quality of buildings produced in this factory. Furthermore, the performance of its team throughout the design process is highlighted, encompassing everything from planning to maintenance, both related to the building, to the furniture and to the equipment.

The authors of this paper published other studies in the IBS at the CTRS, focusing on the production, transportation and on the assembly process in the construction site. The present paper complements this subject by showing new data in the IDP. It describes the IDP for the industrialized buildings produced in the CTRS and the influence of the factory infrastructure on design activities. The importance of IDP to improve value to client and reduce time and costs are also highlighted.

The whole design process coordinated by Lelé is developed at the CTRS, being integrated by considering several disciplines of design and different stages:

- Integration among different design disciplines: due to the complexity of healthcare buildings, a multidisciplinary design team is required. Lelé's team works together at the factory and different design disciplines are developed in an integrated way.
- Integration between architect and users: since the emergence of the CTRS, Lelé has been in close contact with healthcare professionals and patients, to help with their needs and requirements.

- Integration between design and construction: the design for production is developed along the building design, both being very detailed. As design and production are held at the factory, their integration is easier.
- Integration between design and building use: designs for/of maintenance are developed during the stage of design by Lelé's team.

Some of the features described by Zimmerman (2006) concerning the IDP were found at the CTRS: interaction, which enables feedback, the collaboration of different professionals and the holistic thinking, to consider the design and production of the whole hospital, including some equipment and furniture.

As the whole design process is developed at the factory and the CTRS is also responsible for maintenance, the feedback is facilitated. Understanding the opinions of users of the building during its use is important for the adaptation of designs for new buildings. The assessment of hospitals in operation performed by Lelé and his team is responsible for the major developments in Sarah Network Hospitals over these 30 years.

At the CTRS, the IDP enables the decision making of important subjects in the beginning of the design process when changes are more feasible. Therefore, costs for hospital constructions can be reduced.

Although the system construction is industrialized, the use of IDP provides innovative shapes to the building, ensuring environmental and visual quality. Research findings have shown new design challenges require greater interaction between architecture and complementary designs.

According to the results, an effective coordination is required for the management of the design team (which is very large). Lelé believes the construction process should be driven by the same coordinator of the design stage, so as to facilitate negotiations among the different parts involved in the construction and improve cooperation among the various participants. This improves the efficiency of the process as well as the quality of the product. The architect turns into a builder, in its original sense, knowing the material possibilities through his experience, having control over all the processes involved (RISSELADA, 2011). The fragmentation of knowledge has created several specialized areas, which makes the integration of these various technical sectors the main challenge of the architect.

CONCLUSIONS

This study described the IDP for industrialized hospital buildings produced at the CTRS and the influence of the factory infrastructure on design activities. A case study was used for the understanding of the design process along all stages of the building development, from planning, design, production and assembly to the building use and maintenance.

The results show that the IDP at the CTRS enables innovative shapes to the building, even when being produced by an industrialized system. Furthermore, it allows design solutions that take into account sustainable strategies of ventilation and thermal comfort, which are very important in tropical countries, such as Brazil. The IDP also facilitates the feedback and reduces costs and time along the building lifecycle. The application of IDP to the CTRS ensures environmental and visual quality and reduces time and costs, which means greater value to users.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the financial support provided by FAPESP (São Paulo Research Foundation) and CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel, in Brazil). They are also indebted to the participants of case study.

REFERENCES

- ANTUNES, B. Integração desde o princípio. **Revista AU**, v. 23, p. 58-63, 2010.
- CAIXETA, M. C. B. F. et al. Value Generation Through User Involvement in Healthcare Design. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21., Fortaleza, 2013.
- CAMARGO, A. R. **Industrialização da construção no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1975.
- CRESWELL, J. W. **Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches** (3 ed.). Thousand Oaks: Sage Publications, 2012.
- GALLAHER, M. P. et al. **Cost analysis of inadequate interoperability in the U.S. capital facilities industry**. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2004.
- GIRMSCHIED, G.; SCHEUBLIN, F. **New perspective in industrialization in construction: a state-of-the-art report**. Zurich: CIB Publication 329, 2010.
- GUIMARÃES, A. G. L. **A obra de João Filgueiras Lima no contexto da cultura arquitetônica contemporânea**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- HAMID, Z. et al. Industrialized building systems (IBS) in Malaysia: the current state and R&D initiatives. **Malaysian Construction Research Journal**, v. 2, p. 1-13, 2008.
- JAGANATHAN, S. et al. Integrated design approach for improving architectural forms in industrialized building systems. **Frontiers of Architectural Research**, v. 2, n. 4, p. 377-386, 2013.
- KAGIOGLOU, M. et al. Rethinking construction: the Generic Design and Construction Process Protocol. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 7, n. 2, p. 141-153, 2000.
- LATORRACA, G. **João Filgueiras Lima, Lelé**. Lisboa: Blau, 1999.
- LUKIANCHUKI, M. A. **A evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural na obra de João Filgueiras Lima, Lelé**: Hospitais Sarah Salvador e Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- LUKIANCHUKI, M. A.; CAIXETA, M. C. B. F.; FABRICIO, M. M. **Construction industrialization and use of prefabricated elements applied in hospital buildings production: Case study in the technology Center of the Sarah Network of Rehabilitation Hospitals (CTRS), Brazil**. In: CIB WORLD BUILDING CONGRESS, 18., Salford, United Kingdom, 2010.
- LUKIANCHUKI, M. A.; CAIXETA, M. C. B. F.; FABRICIO, M. M. Industrialização da construção no Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS). **Arquitextos**, ano 12, v. 134, n. 4, jul. 2011.
- OLIVEIRA, L. A.; MELHADO, S. B. Conceptual model for the integrated design of building facades. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 7, n. 3, p. 190-204, 2011.
- OLIVEIRA, L. A.; SOUZA, U. E. L.; SABBATINI, F. H. **Produtividade da mão-de-obra na execução de fachadas com painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto**. In: ENTAC, 6., Foz do Iguaçu, 2002.
- OWEN, R. L. **CIB White Paper on IDDS Integrated Design & Delivery Solutions**. Rotterdam, The Netherlands: CIB Publication 328, 2009.
- OWEN, R. L. et al. Challenges for Integrated Design and Delivery Solutions. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 6, n. 4, p. 232-240, 2010.
- PINHO, R. Lelé: um arquiteto universal. In: RISSELADA, M.; LATORRACA, G. (Eds.). **A arquitetura de Lelé: fábrica e invenção**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2011.
- PRINS, M.; KRUIJNE, K. **On the management of Integrated Design Solutions. Does it work?** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMPROVING CONSTRUCTION AND USE THROUGH INTEGRATED DESIGN SOLUTIONS, 1., Finland, 2009.
- REKOLA, M.; KOJIMA, J.; MÄKELÄINEN, T. Towards Integrated Design and Delivery Solutions: Pinpointed challenges of process change. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 6, n. 4, p. 264-278, 2010.
- RISSELADA, M. A pesquisa paciente: o CTRS como laboratório. In: M. Risselada; G. Latorraca (Eds.). **A arquitetura de Lelé: fábrica e invenção**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2011.
- SANCHES, I. D. A.; FABRICIO, M. M. **Projeto para manutenção**. In: WORKSHOP BRASILEIRO – GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., 2008, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2008.
- SANCHES, I. D. A.; FABRICIO, M. M. **A importância do projeto na manutenção de HIS**. In: SIBRAGEC, 6., 2009, João Pessoa. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2009.

- SEGAWA, H. Lelé: tecnologia com sentido social. In: RISSELEDA, M.; LATORRACA, G. (Eds.). **A arquitetura de Lelé: fábrica e invenção**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado; Museu da Casa Brasileira, p. 57-69, 2011.
- SERRANO, J. S. **Alojamiento y tecnologia: industrialización abierta?** Madrid: Instituto Eduardo Torroja de La Construction y Del Cemento, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1980.
- TAM, V. W. Y. et al. Towards adoption of prefabrication in construction. **Building and Environment**, v. 42, n. 10, p. 3642-3654, 2007.
- VAN AKEN, J. E. Valid knowledge for the professional design of large and complex design processes. **Design Studies**, v. 26, n. 4, p. 379-404, 2005.
- VAN NEDERVEEN, S.; BEHESHTI, R.; RIDDER, H. D. Supplier-driven Integrated Design. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 26, n. 4, p. 241-253, 2010.
- YIN, R. K. **Case Study Research: design and method**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994.
- ZIMMERMAN, A. **Integrated design process guide**. Canada: Canadian Mortgage Housing Corporation, 2006.

Marieli Azoia Lukiantchuki
mlukiantchuki@yahoo.com.br

**Michele Caroline Bueno Ferrari
Caixeta**
michele@sc.usp.br

Márcio Minto Fabricio
marcio@sc.usp.br