



GESTÃO E TECNOLOGIA DE PROJETOS

Design Management and Technology

2014 jan.-jun.; 9(1)

© 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.

Bases de Indexação e Divulgação

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

latindex



.periodicos.

Produção e Assessoria Editorial

editora  cubo
soluções para o universo acadêmico

5 EDITORIAL

*Paulo Roberto Pereira Andery
Márcio Minto Fabricio*

**7 PROPOSTA DE MODELO PARA IMPLANTAÇÃO DE
PROCESSO DE PROJETO UTILIZANDO O CONCEITO
BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA**

Proposed Model to Implement Design Process Using BIM
Concept in Architectural Offices

Marcele Ariane Lopes Garbini, Douglas Queiroz Brandão

**25 CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM BIM PARA
PROJETOS COMPLEXOS - UM ESTUDO COM
PROJETOS DE PARQUES TECNOLÓGICOS**

Contribution of BIM Modeling for Complex Projects -
A Case Study on Projects of Technological Parks

Claudio Alcides Jacoski, Soraia Foryta Jacoski

**43 METHODOLOGICAL DISCUSSION AND PILOTING
OF LCA-BASED ENVIRONMENTAL INDICATORS
FOR PRODUCT STAGE ASSESSMENT OF BRAZILIAN
BUILDINGS**

Indicadores com Base em ACV para Avaliação Ambiental
do Estágio de Produto de Edificações Brasileiras: Discussão
Metodológica e Aplicação-piloto

Marcella Ruschi Mendes Saade, Maristela Gomes da Silva, Vanessa Gomes

**63 PROJETOS DE ARQUITETURA: A APRENDIZAGEM
COTIDIANA EM ESCRITÓRIOS E A RELAÇÃO COM A
GESTÃO**

Architectural Projects: Apprenticeship Everyday in Offices and
Relationship Management

Glaucinei Rodrigues Corrêa

**89 O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE NORMAS DE
DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO: UM COMPARATIVO
ENTRE A ESPANHA (CTE) E BRASIL (NBR 15575/2013)**

The Implementation Process of performance Standards in
Construction: a Comparison Between Spain (CTE) and Brazil
(NBR 15.575/2013)

Andrea Parisi Kern, Adriana Silva, Claudio de Souza Kazmierczak

**103 A COMPATIBILIZAÇÃO DE MULTIDSEMPENHOS
EM PROJETOS BASEADA NA ESTRUTURAÇÃO DO
PROBLEMA DE DECISÃO**

The compatibilization of multi-performance design based on
the structuring of decision problem

*Mariana Monteiro Xavier de Lima, Giovanna Tomczinski Novellini Brigitte,
Nádia Dutra Campos, Regina Coeli Ruschel*

**123 A COORDENAÇÃO DE PROJETOS SUBCONTRATADOS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

The Outsourced Design Coordination in Civil Construction

Patricia Seiko Okamoto, Mario Sergio Salerno, Silvio Melhado

Vem à luz mais uma edição da Revista Gestão & Tecnologia de Projetos. O presente número é, por um lado, um “botão de amostra” da amplitude de temas com os quais os pesquisadores brasileiros da área de Gestão e Avaliação de Projetos no ambiente construído se veem envolvidos. Os temas dessa edição abordam aspectos como modelos de coordenação de projetos, aplicação de Building Information Modelling em empreendimentos da base imobiliária ou em projetos complexos, ou ainda a relação entre critérios de desempenho do ponto de vista da sustentabilidade do ambiente construído e sua relação com o processo de tomada de decisões em projeto. Ampliando o leque de temas, mais uma vez a discussão sobre métodos e ferramentas para tomada de decisão no processo de projeto é também apresentada.

Por outro lado, os artigos desse número evidenciam o que tem sido uma tônica da revista: a abordagem dos distintos temas desde uma perspectiva de transdisciplinaridade: apresentam-se pesquisas que integram aspectos como métodos de aprendizado e gestão do processo de projeto, ou análise de critérios de desempenho do ponto de vista da sustentabilidade e seu impacto na seleção de materiais e/ou tecnologias construtivas, ou ainda estratégias de contratação de projetos e sua relação com os mecanismos de coordenação.

Nesse contexto, o primeiro trabalho, “Proposta de modelo para implantação de processo de projeto utilizando o conceito BIM em escritórios de arquitetura”, desenvolvido por pesquisadores de Mato Grosso, apresenta diretrizes de trabalho e ferramentas para a implementação de BIM em escritórios de arquitetura, dando continuidade a uma temática já explorada em edições anteriores.

Ainda dentro da temática de BIM, o artigo “Contribuição da Modelagem BIM para projetos complexos – um estudo de projetos de parques tecnológicos” desenvolve, com base em estudos de caso múltiplos, diretrizes para a implementação de BIM em projetos complexos de centros tecnológicos de inovação, nos quais se apresentam usos e demandas diversificadas e dinâmicas.

Na área de Gestão de Projetos e Sustentabilidade, o artigo “Methodological discussion and piloting of LCI-based environmental indicators for product stage assessment of Brazilian buildings”, publicado em inglês por pesquisadores da UNICAMP, propõe um grupo de indicadores voltados à avaliação do ciclo de vida de edifícios, considerando o carbono e energia incorporados, e dando suporte à tomada de decisões em projeto.

Desenvolvendo um tema pouco presente em edições anteriores, o artigo “Projetos de Arquitetura: a aprendizagem cotidiana em escritórios e sua relação com a gestão”, resultado da tese de doutorado do autor, aborda como os profissionais da área de projeto aprendem a desenvolver os projetos de arquitetura nas práticas do dia a dia dos escritórios, discutindo como os sistemas de gestão – com rotinas de trabalho e procedimentos formalizados e padronizados – impactam nesse processo.

Abordando tema particularmente atual e relevante na comunidade de pesquisa da área, o artigo “O processo de implementação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15517:2013)” faz uma análise da implantação do código técnico de edificações na Espanha, que define critérios de desempenho para as

edificações, e de como essa experiência pode ajudar na implementação da Norma de Desempenho no Brasil, discutindo estratégias e mecanismos de divulgação de experiências técnicas.

O trabalho “A compatibilização de multidesempenos em projetos baseada em estruturação do problema de decisão” propõe um método de estruturação de problemas de decisão multicritério como o objetivo de estruturação de diferentes dimensões do desempenho de edificações, facilitando a identificação de atributos mais efetivos para mediar e avaliar as soluções de projeto do ponto de vista do desempenho.

Fechando a edição, o artigo “A coordenação de projetos subcontratados na construção civil”, apresenta estudo de caso que discute vantagens e estratégias na subcontratação dos projetos, discutindo o papel da coordenação nas estratégias de subcontratação.

Vale destacar que este número conta com recursos do Programa de Apoio às Publicações Científicas Periódicas do Departamento Técnico do Sistema Integrado de Bibliotecas (DT/SIBi) da Universidade de São Paulo. Estes recursos foram fundamentais para viabilizar todo o processo de editoração gráfica da revista.

Por fim, gostaríamos de nos desculpar com os autores e leitores pelo significativo atraso na publicação do presente número. Este atraso foi motivado por dificuldades no processo licitatório para contratação da empresa responsável pela editoração gráfica dos artigos.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Paulo Roberto Pereira Andery

Márcio Minto Fabricio

Editores

pauloandery@gmail.com

marcio@sc.usp.br

Volume 9, número 1, jan./jun. 2014

PROPOSTA DE MODELO PARA IMPLANTAÇÃO DE PROCESSO DE PROJETO UTILIZANDO O CONCEITO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA

Proposed Model to Implement Design Process Using BIM Concept in Architectural Offices

Marcele Ariane Lopes Garbini¹, Douglas Queiroz Brandão¹

RESUMO Este trabalho trata do modelo de processo de projeto utilizando BIM (*Building Information Modeling*) em escritórios de arquitetura. O conceito de BIM surgiu há mais de trinta anos, no entanto vem sendo divulgado com maior abrangência no mercado da construção civil apenas nos últimos dez anos. As vantagens de sua adoção são visíveis nos projetos, considerando o aumento na rapidez do desenvolvimento e na qualidade, dentre outros benefícios. O objetivo desta pesquisa está em propor um modelo de processo de projeto, utilizando o conceito BIM voltado para escritórios de arquitetura, de tal forma que estes possam obter um grau maior de eficiência na sua utilização. Fundamenta-se metodologicamente em estudos de casos múltiplos, interpretados qualitativamente e realizados em escritórios nas cidades de Cuiabá, São Paulo e Goiânia, perfazendo quatro empresas. Na fase de preparação foi elaborado um protocolo de pesquisa com questões para a coleta de dados nos escritórios. A condução dos estudos foi de ordem exploratória, por meio de documentos, entrevistas e observação direta. Nas entrevistas foram obtidos dados de caracterização da empresa e dados sobre o desenvolvimento dos projetos: planejamento para implantação da BIM; tecnologia da informação; processo de projeto e procedimentos de trabalho. Após a validação, foi realizada uma análise comparativa destas informações, onde ficaram claras as mudanças ocorridas nos processos de projeto, nos procedimentos de trabalho e na capacitação da equipe técnica dos escritórios. Dentre os produtos desta pesquisa, destaca-se a proposta de um modelo de processo de projeto que é o objeto do presente artigo. Este modelo se compõe de diretrizes de trabalho e de instrumentos para o desenvolvimento dos projetos nos escritórios de arquitetura que vem, paulatinamente, realizando a migração para os sistemas BIM.

PALAVRAS-CHAVE Escritórios de arquitetura, processo de projeto, qualidade de projeto, *Building Information Modeling*.

¹Grupo Multidisciplinar de Estudos da Habitação (GHA), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, MT, Brasil

How to cite this article:

GARBINI, M. A. L.; BRANDÃO, D. Q. Proposta de modelo para implantação de processo de projeto utilizando o conceito BIM em escritórios de arquitetura. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 7-24, jan./jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.89990>

Fonte de financiamento: CAPES.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 04 jul., 2013

Aceito em: 04 ago., 2014

ABSTRACT This paper presents a model of the design process using BIM (Building Information Modeling) which is proposed to benefit architectural offices. The concept of BIM has been around for over thirty years, but it has been released more comprehensive in construction market just in the last ten years. The advantages of its use are visible, considering the indisputable increase in the speed and quality of design and other benefits described in this work. Thus, the aim of this work is to propose a model of the design process, using BIM for architectural firms in order to achieve a higher degree of efficiency by those offices. This research was conducted on multiple case studies methodology applied to four architectural offices located in the cities of Cuiabá, Goiânia and São Paulo, resulting in a comprehensive number of qualitative data. In preparing the study a research protocol issues for data collection was designed and the conduct of the case studies followed an exploratory order through documentation work, interviews and direct observation in the offices. The steps for the interview were prepared in accordance with information about the company, the development of projects, the planning for implementation of BIM, the information technology used, the design process adopted and the work procedures. After validation, a comparative analysis of the whole information was performed and it was possible to identify significant changes in the design processes, in the work procedures and in training the technical staff of the offices, in the four cases studied. The most important product of this work is a design process model which is composed of directions to work and instruments for the development of projects in architectural offices which have been migrating to BIM systems.

KEYWORDS Architectural offices, design process, design quality, Building Information Modeling.

INTRODUÇÃO

O projeto tem fator determinante sobre o desempenho de uma edificação e, nas décadas recentes, vem sendo apontado como o principal responsável pela origem de patologias nas construções. Nos anos 1990 essa constatação já vinha sendo destacada em vários estudos como, por exemplo, o trabalho de Picchi (1993).

Fabrício e Melhado (1998) citam, dentre as principais deficiências dos projetos, a ausência de informações necessárias às atividades de produção do edifício, ou mesmo a desconsideração da fase de produção nas soluções adotadas pelo projeto. Isso leva as equipes de obra a decidirem por si próprias a respeito de características que não foram previamente especificadas. Melhado (1994) foi um dos que organizou as questões de qualidade do projeto e ressaltou a importância da gestão do processo de projeto. Vale destacar o compêndio organizado por este autor sobre a gestão e coordenação de projetos de edificações (MELHADO, 2005), onde é apresentado o processo de projeto no modo que se pode denominar de tradicional, ou seja, ainda sem considerar a adoção da BIM (*Building Information Modeling*), objeto de discussões e análises do presente trabalho.

As dimensões da qualidade do projeto apresentam-se organizadas por Fabrício, Ornstein e Melhado (2010), sendo a qualidade da gestão do processo de projeto uma das oito dimensões classificadas. Esta dimensão, segundo estes autores, inclui o planejamento do processo de projeto como um dos itens de desempenho a serem considerados.

A despeito dos problemas de construção, falhas e patologias originados ainda pela ausência de maiores cuidados com o projeto, em suas várias dimensões, verifica-se que a comunidade da construção passou a se conscientizar mais sobre a importância da melhoria do processo de projeto para o sucesso do empreendimento, adotando novos critérios de qualidade e competitividade. Isso foi destacado nos trabalhos de Romano, Back e Oliveira (2001) e Romano (2003), referindo-se ao final dos anos 1990 e início dos anos 2000 no Brasil.

Segundo Ayres Filho (2009), processo de projeto é, essencialmente, uma sequência de aprimoramentos em um conjunto de informações a ser transmitido para as fases subsequentes. Mesmo pequenos projetos na indústria da construção produzem uma enorme quantidade de informações e, por isso, os benefícios do uso de tecnologias da informação (TI) são muitos. Entretanto, há uma grande distância entre a pesquisa em tecnologia da informação aplicada à construção civil e os métodos realmente praticados pela indústria no cotidiano, tanto no Brasil como em outros países.

A indústria da construção tem um caráter eminentemente conservador, o que torna difícil a incorporação dos avanços, mantendo um atraso tecnológico em relação a outros segmentos da indústria (NASCIMENTO; SANTOS, 2001). Um bom processo de projeto, conduzido com o auxílio de ferramentas de tecnologia de informação adequadas, é o pilar fundamental para a qualidade dos processos de construção e dos edifícios resultantes (MOUM, 2006).

ADVENTO DA TECNOLOGIA BIM

Building Information Modeling (BIM) é, conforme Eastman et al. (2008, p. 13), “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise de modelos de construção”.

De acordo com Andrade e Ruschel (2009a, b), a utilização de uma prática baseada em BIM pode ter um papel decisivo na melhoria das fases do projeto, auxiliando na geração de propostas coerentes com as solicitações dos clientes, na integração dos projetos, entre si e com a construção, e na redução do tempo

e do custo da construção. Em síntese, BIM constitui uma prática de projeto integrada e colaborativa na qual os envolvidos no processo convergem suas habilidades para elaboração de um *modelo único*¹.

São três os aspectos fundamentais da tecnologia BIM: a modelagem paramétrica para desenvolvimento deste modelo único; a interoperabilidade para integração e colaboração e troca de informações dos envolvidos; e, a possibilidade de gestão e avaliação do projeto em todo o seu ciclo de vida. Essa capacidade de gestão e avaliação dos vários aspectos do empreendimento permite, por meio de tecnologia, tratar do projeto verdadeiramente como multidimensional (RUSCHEL et al., 2010).

O uso do modelo virtual baseado em BIM como único repositório de informações do projeto, onde diversas entradas - feitas por diferentes especialidades e projetistas - são automaticamente traduzidas em múltiplas saídas como documentos de planilhas, desenhos técnicos e dados para a construção digital, da concepção à produção (OLIVEIRA, 2011).

Ruschel et al. (2010) explicam que entre as possibilidades apresentadas pela BIM, as de grande interesse são as interações entre a tecnologia e o processo de projeto. Entre elas, a principal é a mudança das formas de aquisição do conhecimento no processo de projeto, ou seja, no processo particular de solução de problemas. Segundo estes autores, a BIM não se resume a uma forma de representação posterior às atividades de criação ou síntese, mas se configura como uma tecnologia que modifica a própria forma de desenvolver a dinâmica do projetar.

Como consequência do início da difusão da tecnologia BIM no Brasil, existe a necessidade de formalizar e desenvolver conhecimentos sobre este tema. Além disso, de acordo com Koskela et al. (2011), a implementação da BIM não é considerada tão somente uma simples inovação tecnológica, mais que isso, trata-se de mudanças no ambiente sociocultural da indústria da construção civil.

Assim, é importante discutir os problemas e também as soluções já desenvolvidas por profissionais e pesquisadores da área. Somente dessa forma é possível delinear o que está sendo feito e onde é possível implantar melhorias, para que a adoção do conceito BIM aconteça de forma eficiente nos escritórios de projeto.

OS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA E O PROCESSO DE PROJETO BASEADO EM BIM

Fabrício, Melhado e Grilo (2002) explicam que, com a crescente informatização dos escritórios de projeto, verifica-se uma tendência, ou ao menos uma possibilidade, de realizar simulações para soluções de projeto, envolvendo cálculos e maquetes eletrônicas que podem, com o auxílio do computador, ser realizados de forma mais rápida e menos onerosa. Os mesmos autores comentam ainda que essa mudança denota novas possibilidades no processo de projeto, permitindo que as habilidades projetuais ligadas à intuição sejam realizadas com a simulação de possibilidades e análises comparativas dos desdobramentos de cada uma destas.

Tzortzopoulos (1999), cujo trabalho apresenta uma proposta de organização detalhada de todo o processo, defende que a sistematização do desenvolvimento das atividades de projeto, bem como das informações necessárias em cada fase, são fatores essenciais para a melhoria do processo como um todo. Com o advento da tecnologia BIM este raciocínio se mantém

¹ Deve-se ter cuidado com a ideia de modelo único. Este pode ser único, mas não necessariamente o arquivo precisa ou pode ser um só.

e se reforça, exigindo, porém, novos modelos que orientem o processo como um todo.

A mudança no processo de projetar baseado em BIM é significativa e se reflete diretamente nos escritórios de arquitetura, uma vez que estes iniciam o processo e, em muitos casos, mediam e coordenam as demais especialidades. A partir desse contexto apresenta-se o objetivo deste trabalho, que é propor um modelo de processo de projeto para escritórios de arquitetura. A intenção é possibilitar que os escritórios de projeto arquitetônico atinjam um grau maior de eficiência ao adotar este novo conceito.

A abordagem no desenvolvimento dos projetos utilizando BIM, partindo dos escritórios de arquitetura se justifica, uma vez que o processo de projeto tem início com a concepção do projeto arquitetônico, tendo o arquiteto um papel destacado na disseminação desta nova forma de trabalhar. Não há dúvida de que as pesquisas relacionadas à BIM e o desenvolvimento de diferentes programas baseados neste conceito podem proporcionar uma grande diferenciação nos processos de projeto de arquitetura. Isso foi verificado nos escritórios que foram aqui estudados.

Assim, a problemática da presente investigação esteve sempre relacionada à demonstração da importância do desenvolvimento de um modelo de processo de projeto baseado em BIM, mais precisamente no seu planejamento e implantação nos escritórios de arquitetura.

Foram levantadas as aplicações dessa nova tecnologia em quatro escritórios de projeto de arquitetura, sediados em três capitais brasileiras. Com base no conhecimento do processo de projeto convencional, já bem organizados nas décadas de 1990 e 2000, em trabalhos como o de Melhado (2005), dentre outros e, com base no levantamento de problemas e dificuldades observadas nos escritórios estudados, foi possível elaborar um modelo genérico de processo de projeto com o uso da BIM, objetivo do presente artigo.

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Mato Grosso como atividade integrante do curso de pós-graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental. Os autores fazem parte do Grupo Multidisciplinar de Estudos da Habitação.

MÉTODO

CARACTERÍSTICAS DOS ESCRITÓRIOS SELECIONADOS

Realizou-se a pesquisa em quatro escritórios de arquitetura: dois deles sediados em São Paulo, um em Cuiabá e outro em Goiânia, conforme destacado no Quadro 1.

Nos casos A e B os questionários utilizados e as observações puderam ser feitos de forma presencial, enquanto que nos casos C e D a coleta de informações foi feita via *web*. Além disso, no caso A (que também serviu de

Quadro 1. Escritórios de arquitetura e sua localização, roteiro de aplicação e data da pesquisa.

Escritório	Cidade	Roteiro de aplicação da pesquisa	Mês/Ano
A	Cuiabá	Primeiras questões. Elaboração de entrevista semiestruturada, presencial.	11/2011
B	São Paulo	Aplicação de entrevista semiestruturada, presencial.	12/2011
C	Goiânia	Aplicação de entrevista semiestruturada, via <i>web</i> .	02/2012
D	São Paulo	Aplicação de entrevista semiestruturada, via <i>web</i>	02/2012

Fonte: Garbini (2012).

estudo-piloto) foi possibilitada a presença do primeiro autor deste artigo nas atividades de projeto, no formato de pesquisa participante.

A empresa A é um escritório de projetos de arquitetura de pequeno porte (20 funcionários) e está em fase de implantação da BIM. Apresentou vantagem em relação às demais, pois contou com a assessoria de outra empresa² que contribuiu com muitas informações para a equipe de arquitetos.

A empresa B, de grande porte (134 funcionários), encontra-se em estágio avançado, com processo consolidado e planejamentos definidos. Este escritório demonstrou que é possível, através de um bom plano, conseguir alcançar a eficiência em projetos desenvolvidos com BIM, apesar das dificuldades encontradas no início.

A empresa C, um escritório de pequeno porte (apenas 07 funcionários), representa grande parte dos escritórios de arquitetura brasileiros, em que o arquiteto é proprietário do escritório e também quem desenvolve todos os projetos, com auxílio de estagiários. Esse tipo de escritório tende a encontrar mais dificuldades, pois não está preparado financeiramente para investir em novas tecnologias, equipamentos e treinamentos. No entanto, a empresa C demonstrou que é possível conseguir informações e avançar na utilização da BIM em projetos de arquitetura.

A empresa D é um escritório de arquitetura de médio porte (83 funcionários) que tem conseguido grandes resultados em seus projetos. Possui uma equipe técnica específica para desenvolver projetos utilizando BIM. Isto permite obter um rápido retorno em termos de resultados, uma vez que os profissionais foram qualificados e receberam treinamento.

MÉTODOS DE ABORDAGEM

Yin (1994) caracteriza o estudo de caso como uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Segundo este mesmo autor, o tipo mais convincente e sólido é o estudo de casos múltiplos, e para escolher o número necessário de casos, o pesquisador deve refletir sobre o número de replicações de caso que gostaria de ter no estudo.

A utilização de casos múltiplos deve seguir uma lógica de replicação, e não de amostragem. Os casos devem funcionar de uma maneira semelhante aos experimentos múltiplos, com resultados similares ou contraditórios previstos explicitamente no princípio da investigação. Em resumo, a justificativa para casos múltiplos deriva diretamente de seu entendimento de repetições literal e teórica (YIN, 1994).

ETAPAS DA PESQUISA, INSTRUMENTOS E QUESTÕES ABORDADAS

As questões que orientaram o levantamento em cada escritório permitiram identificar como foi realizada a implantação da tecnologia BIM, quais as dificuldades encontradas, as mudanças no processo de projeto e a padronização dos processos de desenvolvimento de projetos.

A pesquisa preliminar realizada na empresa A foi definida como a primeira etapa para o estabelecimento de critérios de seleção dos outros estudos de caso. Assim, os procedimentos utilizados para a coleta de dados, estruturação, descrição das informações e análise deste trabalho deram suporte para a realização das pesquisas nos demais estudos de caso.

² Empresa especializada em projetos e obras, com mais de 40 anos no mercado da construção civil e que possui um núcleo para o desenvolvimento de projetos BIM há mais de 05 anos.

Foram abordadas questões sobre a implantação da tecnologia BIM: como foi realizado o planejamento inicial, como aconteceram os treinamentos e como foram definidos os padrões de trabalho. Foram, portanto, abordadas questões relacionadas aos dados da tecnologia de informação existente, sobre o plano de aquisições de novos computadores e sobre a real necessidade de máquinas com maior capacidade de armazenamento de arquivos. O Quadro 2 mostra a relação completa de questões que foram utilizadas para guiar as entrevistas e observações nos escritórios estudados.

Quadro 2. Questões utilizadas para orientação das entrevistas e observações.

Assunto	Questões
Instrumentos para o planejamento da empresa (missão, objetivos e expectativas com a implantação da BIM)	<ul style="list-style-type: none"> • Quais os objetivos principais da empresa para adotar a tecnologia BIM?
Instrumentos para o planejamento da equipe (guias, treinamento e consultorias)	<ul style="list-style-type: none"> • A empresa buscou algum guia para implantar a BIM na empresa? • Como foi definida a equipe a ser treinada? • A empresa mantém a equipe sempre atualizada, buscando novos cursos, palestras e seminários na área?
Dificuldades na implantação	<ul style="list-style-type: none"> • Como foi a escolha do primeiro projeto a ser desenvolvido em BIM? • Quais foram as maiores dificuldades encontradas no desenvolvimento deste primeiro projeto?
Software utilizado	<ul style="list-style-type: none"> • Qual o software utilizado para elaborar os projetos em BIM? • Teve conhecimento inicialmente da necessidade da aquisição de hardwares e softwares?
Etapas do projeto tradicional	<ul style="list-style-type: none"> • A composição de sua equipe de projeto mudou, após a implantação da BIM? • Como era a sua equipe de projetos antes da implantação da BIM?
Etapas do projeto BIM	<ul style="list-style-type: none"> • Com a adoção da tecnologia BIM é preciso maior número de informações do projeto na fase inicial – estudo preliminar?
Qualificação profissional	<ul style="list-style-type: none"> • Para trabalhar com projetos em BIM foi identificada a necessidade de profissionais com maior nível de qualificação? Por quê?
Padrões (templates* e bibliotecas)	<ul style="list-style-type: none"> • Para a utilização nos projetos, foi desenvolvido “template” exclusivo do escritório? • Para a utilização nos projetos, foi desenvolvida biblioteca exclusiva do escritório? • Foi adotado um padrão para nomenclatura das famílias e objetos a serem desenvolvidos?
Dificuldades gerais e perspectivas	<ul style="list-style-type: none"> • Principais barreiras para adoção da tecnologia BIM. • Reflexões sobre as tendências do BIM para o futuro.

Fonte: Garbini (2012). * *Template* (ou modelo de documento) é um documento sem conteúdo, com apenas a apresentação visual (apenas cabeçalhos, por exemplo) e instruções sobre onde e qual tipo de conteúdo deve entrar a cada parcela da apresentação – por exemplo, conteúdos que podem aparecer no início e conteúdos que só podem aparecer no final.

Como último ponto foram apresentadas as metodologias de trabalho, a dinâmica do desenvolvimento dos projetos com BIM, mapeando o modelo de processo de projeto praticado.

Para a proposição de um modelo de processo mais adequado ao conceito BIM, foram utilizadas as etapas de projeto consideradas pela AsBEA (ASSOCIAÇÃO..., 2000). Para ilustrar o processo de desenvolvimento do projeto (fluxos) e as etapas, foi adotada a mesma disposição empregada por Melhado (2005) que destaca as etapas do processo (reuniões, elaboração,

detalhamento, revisão, controle, análise, etc.) com os respectivos requisitos (documentos prévios), agentes envolvidos (participantes, projetistas das diferentes especialidades) e os produtos resultantes (projetos finalizados, relatórios, etc.).

RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO

Os quatro casos analisados apresentaram estruturas diferentes, possibilitando identificar que muitas vezes a estrutura física do escritório de arquitetura não muda o objetivo final dos projetos, ou seja, a busca por maior qualidade no desenvolvimento destes.

Nos casos observados foi possível verificar que os escritórios mais bem estruturados tem acesso facilitado a novas tecnologias, já que possuem maior aporte de recursos financeiros para aquisição de novos softwares e treinamento de seus funcionários. Isso pode explicar porque estes escritórios já apresentam planejamento mais adequado para o desenvolvimento de seus projetos com BIM. Diferentemente, os escritórios menores, que representam grande parte dos escritórios de arquitetura brasileiros, podem encontrar maiores dificuldades, uma vez que não existe uma disponibilidade financeira constante para novos investimentos.

Quanto à implantação, além das dificuldades financeiras observadas, constatou-se a baixa qualificação dos profissionais para atender as novas exigências da tecnologia. Os profissionais sabem da existência de guias de implantação, no entanto, dificilmente são adotados, inclusive devido à falta de conhecimento de língua estrangeira.

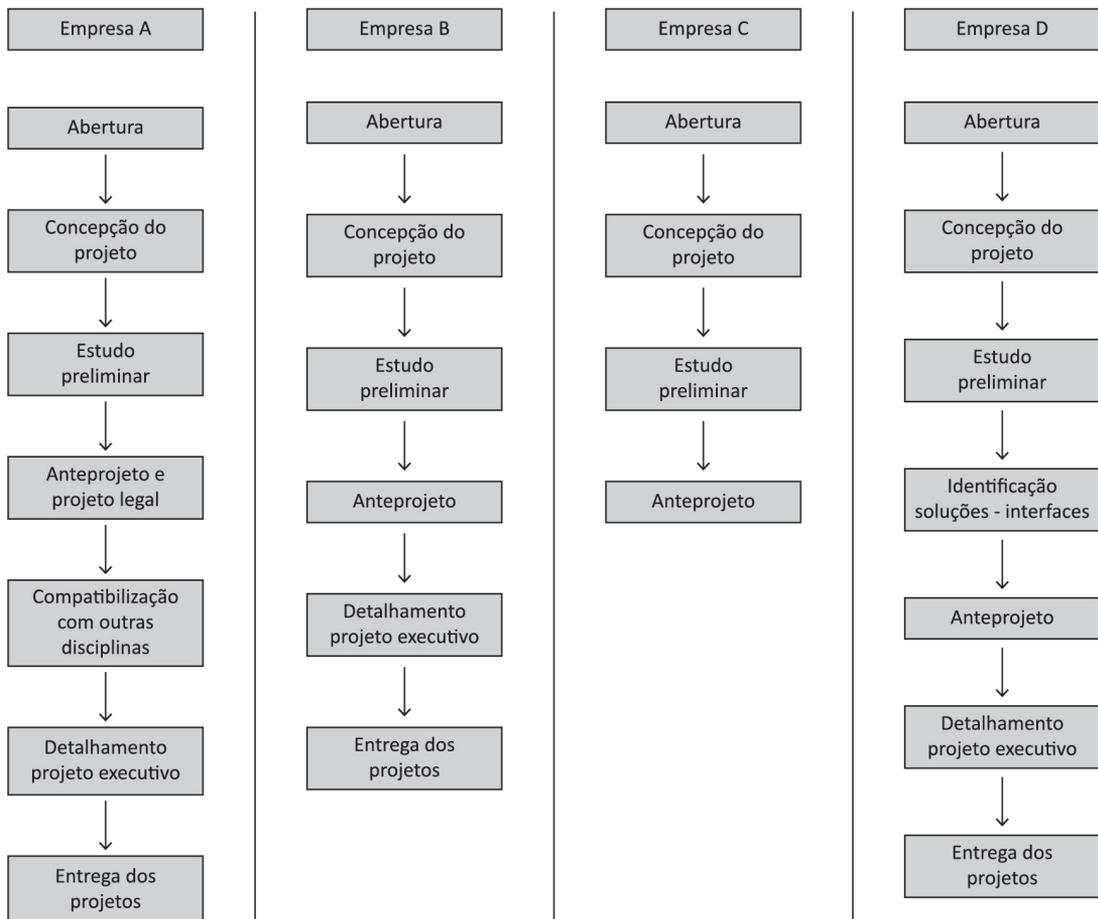
Para entender como os escritórios trabalhavam, foi necessário mapear o processo de projeto tradicional de trabalho, pois é através deste processo que estes escritórios estão buscando a adaptação para o uso da tecnologia BIM. A Figura 1 apresenta a sequência do processo de projeto tradicional das quatro empresas analisadas. Pode-se identificar semelhança nos processos, sendo que a maioria dos escritórios de arquitetura utiliza as etapas definidas pelo processo proposto pela AsBEA (ASSOCIAÇÃO..., 2000). Observa-se que a empresa A foi a única que apresentou a etapa de compatibilização do projeto arquitetônico com as outras disciplinas.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS COM O USO DA TECNOLOGIA BIM

Após a realização do mapeamento para entender como funcionavam os escritórios ao desenvolver projetos de maneira tradicional, levantou-se também o processo de projeto, utilizando a tecnologia BIM (Figura 2).

Para criar este planejamento de novas etapas, foi identificada a necessidade de um profissional importante, o coordenador BIM. Esse profissional é que faz o planejamento da implantação da tecnologia BIM, coordena o desenvolvimento dos projetos, a equipe técnica, e identifica as necessidades de cada projeto, principalmente o que será modelado. Também é sua função criar os níveis de detalhamento, controlar a equipe de projetos para que o modelo seja finalizado com alto nível de qualidade. Isto para que, seja possível extrair todas as informações identificadas como necessárias para cada projeto.

Nos casos estudados, concluiu-se que os escritórios de maior porte, justamente os que possuem um coordenador BIM, são os que já possuem um plano de modelagem detalhado, com todas as informações relacionadas ao desenvolvimento do projeto. Isso se mostra de grande importância, pois é através deste plano que o escritório conseguirá identificar onde



devem ocorrer mudanças no seu processo de trabalho e como devem ser desenvolvidos os modelos de arquitetura.

Figura 1. Processo de projeto tradicional nos quatro casos analisados. Fonte: Garbini (2012).

CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE PROJETO UTILIZANDO A TECNOLOGIA BIM

Sobre o processo de projeto, os arquitetos diretores dos escritórios caracterizaram suas equipes antes da implantação da tecnologia BIM, como sendo dispersas, existindo falta de comunicação entre as equipes, ocasionando erros de projeto.

Com a implantação da tecnologia BIM no desenvolvimento dos projetos, o relato foi que as equipes trabalham de forma conjunta, da forma como a tecnologia exige, resultando em menos erros de projetos e, conseqüentemente, aumentando a qualidade dos mesmos.

Outra constatação foi a necessidade de contratar profissionais com um novo perfil. Para desenvolver projetos com BIM são necessários projetistas de arquitetura com experiência em construção e modelagem de arquitetura.

O resultado principal no que diz respeito a processos de projeto, é que o mercado está exigindo cada vez mais, profissionais com maior capacidade técnica para desenvolver os projetos. Para utilizar a tecnologia BIM é necessário conhecimento em sistemas construtivos, especificações de materiais e domínio razoável sobre custos.

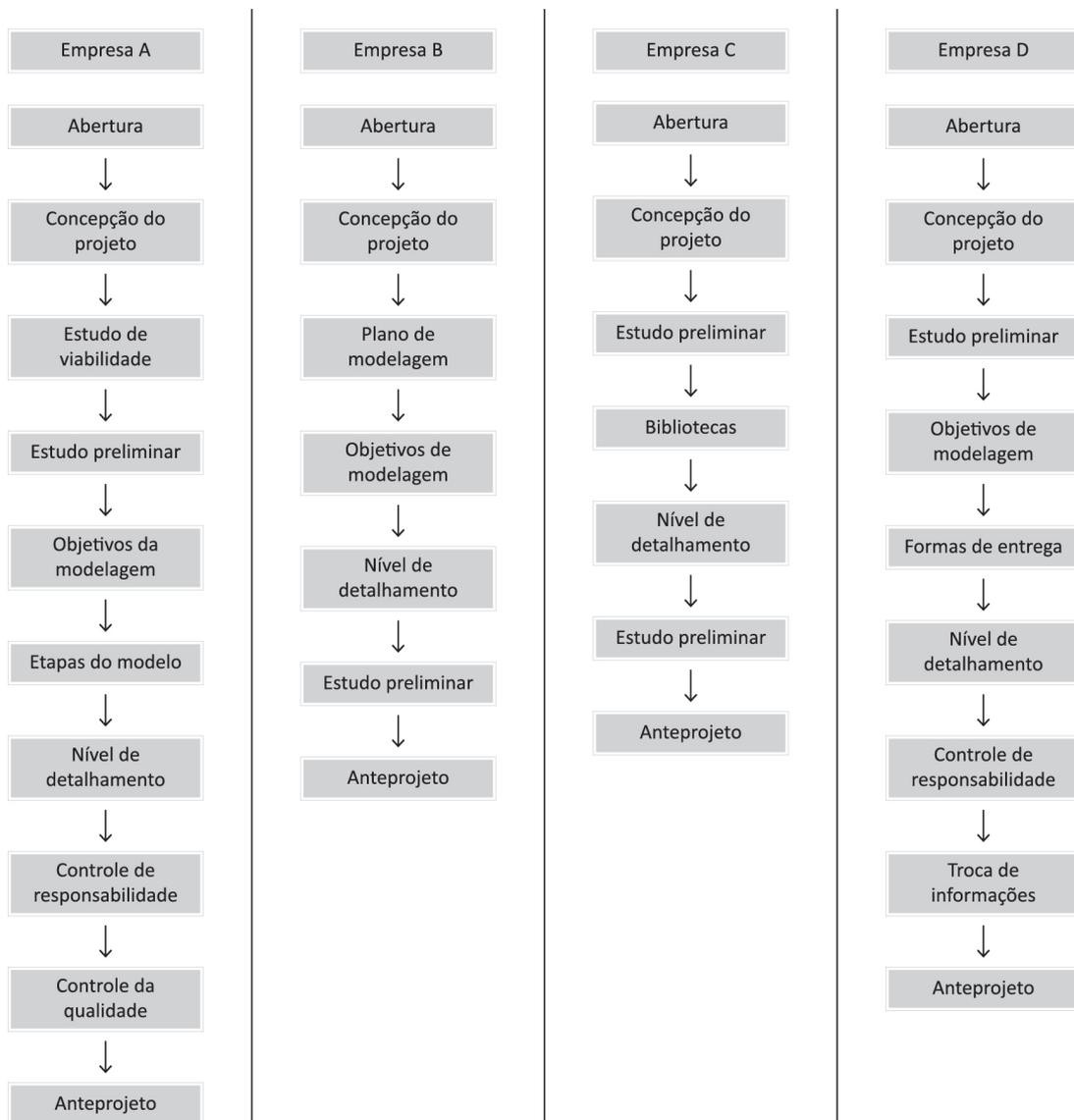


Figura 2. Processo de projeto utilizando a tecnologia BIM nos quatro casos analisados. Fonte: Garbini (2012).

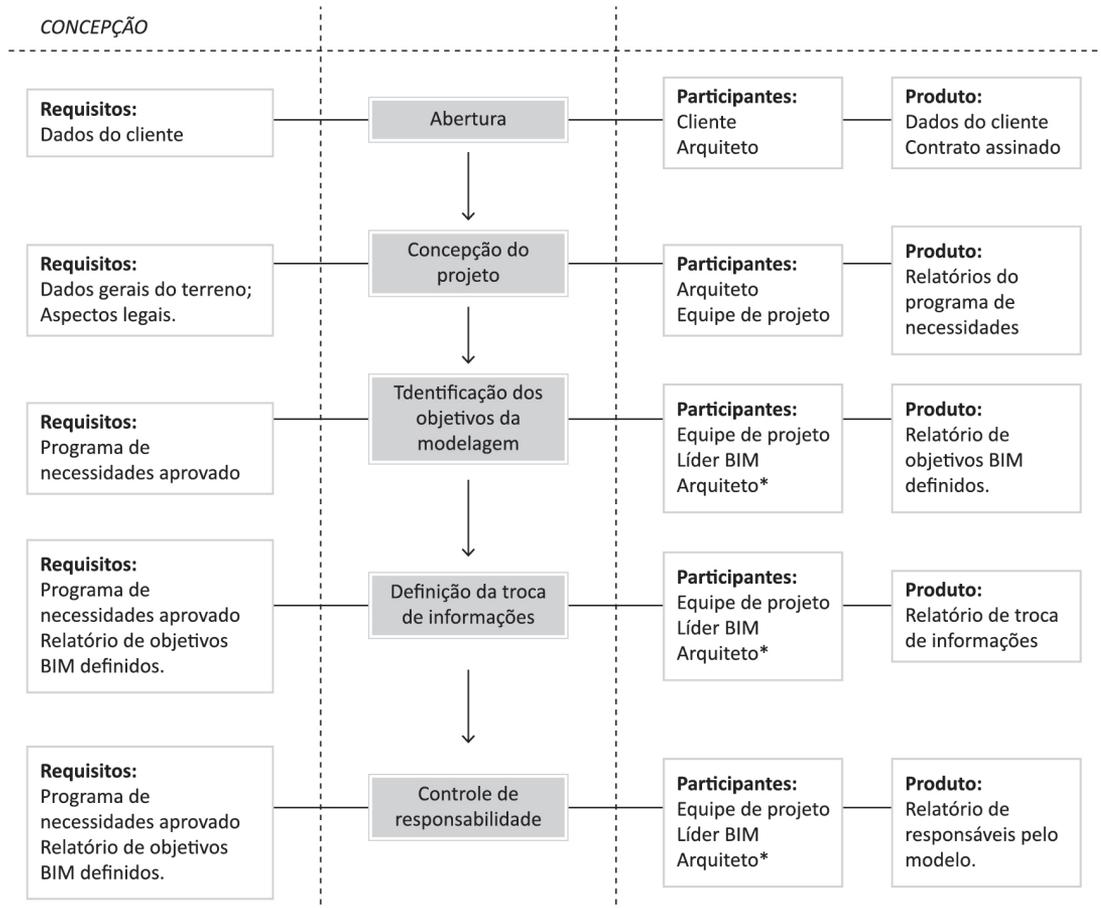
PROPOSTA DE MODELO DE PROCESSO DE PROJETO COM O USO DA BIM

As etapas do processo envolvem o levantamento de dados, o estudo preliminar, o anteprojeto, o projeto legal, o projeto executivo (subdividido em projeto pré-executivo, projeto básico, projeto executivo e detalhes de execução), caderno de especificações, compatibilização, coordenação, gerenciamento dos projetos, assistência à execução da obra, e, serviços adicionais (opcional).

De acordo com as informações coletadas nos estudos de caso, foi realizada uma adequação, de acordo com as necessidades exigidas pelo projeto quando o mesmo é desenvolvido com a BIM. Para o modelo proposto foram adotadas três etapas: concepção, desenvolvimento e conclusão. Descreve-se, nos parágrafos seguintes o formato de cada uma destas etapas e faz-se, ao final, um comparativo entre o modelo proposto e o modelo tradicional.

FASE DE CONCEPÇÃO

A Figura 3 ilustra o fluxo de desenvolvimento desta primeira fase. A etapa inicial é marcada pelo primeiro contato entre o escritório de arquitetura e o cliente. Nessa primeira etapa é feita a identificação das necessidades do cliente para em seguida ser elaborada a proposta para elaboração do projeto. Após a aprovação desta proposta, é elaborado o contrato.



Nesta fase é realizado o levantamento de dados do terreno, com a consulta a todos os órgãos legais necessários. Em seguida, é realizada a definição do programa de necessidades juntamente com o cliente, seguindo então para o desenvolvimento do estudo preliminar.

Após todo este processo de abertura e identificação de necessidades, é necessária a primeira reunião com o líder BIM ou arquiteto diretor do escritório que pode desenvolver essa função. Isto para que sejam definidos os objetivos do modelo de arquitetura, apresentando a todos da equipe técnica quais as necessidades da modelagem do projeto.

Após a identificação dos objetivos, é preciso definir como será realizada a troca de informações durante o desenvolvimento do projeto. Com isso identificam-se quais os projetistas envolvidos no projeto que trabalharão com a tecnologia BIM e como será realizada a troca de informações entre todos. Nesta etapa, são identificados quais são os membros da equipe técnica que possuem a qualificação necessária para a modelagem que se necessita desenvolver para o projeto em questão.

Figura 3. Modelo proposto - fase de concepção.
Fonte: Garbini (2012).

A importância de se definir os objetivos da modelagem já na fase de concepção é significativa. A equipe de projetos identificará antecipadamente as necessidades que este projeto exigirá ao longo do seu desenvolvimento, podendo assim definir melhores estratégias de trabalho, como a criação de bibliotecas necessárias para o projeto e a utilização de *template* adequado às informações que o projeto a ser desenvolvido exigirá.

A mesma situação ocorre na definição das trocas de informações. Estas precisam ser detalhadas ainda nesta fase inicial, pois com esse planejamento, não se corre o risco de definir um membro da equipe técnica que não tenha a qualificação necessária para desenvolver o modelo, atrasando o desenvolvimento do projeto.

FASE DE DESENVOLVIMENTO

No estudo preliminar são aplicadas todas as informações recolhidas pelo arquiteto com o cliente, ou seja, é quando é elaborada a representação do projeto para apresentação, com o desenvolvimento de maquetes eletrônicas para melhor entendimento do volume do projeto.

Com a utilização da tecnologia BIM, na fase de desenvolvimento do estudo preliminar, existem duas opções que podem ser realizadas: (a) sem detalhamentos, desenvolvendo imagens tridimensionais em outro programa para apresentação do cliente ou (b) com os principais materiais de acabamento definidos e geração de imagens tridimensionais para o cliente, com a utilização apenas do software BIM. A segunda alternativa se mostra ideal, pois dessa forma, o escritório diminui retrabalhos, obtendo a imagem gerada a partir de um único software.

A opção por desenvolver a imagem tridimensional ainda ocorre, em razão dos escritórios estarem ainda acostumados a definir acabamentos e materiais apenas na fase de projeto executivo. Com a tecnologia BIM estas definições podem ser realizadas e apresentadas ao cliente na fase de estudo preliminar.

Com a aprovação do estudo preliminar, é preciso criar as etapas do modelo (exemplos: anteprojeto, executivo, projeto básico) e definir o nível de detalhamento de cada etapa que foi criada. Após a definição das etapas e dos níveis de detalhamento é preciso identificar em quais categorias serão elaboradas cada etapa do modelo (exemplos: categorias de janelas, portas, pisos, paredes).

A Figura 4 ilustra o desenvolvimento proposto para a segunda fase.

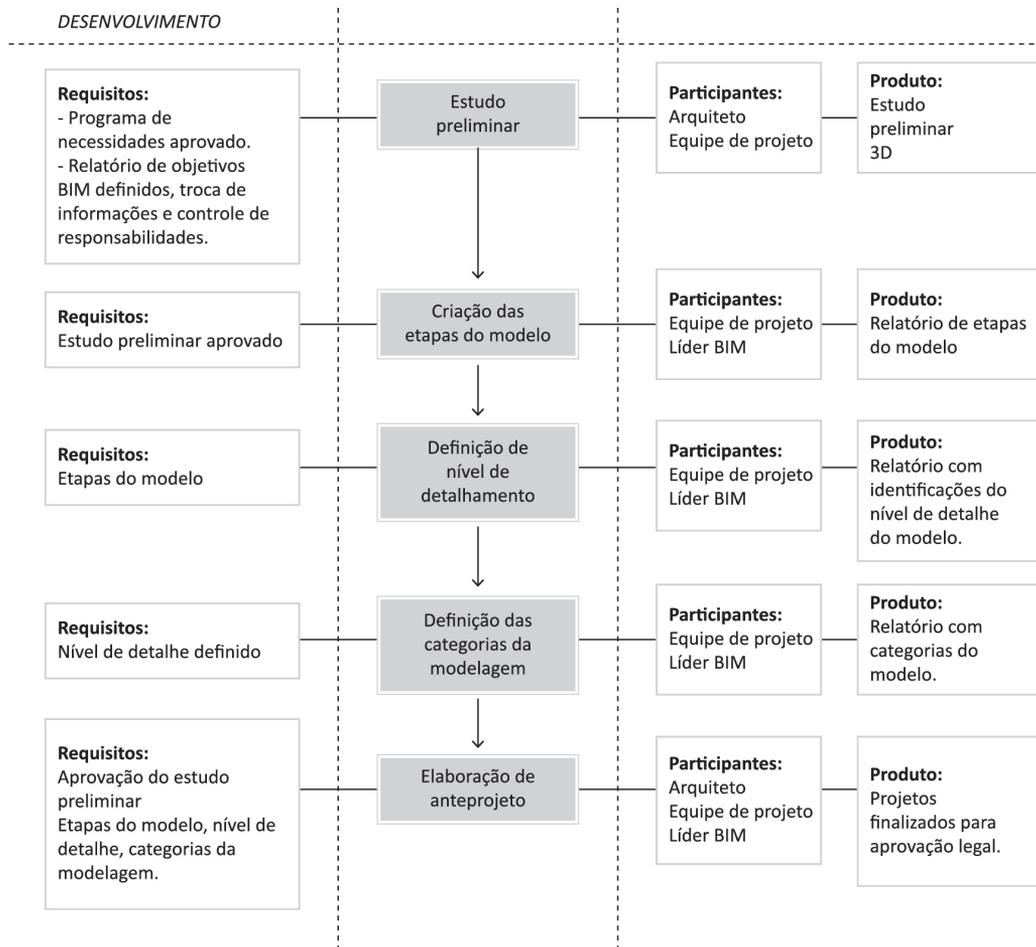
Após todas essas definições, o planejamento para modelagem estará completo e o anteprojeto será desenvolvido de forma que, ao final, se consiga extrair as informações definidas no início do desenvolvimento do modelo de arquitetura.

FASE DE CONCLUSÃO

Faz parte da fase de conclusão o projeto executivo que é subdividido em: projeto pré-executivo, projeto básico, projeto de execução e detalhes de execução; caderno de especificações; compatibilização; coordenação; gerenciamento dos projetos; assistência à execução da obra; e serviços adicionais (opcional). A Figura 5 mostra o fluxo desta última fase.

Com a tecnologia BIM, a busca de especificações de materiais de acabamento e a definição de materiais de construção podem ser realizadas na fase de anteprojeto.

Com essas questões definidas, a fase de conclusão que inclui a elaboração do projeto executivo tem seu tempo reduzido, pois os projetos já estão prontos. Também se ganha tempo com a questão dos detalhamentos, pois com a BIM esses detalhes já foram definidos no anteprojeto. O mesmo acontece



com a compatibilização, pois caso os projetistas das demais especialidades trabalhem com BIM, torna-se possível a junção de todos os projetos, realizando a compatibilização automaticamente³.

Para manter a qualidade do modelo, é preciso criar mecanismos de controle, para que seja possível realizar a correção do modelo e identificar possíveis erros. A etapa de controle da qualidade do projeto entra na fase de conclusão, pois é quando a equipe que desenvolveu o projeto irá fazer uma análise geral do modelo desenvolvido com base no que foi definido nos objetivos do projeto. Após essa análise será emitido um relatório com os itens que foram atendidos, e a justificativa quanto aos itens que não foram atendidos.

Por fim, é preciso definir como será a entrega do projeto, com a definição da autoria do projeto e como serão controladas as alterações no modelo ao longo da sua utilização.

ANÁLISE GERAL DO MODELO PROPOSTO

Os estudos de caso apresentados contribuíram fundamentalmente para a elaboração deste modelo. Com os dados obtidos e com a experiência vivenciada nos estudos de caso foi possível identificar o que se pode chamar de erros de procedimentos durante a elaboração dos projetos.

³ Já existem profissionais que estão trabalhando na área de compatibilização com BIM, embora ainda seja um começo. Existem escritórios que fazem a compatibilização automática, onde é gerado um relatório com as interferências e enviado aos projetistas.

Figura 4. Modelo proposto - fase de desenvolvimento. Fonte: Garbini (2012).

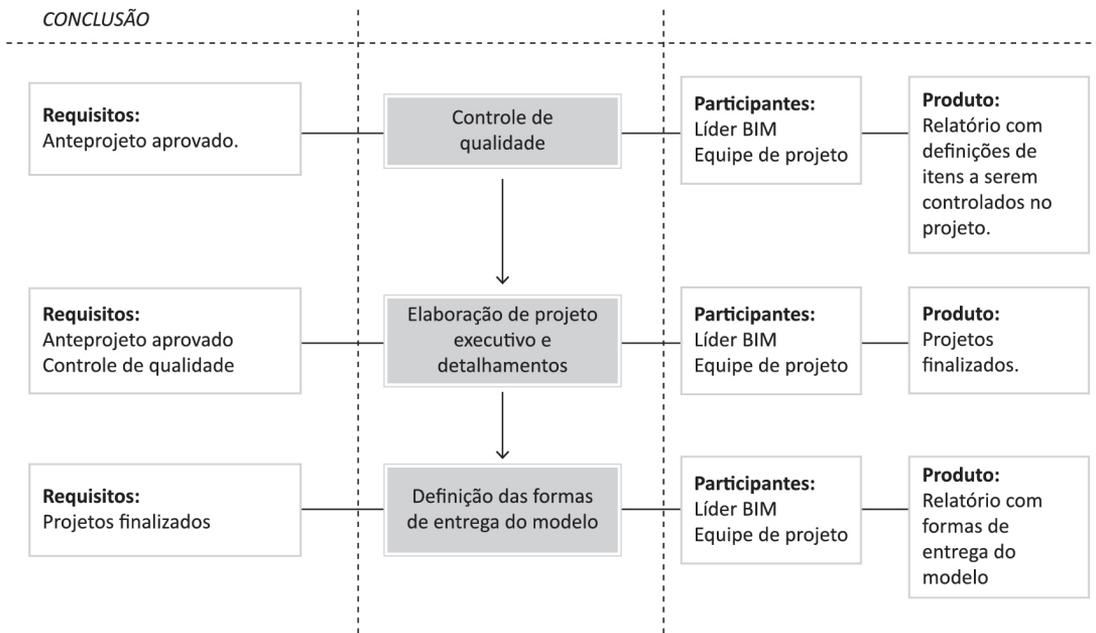


Figura 5. Modelo proposto - fase de conclusão.
Fonte: Garbini (2012).

Entende-se que o modelo aqui proposto é mais adequado, pois busca corrigir a sequencia das várias etapas (e, conseqüentemente, os requisitos, os participantes e os produtos correspondentes), considerado ideal dentro do contexto de escritórios que iniciam a implantação da BIM. Na Figura 6 são apresentados, de forma resumida, os fluxos das empresas investigadas em comparação com o fluxo proposto.

As adequações mostradas à Figura 6 são as seguintes:

- Foi retirada a fase de “Definição” porque o termo “Desenvolvimento” é mais adequado em razão de existirem definições de projeto e início do desenvolvimento do projeto com a elaboração do anteprojeto.
- Foi acrescentada a fase de “Conclusão”. Nas empresas investigadas o processo foi acompanhado até a fase de anteprojeto, mas no modelo proposto abrange o que se pode chamar de conclusão, pois há necessidade de serem inseridos instrumentos de controle e de entrega do modelo.
- A etapa de *Identificação dos objetivos da modelagem* saiu da fase de Desenvolvimento e passou para a fase de Concepção porque é importante que os objetivos da modelagem do projeto sejam definidos antes do início do desenvolvimento do projeto, pois é a fase em que são identificadas as necessidades do modelo de arquitetura.
- A etapa de *Definição das trocas de informações* passou para a fase de Concepção porque nesse item são identificados os membros da equipe que tem a habilidade necessária e quais os projetistas estarão envolvidos no projeto. É necessário que isso seja definido antes do desenvolvimento do projeto.
- A etapa de *Controle de responsabilidades* também passa a acontecer mais cedo, indo também para a fase de Concepção. Isto porque, ao identificar os membros da equipe que desenvolverão o modelo, serão definidas as responsabilidades de cada um, de tal modo que, na etapa final seja possível realizar o controle de qualidade.
- As etapas de: (a) *Criação das etapas do modelo*, (b) *Definição de níveis de detalhe*, (c) *Definição das categorias de modelagem* e (d) *Elaboração do*

Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Modelo proposto
Concepção	Concepção	Concepção	Concepção	Concepção
Abertura Concepção do projeto	Abertura Concepção do projeto	Abertura Concepção do projeto	Abertura Concepção do projeto	Abertura Concepção do projeto Identificação dos objetivos da modelagem Definição da troca de informações Controle de responsabilidades
Definição	Definição	Definição	Definição	Desenvolvimento
Estudo de viabilidade Estudo preliminar		Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar Criação das etapas do modelo Definição do nível de detalhe Definição das categorias de modelagem Elaboração do anteprojeto
Desenvolvimento	Desenvolvimento	Desenvolvimento	Desenvolvimento	Conclusão
Objetivos da modelagem Etapas do modelo Nível de detalhamento Controle de responsabilidades Controle de qualidade Anteprojeto	Objetivos da modelagem Nível de detalhamento Plano de modelagem Anteprojeto	Nível de detalhamento Bibliotecas Anteprojeto	Objetivos da modelagem Formas de entrega Nível de detalhamento Controle de responsabilidades Troca de informações Anteprojeto	Controle de qualidade Elaboração do projeto executivo e detalhamento Definição das formas de entrega do modelo

anteprojeto continuam na fase de desenvolvimento de projeto, pois são definições a serem realizadas após a aprovação do estudo preliminar.

- Na Conclusão, o item *Controle de qualidade* manteve-se na mesma fase, pois esse controle é realizado após a finalização do projeto. Mesma situação ocorre nos projetos executivos e detalhamentos que só são elaborados após aprovação do anteprojeto.
- O item *Formas de entrega do modelo* passou da fase de desenvolvimento para a fase de conclusão, pois só é realizado com o projeto finalizado e aprovado. As formas de entrega do projeto precisam ser estabelecidas com base nas características de cada projeto. A equipe deve desenvolver uma linguagem de projeto BIM que precisa ser incorporada aos contratos, pois é preciso criar mecanismos de controle de autoria nas alterações do modelo ao longo da execução e manutenção do projeto.

É importante explicar que este fluxo do modelo pode ser adaptado de acordo com as características organizacionais do escritório que for implantá-lo.

Em escritórios que estão iniciando o uso da tecnologia BIM, a implantação deste modelo poderá passar por algumas barreiras iniciais, como a não adoção de alguns procedimentos de controle. Porém cabe salientar que a experiência dos escritórios cresce à medida que todos os membros da equipe técnica começam a conhecer e se envolver com novos processos de trabalho, novos softwares e novas formas de controle do projeto.

Figura 6. Etapas de projeto das empresas A, B, C e D comparadas com as etapas do modelo proposto. Fonte: Garbini (2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da entrevista contribuiu para uma análise qualitativa dos casos. Com a compilação de todas as informações foi possível confirmar o quanto a tecnologia BIM vem alterando o desenvolvimento do processo de projeto nos escritórios de arquitetura. Nas quatro empresas analisadas, a equipe técnica comentou que com o uso da tecnologia BIM a elaboração dos projetos passou a ser desenvolvida de forma colaborativa. Com profissionais trabalhando em um mesmo modelo (nos casos estudados, em um arquivo único), foi verificada a diminuição dos erros projeto, aumentando a qualidade e a produtividade do escritório.

As entrevistas realizadas fizeram com que fosse possível entender como estes escritórios de arquitetura estão começando a trabalhar com a tecnologia BIM, quais os tipos de planejamento estão sendo feitos para implantá-la. Confirma-se, com base nos casos estudados, que o estágio da adoção da tecnologia BIM ainda é inicial, pois todos os escritórios analisados ainda desenvolvem apenas os projetos de arquitetura, não existindo ainda a participação conjunta de arquitetos com projetistas das demais áreas e engenharias, para que possa ser feita a compatibilização. Por outro lado, as análises para definir iluminação, realizar a dinâmica do canteiro de obras, fazer simulações do andamento da obra, fazer cálculos térmicos, dentre outras, podem ser feitas individualmente, sem problemas.

Como pressuposto desta pesquisa, tinha-se que os escritórios de arquitetura não utilizavam um planejamento formal e completo para começar a desenvolver seus projetos em BIM. Este pressuposto foi verificado e confirmado, visto que nenhum escritório possuía planejamento completo para o início do desenvolvimento de seus projetos com a BIM. No único escritório onde houve planejamento (caso A), este não foi desenvolvido pelo escritório de arquitetura, mas, sim, por uma empresa coordenadora de projetos, contratada pelo cliente.

Constata-se que a implantação e o desenvolvimento dos projetos com uso da tecnologia BIM ainda encontra-se em fase preliminar no Brasil, existindo poucas exceções, como os grandes escritórios de arquitetura que, por possuírem uma equipe mais estruturada, conseguem avançar na utilização da tecnologia.

De forma geral, existe a tendência dos escritórios de projeto não desenvolverem um planejamento adequado para implantação da tecnologia BIM. Nos casos estudados, verificou-se que os profissionais sabem da existência de guias de implantação, no entanto, dificilmente são adotados. Observou-se que existe até mesmo a falta de conhecimento de língua estrangeira por parte da equipe técnica.

É evidente que os escritórios anseiam por aumentar a qualidade e produtividade de seus projetos, e pretendem conseguir essas vantagens com a utilização da tecnologia BIM. No entanto, sem ter o conhecimento acerca das mudanças no processo de trabalho que irão ocorrer e sobre as necessidades do escritório em termos de equipe técnica e equipamentos, a tecnologia BIM pouco irá contribuir para a melhoria de seus projetos.

É nítido verificar que, de modo geral, os escritórios de arquitetura apresentam dificuldades em mudar seu método de trabalho, com destaque para a utilização de novos softwares, sobretudo as empresas que já vem adotando a tecnologia BIM. Poucos profissionais possuem conhecimento amplo nesta área. Verificou-se que estes novos programas ainda estão sendo subutilizados, pois as informações relativas a outros integrantes do processo não estão sendo agregadas ao modelo. Tais dificuldades são distintas: as barreiras com software podem ser resolvidas com treinamento, enquanto

que a necessidade de agregação de todos os projetistas envolve mudança no conceito de elaboração do projeto, ou seja, constitui desafio maior.

Conclui-se que há um grande caminho a ser percorrido pelo setor de projetos da construção civil. É necessária a maior participação de fornecedores e outros projetistas no processo como um todo para que maiores vantagens sejam alcançadas com a tecnologia. Alinhar o desenvolvimento do processo de projeto utilizando a tecnologia BIM, com as reais necessidades dos escritórios de arquitetura, ainda pode ser considerado um grande desafio para a indústria da construção civil.

Os escritórios de arquitetura estão envolvidos em práticas atuais de projeto, nas quais dificilmente chega-se à fase de projeto executivo, ou seja, não são elaborados todos os detalhamentos necessários para a execução da obra. Tais práticas colaboram para a baixa qualidade dos projetos e constituem ainda em obstáculos para a introdução de melhorias no processo.

É também relevante comentar que profissionais com o perfil interdisciplinar desejável para atuar dentro deste novo conceito de desenvolvimento de projetos dificilmente serão formados rápida e completamente pelas universidades. Assim, as dificuldades dos escritórios não devem ser resolvidas em curto prazo. Transpor as dificuldades financeiras para aquisição de hardware e software será, muito provavelmente, mais fácil que resolver as lacunas de qualificação dos profissionais de projeto.

Embora o modelo de processo de projeto aqui proposto ainda deva ser aplicado e avaliado, com o objetivo de validá-lo, os autores acreditam que o mesmo pode contribuir com os arquitetos e escritórios que objetivam a implantação da nova tecnologia e uma nova forma de desenvolver seus projetos. Houve a preocupação de se criar e uma estrutura objetiva, um conjunto de procedimentos simples, direcionados aos escritórios de arquitetura menores, mas que pretendem adotar um mínimo de planejamento.

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior) pela bolsa de estudos que permitiu o desenvolvimento desta pesquisa. E aos arquitetos diretores das quatro empresas estudadas, bem como das equipes de projeto, permitindo que fossem feitas as entrevistas, as observações e o acompanhamento de projetos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. BIM: conceitos, cenários das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETOS, 1., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: RiMa, 2009a. p. 602-613.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 76-111, 2009b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - ASBEA. Roteiro básico de desenvolvimento de projetos de arquitetura. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - ASBEA. **Manual de contratação de serviços de arquitetura para espaços empresariais**. São Paulo: Pini, 2000. cap. 5.
- AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Setor de Tecnologia, Curitiba, 2009.
- EASTMAN, C. M. et al. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for**

owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 490 p. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470261309>

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B.; GRILO, L. **O ensino de projeto e a prática projetual em equipes multidisciplinares**. São Paulo: Escola Politécnica USP, 2002. Disponível em: <http://leonardogrilo.pcc.usp.br/revista_risco.pdf>. Acesso em: 5 out. 2010.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. Projetos da produção e projetos para produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos. In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC; UFSC, 1998.

FABRÍCIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W.; MELHADO, S. B. Conceitos de qualidade no projeto de edifícios. In: FABRÍCIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. (Org.). **Qualidade no projeto de edifícios**. São Carlos: RiMa; ANTAC, 2010. p. 5-22.

GARBINI, M. A. L. **Proposta de modelo para implantação e processo de projeto utilizando a tecnologia BIM**. 2012. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental)-Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

KOSKELA, L. et al. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation in Construction**, Amsterdam, v. 20, p. 189-195, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/02934532>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção de edifícios. 1994. 294 f. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B. (Org.). **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MOUM, A. A framework for exploring the ICT impact on the architectural design process. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, Sweden, v. 11, p. 409-

425, 2006. Disponível em: <http://www.itcon.org/data/works/att/2006_30.content.07890.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2010.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A. Contribuição da Tecnologia da Informação ao processo de projeto na construção civil. In: WORKSHOP DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001.

OLIVEIRA, M. R. **Modelagem virtual e prototipagem rápida aplicadas em projetos de arquitetura**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade na construção de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1993. (Boletim Técnico BT/PCC/104).

ROMANO, F. V. **Modelo de referência para o Gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. 2003. Tese (Doutorado)-Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de Santa Catarina, 2003.

ROMANO, F. V.; BACK, N.; OLIVEIRA, R. D. A. Importância da modelagem do processo de projeto para o desenvolvimento integrado de edificações. In: WORKSHOP DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, São Carlos, 2001. **Anais...** São Carlos: USP, 2001.

RUSCHEL, R. C. et al. *Building Information Modeling* para projetistas. In: FABRÍCIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. (Org.). **Qualidade no projeto de edifícios**. São Carlos: RiMa; ANTAC, 2010. p. 137-162.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

YIN, R. K. **Case study research**: design and methods. Sage Publications, 1994.

Correspondência

Marcele Ariane Lopes Garbini, marcelearg@hotmail.com
Douglas Queiroz Brandão, dbrandao@ufmt.br

CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM BIM PARA PROJETOS COMPLEXOS - UM ESTUDO COM PROJETOS DE PARQUES TECNOLÓGICOS

Contribution of BIM Modeling for Complex Projects - A Case Study on Projects of Technological Parks

Claudio Alcides Jacoski¹, Soraia Foryta Jacoski¹

RESUMO: A economia do conhecimento como vem sendo chamada, trouxe consigo um nível de competitividade jamais visto pela sociedade. Da mesma forma, a inovação passou a se constituir como um dos principais instrumentos de desenvolvimento econômico. Para dar condições a um ambiente propício para a inovação é que a sociedade, utilizando o conceito da Tríplice Hélice (denominação que integra ações desenvolvimentistas entre o setor público, setor privado e as Instituições de Ensino), buscou desenvolver espaços integrados que contemplam a composição destes três agentes, estruturando o que se passou a chamar de Parques Tecnológicos. Estes espaços contemplam uma quantidade de usos extremamente diversificados e projetos complexos que demandam uma integração entre ambientes de inovação, criação, produção, industrialização, lazer, convivência, dentre outros. No modelo de projeção usual, a dificuldade de integração entre as necessidades de informações para o projeto arquitetônico podem ser extremamente complicadas e dispendiosas. Ocorre que com o uso da modelagem em projetos utilizando a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*), há prerrogativas que anteriormente não existiam e que potencialmente passarão a contribuir com a agilidade do processo, principalmente pela integração e automação de atividades. O estudo apresentado analisa o uso da modelagem BIM em projetos de onze Parques Tecnológicos de Centros de Inovação do Estado de Santa Catarina.

PALAVRAS-CHAVE: Parques Tecnológicos, BIM, projetos complexos.

ABSTRACT: Instruments for economy has brought a level of competition never seen before by society, mainly concerning constructions and engineering. Technological innovations become a mean for economic development, giving conditions to an environment conducive to innovative products and process. Using the concept of the triple helix, that means the integration of the development of spaces that include the association of the Private Sector with the Public and the action of the Universities, structuring what's called technological parks, these spaces potentially include a wide variety of uses, the so-called complex projects that require integration between innovation, creativity, production, with spaces for recreation, sociability, and many others. In the usual method for building, is well know the extreme difficulty to integrate many sources of information. Therefore, the use of project modeling BIM (*Building Information Modeling*), open possibilities that previously did not exist. This study case presents an analysis of the use of BIM of eleven projects of technological parks in Innovation Centers of the Santa Catarina State, Brazil.

KEYWORDS: Technology Parks, BIM, complex projects.

¹Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ, Chapecó, SC, Brasil

How to cite this article:

JACOSKI, C. A.; JACOSKI, S. F. Contribuição da modelagem BIM para projetos complexos - um estudo com projetos de parques tecnológicos. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 25-42, jan./jun. 2014
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.69567>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.
Conflito de interesse:
Declararam não haver.

Submetido em: 01 mar., 2014
Aceito em: 11 jul., 2014

INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica faz parte do mundo globalizado, sendo utilizada como uma forma estratégica de competição entre empresas, tendo produzido soluções melhoradas em produtos, processos, em marketing e nas organizações (ORGANIZAÇÃO..., 2005).

Para ter sucesso no contexto da inovação, ou seja, para introduzir um novo sistema/produto no mercado de trabalho são necessários alguns fatores integrados, como, por exemplo, tecnologia, ambiente externo, pessoas e a evolução da própria organização.

No campo da organização de projetos, os escritórios de projetos como são denominados, vem acolhendo uma modificação no projetar, com a Modelagem da Informação no Projeto, ou seja a chamada tecnologia BIM (*Building Information Modeling*), que vem permitindo uma sensível modificação nos projetos arquitetônicos e complementares. Essa mudança pode ser mais produtiva se houver integração entre os agentes de projeto, pois esta tecnologia proporciona maior velocidade no andamento das obras e oferece maior certeza no processo dos projetos e maior qualidade ao produto final. Na fase de projeto, geralmente, as informações apresentadas podem ser divergentes entre os profissionais que atuam nele, pois cada um tem um pensamento de acordo com sua escolha, seja por definição técnica, custo ou adequação às condições existentes.

Hoje já se pode ter acesso a softwares que integram profissionais num mesmo projeto, permitindo assim trabalharem ao mesmo tempo com as mesmas informações de forma colaborativa, minimizando erros e retrabalhos.

Da mesma forma, há atualmente um crescimento de projetos de Parques Tecnológicos pelo país e também no mundo, e sabe-se que estes ambientes são considerados bastante complexos, com um contexto bem variado de condições para serem projetadas e organizadas.

O artigo contribui para se compreender como a metodologia BIM pode contribuir na organização de projetos complexos de edificações como os Parques Tecnológicos, estudando quais condições poderão ser facilitadas pelo uso deste tipo de ferramenta.

MODELAGEM BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

A modelagem BIM (*Building Information Modeling*) consiste em uma plataforma de programas computacionais destinada aos profissionais ligados as áreas de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), capaz de abarcar em um único arquivo, as informações inerentes ao projeto. Desde características típicas de desenhos, imagens e apresentações que compõem o produto final do projeto, enquanto representação gráfica, até informações documentais, orçamentarias, quantitativas, dentre outras que acabam por envolver inúmeros profissionais de diferentes esferas de atuação na concepção de um empreendimento em seu ciclo completo (OLIVEIRA, 2011).

Nos últimos anos muito se tem falado em BIM e cada vez mais o setor da construção vem absorvendo esta tecnologia. Aprimorando ainda mais o conceito, a Modelagem de Informação da Construção é um conjunto de conhecimentos gerados e mantidos durante todo o ciclo de vida de um edifício, que mesmo posteriormente, se arquivado corretamente, permitirá futuras inclusões e modificações que poderão ser feitas utilizando-se objetos (digitais) ao invés de desenhos em 2D.

Conforme Fabricio (2002) o projeto é um processo em que as informações são criadas e tratadas por diferentes formas de pensamento, que envolvem os sentidos, abstrações, representações, bricolagens, esquemas, algoritmos e

métodos de conhecimentos. Por isso o projeto de um edifício pode ser tomado como um processo que transforma e cria informações, mediado por uma série de faculdades humanas e também pelo conhecimento e por determinadas técnicas, sendo orientado à concepção de objetos e à formulação de soluções, de forma a antecipar um produto.

Segundo Santos (2009) a utilização da tecnologia de informação agiliza as obras, proporcionando mais qualidade aos projetos e confiabilidade às decisões. Atualmente as empresas utilizam computadores de forma isolada, e na grande maioria não possuem uma integração gerencial, ou seja “[...] as tecnologias existem, mas ainda não foram incorporadas pelas empresas [...]” (SANTOS, 2009).

Frequentemente a modelagem BIM é vista como uma nova geração de ferramentas CAD (*Computer Aided Design*) onde a necessidade em se obter um modelo central de representação dos processos de construção está levando muitas empresas a verificar a importância da ampliação de suas representações de uma forma mais complexa e completa. Assim, aos poucos, elas tendem a abandonar a simples representação de elementos através de linhas, formas e texto. A importância em se ter um modelo de representação mais adequado e mais complexo, onde todas as informações estejam interligadas e sincronizadas, faz com que a etapa da execução seja mais segura. As fases do projeto são organizadas numa estrutura racional dividida por especialidade e estratificada por nível de pormenorização.

Quando se usa a tecnologia com representação BIM, o projeto da edificação é composto da agregação dos elementos construtivos. Na projeção de uma parede, por exemplo, é possível especificar não só os parâmetros geométricos como a espessura, o comprimento e a altura, mas também parâmetros como material da parede, detalhes de superfície, propriedades térmicas e acústicas, custos de material e dados técnicos dos elementos da construção.

Manning e Messner (2008) apud Linderroth (2010), identificam 06 benefícios ao usar BIM nos estágios iniciais do projeto:

1. Rápida visualização;
2. Melhor suporte à decisão no desenvolvimento do processo do projeto;
3. Rápida e precisa atualização de mudanças;
4. Redução de homem-hora para estabelecer a definição dos espaços;
5. Aumento de comunicação entre a equipe de desenvolvimento do projeto (usuário, projetista, profissionais envolvidos no projeto, executores);
6. Aumento da confiança na integridade do projeto pela integração deste com o seu estágio conceitual de criação.

Faria (2007), afirma que novos softwares (além até dos já utilizados *Revit*, *Archicad* e outros) permitirão que todas as equipes de engenharia e arquitetura trabalhem no mesmo arquivo eletrônico, integrando todas as fases do projeto. Eles incorporam a tecnologia, BIM (*Building Information Modeling*).

Nos programas de computador que utilizam a modelagem BIM, o desenho é mais inteligente, sendo que ao desenhar a parede, o projetista deve atribuir as propriedades (tipo de blocos, dimensões, tipo de revestimento, fabricantes etc.) (FARIA, 2007, p. 44). Também afirma que:

É muito cedo para decretar o fim do CAD, principalmente porque por muito tempo os programas de projetos em BIM precisarão de auxílio de desenhos simples. [...] Uma das maiores desvantagens da tecnologia é o tempo necessário para a aprendizagem.

Observa-se que a modelagem da informação da construção já é utilizada nas fases de projeto e gerenciamento de obra. Entretanto não é usada nas outras etapas mais avançadas do ciclo de vida da edificação, inferindo-se a necessidade da melhor consolidação de conceitos e outras informações sobre o tema, conforme constatam Checcucci, Pereira e Amorim (2013).

PROJETOS COMPLEXOS DE PARQUES TECNOLÓGICOS

Em uma relação com a teoria da complexidade de Edgar Morin (ESTRADA, 2009) pode-se conceber que o processo do projeto busca permear a definição das relações do objeto com o ambiente: a forma é moldada no espaço a partir da observação do fluxo de pessoas, sem seguir obrigatoriamente uma regra definida. Para os projetistas, o edifício é um processo dinâmico, a construção de uma organização de espaços, onde a entrada subjetiva de dados molda a forma do conjunto (SPILLER, 2001).

O atual estágio de desenvolvimento da economia, associado com os avanços tecnológicos, imprimem uma condição de importância da inovação como ente principal do desenvolvimento regional. As cidades e regiões buscam organizar espaços propícios para geração da inovação investindo em ambientes específicos que começam a ser estruturados no país, a formalização das estruturas dos Parques Tecnológicos, algo que já tem se constituído há alguns anos em países desenvolvidos.

Para Schumpeter (1961) a inovação é a mola propulsora do desenvolvimento econômico e responde às necessidades de competitividade das empresas propiciando ao mesmo tempo crescimento econômico. Adam Smith, no século XVIII, reconheceu a relação entre mudança tecnológica e crescimento econômico tendo produzido uma concepção de inovação já naquela época, conforme afirma Tigre (2006).

Outros conceitos mais recentes vem apoiando a estruturação de mecanismos de inovação, e atualmente estão sendo associados à economia do conhecimento (onde o capital intelectual ou intangível terá uma contribuição crescente e agregará valor aos produtos gerados). O novo modelo de produção e distribuição está alicerçado no livre acesso à informação e também na educação.

Um conceito muito usado atualmente é o da Tríplice Hélice, que é visto como um efetivo instrumento de desenvolvimento. Ela é a realização de ações conjuntas a partir de uma governança formada pelo Estado, setor privado e Instituições de Ensino. Segundo Etzkowitz (2009), no modelo da Tríplice Hélice, a universidade é uma fornecedora de pesquisa básica e pessoas treinadas. Seu dever é prover o conhecimento em conexão com a indústria, principalmente na forma de publicações, geração de conhecimento e oferecimento de recursos humanos qualificados. A associação do Estado, setor privado e Instituições de Ensino, formam a Tríplice Hélice que se constitui a principal estrutura de desenvolvimento econômico e de inovação dos nossos tempos.

A incorporação do conhecimento em produtos tem suscitado um aumento na competitividade do mercado, competição que está em grande parte alicerçada em mecanismos de estímulo à inovação. Uma das formas para atingir esse propósito é com a estruturação dos Parques Tecnológicos. Envolvendo pessoal especializado, esses espaços procuram promover a cultura da inovação, integrando universidades e empresas, objetivando a melhoria do desenvolvimento e a competitividade (MACHADO; CASTRO; SILVA, 2005).

No país foram identificados 74 Parques Tecnológicos em implantação ou em funcionamento (ASSOCIAÇÃO..., 2008), porém cabe ressaltar que ocorreu um forte crescimento destas iniciativas nos últimos anos: em 2013, a ANPROTEC apontou 80 Parques em operação no país, demonstrando que 39,7% destas iniciativas estão na região Sul, e elas geraram mais de 32.000 empregos.

Os Parques Tecnológicos são intervenções urbanas de grande impacto, com repercussão nas malhas urbanas e ambientais nas quais são inseridos. Segundo definição da *International Association of Science Parks* (IASP) Parques Tecnológicos são empreendimentos criados e geridos com o objetivo permanente de promover pesquisa e inovação tecnológica, estimular a cooperação entre instituições de pesquisa, universidades e empresas, além de dar suporte ao desenvolvimento de atividades empresariais. Os Parques Tecnológicos tem como objetivo constituir espaços que possam abrigar simultaneamente empresas inovadoras, que se direcionam pela lógica do mercado, e representantes das instituições de ensino em ciência e Tecnologia que possuem objetivos relacionados à educação e produção do conhecimento científico. Apontam-se como finalidades na implantação de Parques Tecnológicos:

- a) Impulsionar o empreendedorismo e a inovação como instrumentos de promoção do desenvolvimento;
- b) Dinamizar a economia com a ampliação de matrizes produtivas;
- c) Dar oportunidade ao surgimento de empresas que empreguem maior valor agregado aos produtos, abdicando-se da produção de *commodities*;
- d) Ser o elemento propulsor de uma nova economia regional, nacional e com expectativa de ocupação de mercados globais;
- e) Ser um espaço urbano integrador de negócios inovadores, moradia e lazer.

O público alvo beneficiário do projetos de Parques Tecnológicos compreende vários segmentos, extrapolando o contexto da inovação, ou seja:

- a) Empresas de base tecnológica nascentes ou já estabelecidas e seus funcionários;
- b) Estudantes das Instituições de Ensino Superior, de pesquisadores e membros de Programas de Pós-Graduação;
- c) Moradores do entorno do projeto que geralmente vem a se constituir como uma zona de inovação;
- d) Pesquisadores, Laboratórios e Instituições de Ciência e Tecnologia;
- e) Pessoas ou empresas que estejam inseridas na economia do conhecimento.

Ocorre que com a implantação de projetos dos Parques Tecnológicos, uma análise do planejamento territorial deve ser encaminhada, pois os mesmos afetam diretamente a conformação urbana do local. Outra questão diz respeito ao ambiente de funcionamento das edificações, que podem assumir altos níveis de complexidade por tratar de abrigar diferentes concepções de estruturas para geração da inovação.

Assim, segundo Machado, Castro e Silva (2005), desde a concepção até o funcionamento do Parque Tecnológico, além da utilização de mão de obra especializada, há outras exigências ligadas ao projeto arquitetônico, projeção de laboratórios e tratamento de resíduos, entre outras peculiaridades.

Outra dificuldade é relacionada ao crescimento dos Parques, pois requer capacidades tecnológicas diferenciadas e integração com o entorno. Lee e Hung (2003), analisando o crescimento do Hsinchu Park (China) apontam também problemas relacionados ao fornecimento de água, ao tráfego interno e à necessidade de mecanismos de proteção ambiental e sustentabilidade.

Esse tipo de empreendimento agrega um grupo de componentes que demandam necessidades estruturais. A organização e funcionamento destas estruturas, ainda estão em processo de consolidação por meio de estratégias de desenvolvimento de aptidões regionais, centradas na articulação entre instituições de ensino superior, poder público e organizações estatais e privadas, em áreas de potencial tecnológico. A expectativa é que as empresas se fortaleçam, potencializem suas atividades e, com o auxílio da pesquisa institucional, acessem mercados globais e tecnologia de ponta.

Os projetos arquitetônicos e complementares gerados para dar solução adequada aos espaços de Parques Tecnológicos podem exigir uma composição de diferentes soluções, como por exemplo, tubulações especiais (gases, rejeitos, líquidos, fluídos, etc.), rede lógica com especificidades diversas para as empresas locais, ambientes de negócios, espaços para equipamentos industriais e estruturas de lazer integrados ao contexto dos Parques. Também podem suscitar determinados sistemas de tratamento, equipamentos de segurança com grande nível de complexidade. Os parques tecnológicos têm de prover espaços de convívio e de integração entre seus pesquisadores, visando permitir trocas de informação de áreas diferentes para que sejam *insights* para projetos criativos e inovadores que em muito dependem da sociabilidade e interação. Assim, tendem a assumir um grau de complexidade diferenciada de qualquer outra condição projetual, pois agregam elementos arquitetônicos associados à projetos comerciais, industriais, de lazer, de convivência, de eventos, dentre outros.

PLANEJAMENTO ARQUITETÔNICO DE ESPAÇOS COMPLEXOS

As organizações atualmente se encontram inseridas em um constante processo de mudança que as obrigam se adaptar ao mercado para permanecerem competitivas, buscando moldarem-se a partir de novos modelos administrativos e com efetivo uso da informação nos mais diversos níveis (JACOSKI; GRZEBIELUCHAS, 2011).

Os atuais sistemas disponíveis no mercado, não incentivam o processo de planejamento que se faz cada vez mais necessário. As empresas devem superar alguns desafios que muitas vezes estão dentro dos canteiros de obras: falta de mão de obra qualificada, cronogramas e orçamentos desatualizados, falhas técnicas, ou seja, empresas e profissionais devem estar preparados e com processos bem definidos para responder, em prazos curtos, a pedidos de orçamentos apertados e de qualidade, significando com isso a necessidade de se usar de ferramentas que auxiliem nestes problemas (SOUZA, 2012).

Também nota-se um avanço significativo de ferramentas para visualização e reutilização automatizada da informação em projetos. Segundo Saggio e Ferrari (2012), a tecnologia da realidade virtual (VR) está se somando ao avanço de ferramentas de 3D e de visualização de projetos, ou pelo uso de *Augmented Reality* para previsão em grandes canteiros de obra.

Considerando o já exposto, observa-se que o mercado da construção civil necessita ampliar suas possibilidades pois, o tipo de obra, em estudo, vem aprimorando-se e tornando-se mais complexo. Segundo Ruschel et al. (2013), em projetos complexos, há uma grande necessidade de envolvimento das diversas disciplinas de projetos. Essa necessidade é percebida no fluxo contínuo de troca de informações e interdependência entre os envolvidos no projeto. Aquele autor destaca que a indústria da construção civil é carente de uma sistemática eficiente de gerenciamento desses processos de comunicação e troca de informações, o que implica em conflitos, retrabalho e desperdícios.

Ao se constituir um projeto de espaço complexo, observa-se que as condições existentes para a elaboração de projetos contemplam apenas a parte do desenho técnico, não sendo mais suficiente, pois os elementos utilizados na composição do projeto necessitam estar devidamente especificados e informados para que se possa responder com a construtibilidade que este tipo de obra exige.

É senso comum que o planejamento arquitetônico da obra deve iniciar ainda no estudo de manchas e na estruturação do pré-projeto (organização inicial para conceituação do projeto arquitetônico), passando pelo projeto executivo, execução da obra e o projeto “*as built*”. Segundo Formoso (2004), quando não é feito o controle nos três níveis de tempo - longo, médio e curto prazo, ou ainda se estes não forem feitos de forma integrada, ocorre a diminuição da eficácia do projeto, uma vez que ficam dificultadas as tomadas de decisões, já que estas não são consistentes entre si. Sabe-se que hoje, na construção civil, por geralmente não existir um processo integrado do planejamento, as empresas acabam utilizando mais de um software para o acompanhamento, ocorre que assim não produzem um controle dentro dos três níveis hierárquicos, ou seja, estratégico, tático e operacional. Uma das grandes dificuldades, já apontadas exaustivamente na literatura, é a questão da coordenação e integração de projetos, como pode se observar em Fontenelle (2001), Fabricio (2002) e Melhado (2005), dentre outros.

Ao se considerar a complexa interatividade existente entre os projetos complementares e o arquitetônico, torna-se impossível imaginar a solução da criação dos projetos sem utilização de uma tecnologia que seja integrada, pois a modificação promovida pelos projetos complementares, obrigatoriamente deve repercutir nos demais projetos, ação que é facilmente realizada por projetos com base em tecnologia de modelagem BIM.

Outro elemento importante é o orçamento do projeto, pois a não automatização da elaboração do quantitativo de materiais em um projeto com grande complexidade, principalmente nas instalações, pode suscitar dificuldades futuras principalmente quando das modificações que implicarão nos demais complementares e até no próprio projeto arquitetônico. Da mesma forma que com o orçamento, o BIM se destacará pelo fato de obras que passam por processo licitatório, no caso de edificações públicas, tornando-se mais difícil a ocorrência de aditivos, tão comuns atualmente no Brasil.

Os Parques Tecnológicos pedem espaços múltiplos com várias exigências que abrangem diversas áreas na concepção de projeto até sua execução final. O grande problema na execução dos projetos desta complexidade está em fazer com que a mão de obra atue atentamente nos detalhes existentes e apontados nos projetos. Muitas vezes as obras seguem sem a atenção devida por parte do construtor e muitas vezes o andamento da obra ocorre sem este acompanhamento que é feito muitas vezes por conta do construtor.

A regulação desses edifícios complexos deve obedecer vários órgãos públicos, como a Corporação de Bombeiros, a Associação Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa, órgãos municipais, dentre outros, que analisam e aprovam o projeto. A integração de suas etapas se faz ainda mais necessária pois as exigências e responsabilidades são ainda maiores.

Os projetos de Parques Tecnológicos no Brasil, geralmente envolvem:

- Escritórios de trabalho;
- Laboratórios;
- Instalações para dar destinação de rejeitos de diversos tipos (água, metal, madeira, orgânico, etc...);
- Tubulações diversas - Gás, água, Oxigênio, Nitrogênio, outros gases, etc.;
- Ambientes de networking;

- Praças para alimentação, bancos, cafeterias, salas de cópias, e outros ambientes de serviços para as pessoas que convivem nos Parques Tecnológicos.

Todos esses espaços devem ser pensados com uma condição de uso ao longo do tempo, onde alterações futuras possam ser incluídas sem prejudicar o projeto inicial, permitindo que o estabelecimento de novas empresas no ambiente do Parque não venha a ser dificultada pelas condições existentes.

ESTUDO REALIZADO COM PROJETOS DE PARQUES TECNOLÓGICOS DE SANTA CATARINA

O estudo de caso, visou estabelecer um olhar sobre este tipo de projeto com a realidade de outros projetos mais tradicionais. Utilizou-se o Programa Inova@SC que projetou onze Parques Tecnológicos no Estado de Santa Catarina. As cidades escolhidas foram: Chapecó, Florianópolis, Lages, Jaraguá do Sul, Joaçaba, Blumenau, Joinville, São Bento do Sul, Itajaí, Criciúma e Tubarão (SANTA CATARINA, 2013).

Os projetos dos onze Parques foram realizados por uma única empresa Catalã, que possui experiência em edificações de grande porte, tendo realizado principalmente projetos de *shopping centers* em diversos países da Europa.

O conjunto dos projetos é denominado de Centro de Inovação, e constitui-se fisicamente, de um edifício de 3.637,45 m² com 4 pavimentos e com características visuais próximas entre todos os edifícios distribuídos pelo estado catarinense, sendo edificado na cidade de Chapecó - SC. Outros projetos tem variação na área construída, mas mantém a aparência visual.

A ocupação do Centro de Inovação se dá com a presença neste edifício de todos os agentes envolvidos na Tríplice Hélice, ou seja unidades produtivas, unidades públicas e unidades acadêmico científicas.

Uma divisão dos usos no edifício é apresentada abaixo por pavimentos:

Pavimento Térreo

- Recepção;
- Área de uso comum para *co-working*;
- Área de convívio com cantina e lancheria;
- Área de suporte bancário/copiadora e serviços gerais;
- Mini auditório para 60 pessoas;
- Sala limpa e sala administrativa da *Packaging House*;
- Sala limpa e sala administrativa da empresa Lógica.

Pavimento 01 (Pavimento do setor do conhecimento)

- Sala de aula multimodal e interdisciplinar com aproximadamente 30m²;
- 2 salas de reuniões com 9m² cada;
- Núcleo de Inovação e Transferência Tecnológica – NITT;
- Escritório de Apoio à Gestão Pública;
- Escritório de Negócios e Empreendedorismo;
- Escritório de Projetos e Prestação de Serviços;
- Salas individuais para as Instituições de Ensino ligadas ao Parque.

Pavimento 02 (Pavimento do setor público e organizações)

- Sala de apoio e rede catarinense de inovação com 12 m²;
- Prefeitura Municipal e Conselho Municipal de Inovação;
- Sebrae/IEL;
- Organizações e associações empresariais (Associação Comercial e Industrial, Câmara dos Diretores Lojistas, Sindicato Empresarial dentre outros).

Pavimento 03 (Pavimento das startups – setor privado)

- Empresas indicadas pelo Polo Tecnológico de Chapecó;
- INCTECh – Incubadora Tecnológica de Chapecó (empresas incubadas);
- Outras Incubadoras Regionais.

No estudo do programa de necessidades dos Parques Tecnológicos, buscou-se contemplar as diferenças regionais, por conta da diversidade da economia dos locais que apresentam cadeias produtivas distintas que se destacam e de alguma forma estarão representadas nos edifícios.

Observa-se uma conjugação de espaços equilibrados de tal forma a permitir locais de trabalho, pesquisa, desenvolvimento, além de convívio, *networking*, auditórios, dentre outros. Há uma pequena variação nas áreas dos ambientes de cada um dos projetos distribuídos pelo estado de Santa Catarina, que suscitou a necessidade de adequações no projeto padrão, abaixo observa-se no Quadro 1 o plano de ocupação do Centro de Inovação de Chapecó.

Quadro 1. Plano de ocupação do Centro de Inovação de Chapecó (SC).

PAVIMENTO	ÁREA TOTAL m ²	ÁREA APOIO m ² (20%)	ÁREA ÚTIL m ² (80%)	OCUPAÇÃO
	3.637,45	727,49	2.909,96	
3º	909,36	Escadas, Corredores, Elevador	727,49	PAVIMENTO - SETOR PRIVADO/ EMPRESAS
2º	909,36		727,49	PAVIMENTO PÚBLICO
1º	909,36		727,49	PAVIMENTO - CONHECIMENTO
TÉRREO	909,36		727,49	CONVENIÊNCIA e EMPRESAS: recepção + cafeteria + espaço de convivência + treinamento (auditório) e Empresas

Fonte: Planejamento dos Parques Tecnológicos de SC - Inova SC/IDP Engenharia (SANTA CATARINA, 2013).

CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM BIM NOS PROJETOS DE PARQUES TECNOLÓGICOS DE SANTA CATARINA

Com o estudo realizado foi possível apontar as principais contribuições que o uso da modelagem BIM ofereceu ao projeto dos Centros de Inovação. Cabe salientar que a diferença entre os onze projetos não era significativa, pois a maioria apresentava uma quantidade de pavimentos idêntica, exceto dois projetos que tinham área construída menor. Levando-se em conta que a maior área tende a ser mais complexa, optou-se por se estudar o caso de um dos projetos maiores, para isso sendo definido o “*Centro de Inovação de Chapecó SC*”.

Com esse estudo de caso foi possível constatar o aumento do número de pranchas de projeto se comparado com um projeto que não utiliza a tecnologia BIM, sendo que observou-se que os projetos ganharam significativamente em detalhes (o projeto executivo atingiu 182 pranchas), sendo que vários fatores ficaram evidenciados na contribuição que a modelagem BIM ofereceu ao projeto, ou seja:

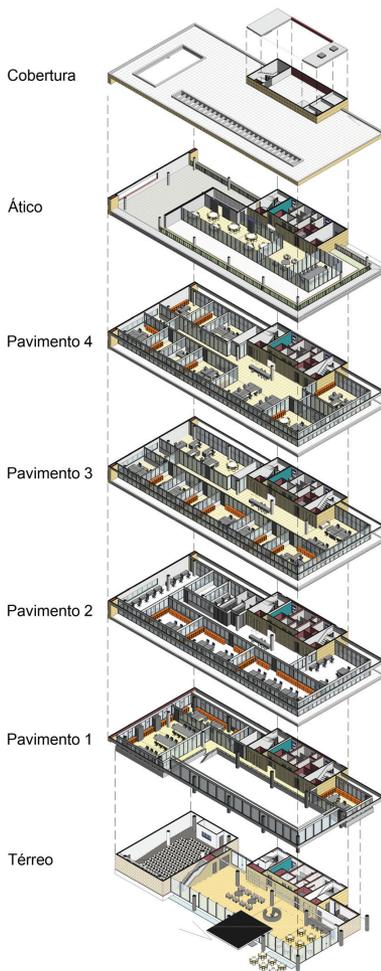
- Informações para o projeto executivo e conseqüentemente para a construtibilidade;
- Visualização de detalhes com possível adequação de informações para a constituição da modelagem virtual do projeto;
- Gerenciamento das informações de orçamentação, memorial descritivo e para uso no gerenciamento da execução do projeto;

- Organização do projeto para evolução futura no caso de necessidades específicas, como tubulação, fiação, deposição de resíduos, dentre outros;
- Sistematização de informações de todos os elementos constituintes do projeto com vistas a uma utilização mais explicativa dos objetos constantes nos projetos, facilitando a operação de execução da obra.

O estudo foi realizado nos projetos arquitetônicos e complementares, comparando-se a condição existente dos projetos do Parque Tecnológico, ou seja, com uso da modelagem BIM, equiparando com a hipotética condição da produção do projeto, sem o uso desta modelagem. As principais contribuições que puderam ser observadas, foram comentadas para cada prancha de projeto que se destacou, conforme pode ser acompanhado na sequência:

Uma das melhorias que podem ser apontadas na utilização da modelagem BIM está na apresentação do projeto tanto na parte técnica, onde o projeto executivo ganha todas as informações necessárias para a execução, como na humanizada, destinada ao cliente, onde se podem visualizar as informações projetuais. Esta apresentação facilita o entendimento tanto para o cliente como para construtor, pois as etapas são apresentadas com todas as informações importantes e pertinentes ao projeto, com facilidade na identificação das etapas a serem realizadas (Figura 1). As imagens da obra, propiciam o perfeito entendimento de cada etapa construtiva de forma eficiente, inclusive com perspectiva “explodida” do projeto para visualização de detalhes.

Figura 1. Detalhamento da edificação do Parque Científico e Tecnológico Chapecó@, evidenciando condições de visualização 3D do projeto por pavimentos. Fonte: Projeto dos Centros de Inovação SC – INOVA/SC-IDP Engenharia (SANTA CATARINA, 2013).



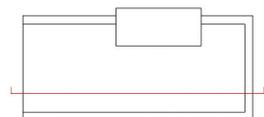
RESSALVA:

O presente projeto de arquitetura/engenharia contempla de forma integrada e compatibilizada todos os elementos da edificação, inclusive aqueles que serão implantados em execuções futuras. Observe a ressalva contida no item número 2 do memorial descritivo: Ressalva projeto de execução.

O mobiliário, as divisórias e os forros das plantas 2, 3 e 4 não se incluem no orçamento do projeto.



Corte Perspectivado



Desta maneira ao fazer uma análise do projeto executivo é possível identificar um detalhamento fino do ambiente, com visualização de todos os elementos construtivos.

Na apresentação em 3D do projeto, são produzidas imagens finais de alta qualidade como mostra a Figura 2. Estas imagens completam o processo do projeto criando um elemento explicativo ao usuário final, como facilitador na compreensão dos projetos principalmente ao leigo a projetos arquitetônicos.

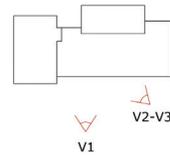
Figura 2. Detalhamento do modelo de Parque Tecnológico dos edifícios com imagens de alta qualidade das vistas representadas. Fonte: Projeto dos Centros de Inovação de SC - INOVA SC/IDP Engenharia (SANTA CATARINA, 2013).



V1 - Perspectiva frontal

RESSALVA:
O presente projeto de arquitetura/engenharia contempla de forma integrada e compatibilizada todos os elementos da edificação, inclusive aqueles que serão implantados em execuções futuras. Observe a ressalva contida no item número 2 do memorial descritivo: Ressalva projeto de execução.

O mobiliário, as divisórias e os forros das plantas 2, 3 e 4 não se incluem no orçamento do projeto.



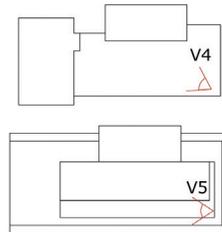
V2 - Perspectiva lateral



V3 - Perspectiva lateral



V4 - Perspectiva Interior



V5 - Perspectiva Terraço



RESSALVA:
O presente projeto de arquitetura/engenharia contempla de forma integrada e compatibilizada todos os elementos da edificação, inclusive aqueles que serão implantados em execuções futuras. Observe a ressalva contida no item número 2 do memorial descritivo: Ressalva projeto de execução.

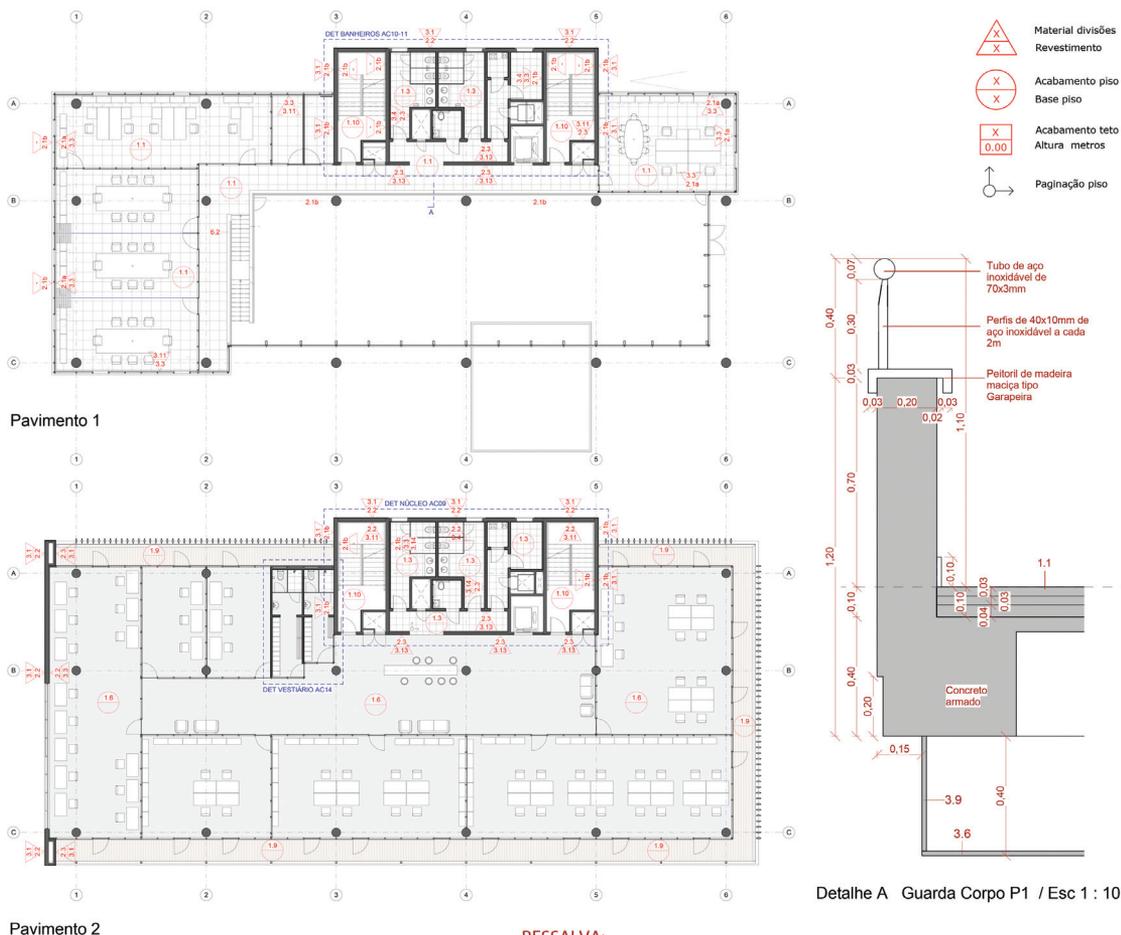
O mobiliário, as divisórias e os forros das plantas 2, 3 e 4 não se incluem no orçamento do projeto.

Esta solução vem corrigir um problema recorrente, pois muitas vezes o cliente não entende a visualização volumétrica quando o projeto é apresentado em 2D, principalmente na leitura da planta baixa. Observa-se que da forma como é apresentado, o cliente se identifica com o espaço, compreendendo o produto final esperado pelo projetista. Outras ferramentas também se incorporam atualmente nesta intencionalidade, pois é crescente o número de ferramentas de renderização e tratamento de imagens em projetos.

Nos projetos complementares compatibilizados, os segmentos são facilitados pois as informações estão distribuídas nas pranchas com todos os detalhes muito bem explicados, como por exemplo na Figura 3, que identifica os ambientes com todas as informações e detalhamentos necessários. Pode-se inclusive utilizar a simulação em 3D do pavimento, com animações mostrando os ambientes para uma aproximação da realidade projetada, que é outra grande tendência em projetos futuros para melhor apresentação dos projetos a partir de Realidade Virtual.

Os elementos visuais apresentados em 3D também possuem internamente todas as informações que serão úteis na elaboração automatizada do

Figura 3. Mostra da planta baixa e visualização do detalhamento dos ambientes. Fonte: Projeto dos Centros de Inovação de SC - INOVA SC/IDP Engenharia (SANTA CATARINA, 2013).



RESSALVA:

O presente projeto de arquitetura/engenharia contempla de forma integrada e compatibilizada todos os elementos da edificação, inclusive aqueles que serão implantados em execuções futuras. Observe a ressalva contida no item número 2 do memorial descritivo: Ressalva projeto de execução.

O mobiliário, as divisórias e os forros das plantas 2, 3 e 4 não se incluem no orçamento do projeto.

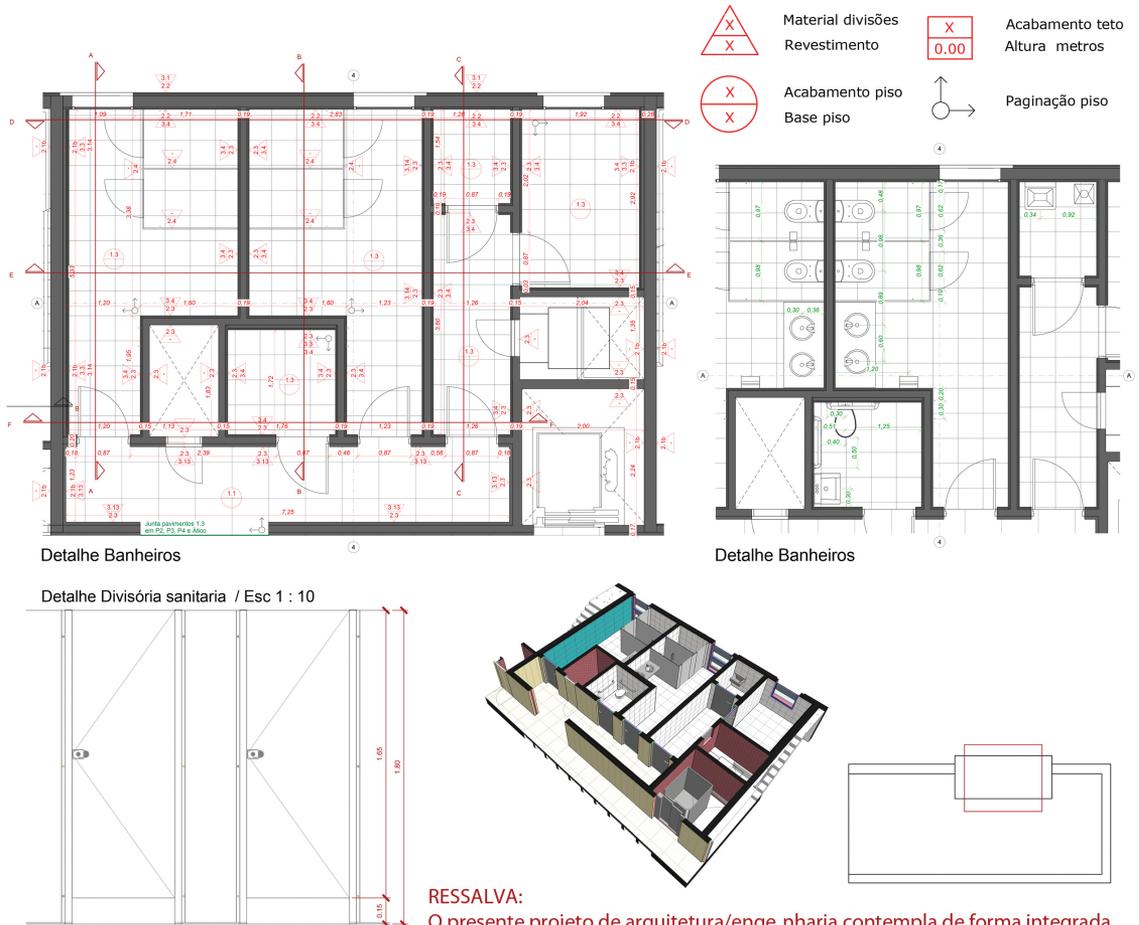


Figura 3. Continuação...

orçamento e na composição do memorial descritivo da obra. Os elementos/objetos e suas informações compõem um importante conjunto para que a obra tenha um detalhamento significativo de equipamentos e materiais. Modificações futuras no ambiente, principalmente durante o uso da obra, ou então na fase de manutenção, revitalização ou *retrofit*, serão facilitadas por toda a informação existente no projeto com modelagem BIM.

O detalhamento técnico juntamente com a demonstração em 3D do espaço a ser executado torna o trabalho mais preciso, ampliando a construtibilidade do projeto. Esse detalhamento técnico juntamente com as informações contempladas em cada um dos objetos inseridos no projeto oferecem além dos ganhos visuais do projeto, uma condição de exatidão nos quantitativos de materiais que serão empregados na obra. Na Figura 4 acima, chama atenção o detalhamento dos *brises* e ambientes que os contém, além das vistas normais de projeto, auxílio na integração de projetos 2D com projetos em 3D.

Na parte de urbanização do ambiente exterior as plantas humanizadas e detalhadas (Figura 5) são associadas às plantas humanizadas, com as informações geradas sobre os elementos construtivos utilizados para o projeto. Considerando-se a opção de gerar o conjunto de informações

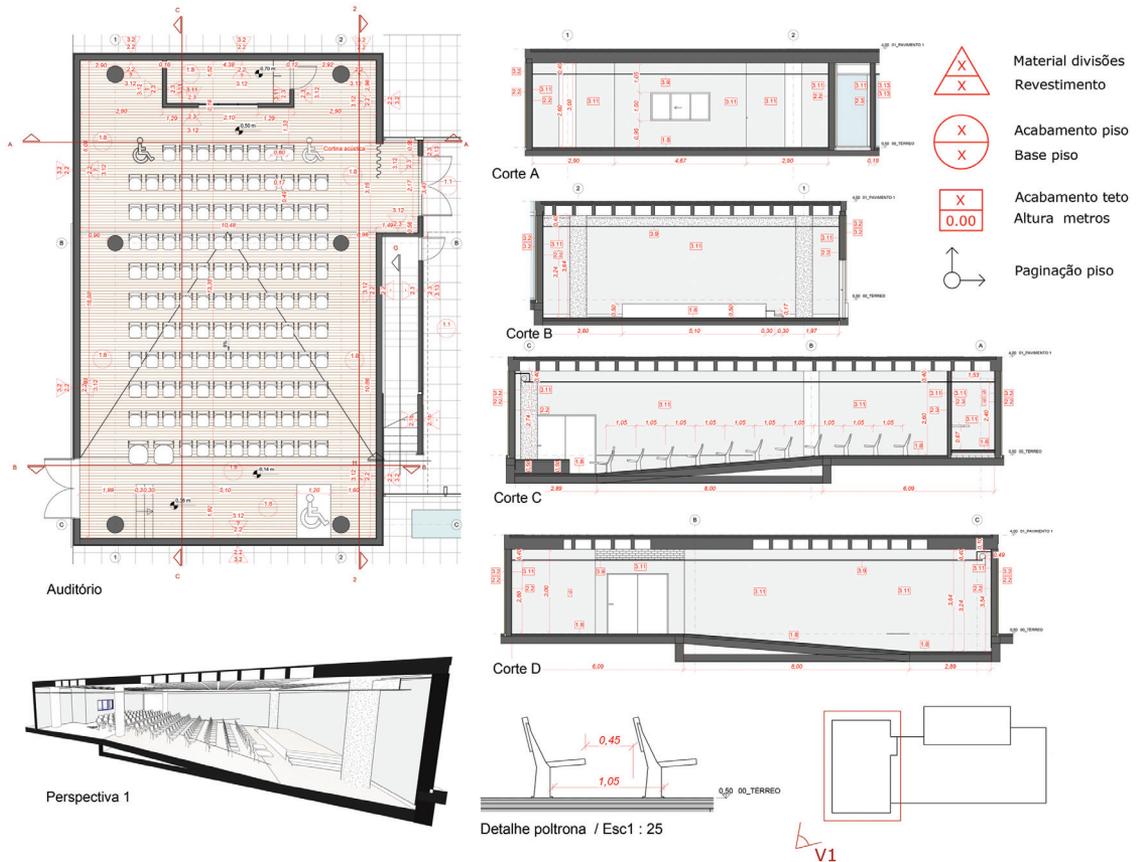


Figura 4. Detalhes expressivos para execução de ambientes e detalhes dos *brises*. Fonte: Projeto dos Centros de Inovação de SC - INOVA SC/IDP Engenharia (SANTA CATARINA, 2013).

sobre os elementos existentes na parte externa da obra, alguns processos ganham facilidades significativas, como o processo orçamentação, a fase de gerenciamento de execução da obra, processo de compras, dentre outros mais que compõem a etapa de construção da obra.

Todo o conjunto de informações gerado pela modelagem BIM, permite facilitar a orçamentação do projeto, sendo possível eliminar na fase de execução o emprego de termos aditivos do contrato da obra, pois há uma efetiva integração entre as informações do projeto, que são compatibilizadas a partir dos projetos arquitetônicos e complementares.

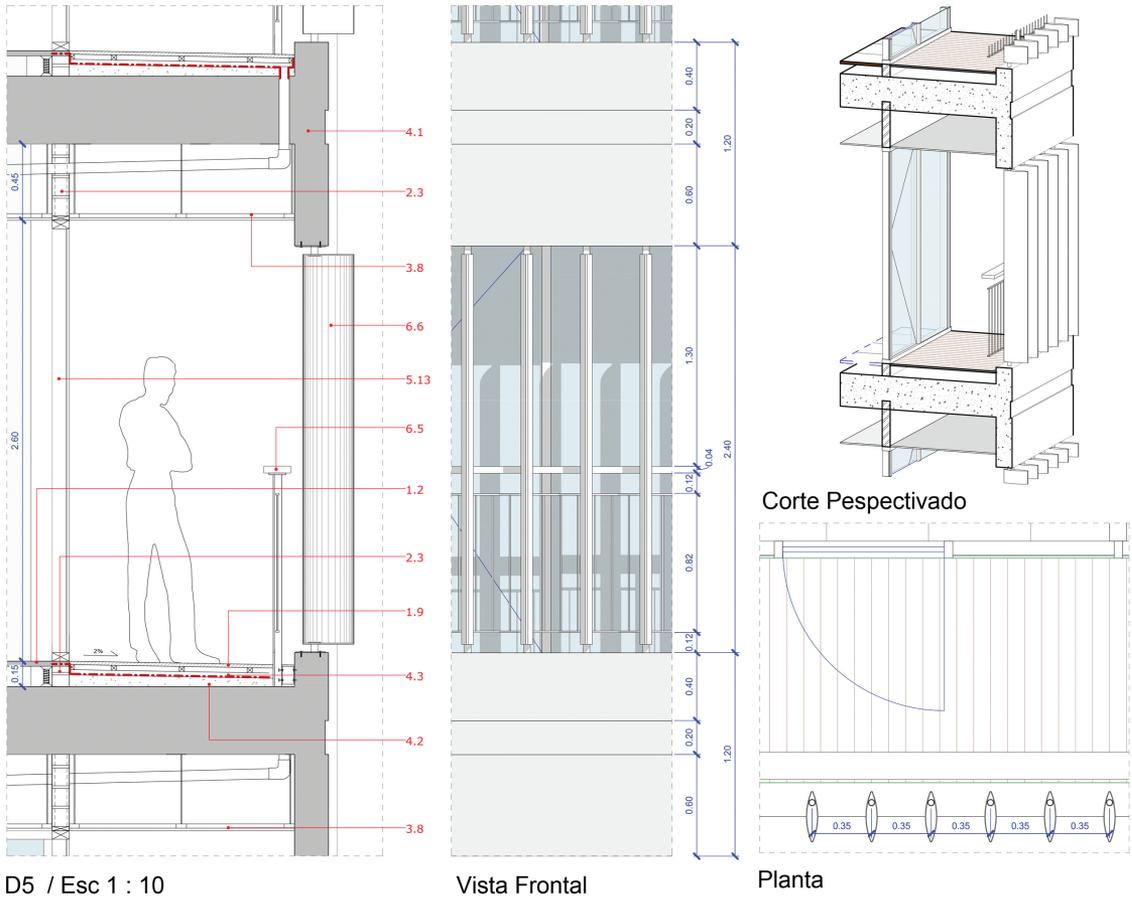
Outra importante condição diferenciada diz respeito a informações de manutenção ou substituição de elementos construtivos que poderão ter seus registros mantidos pela gestão dos Parques Tecnológicos e serem apresentadas de forma sistemática para uso futuro. Ao se utilizar um projeto com a modelagem BIM, as atividades futuras de conservação do bem serão apoiadas por um conjunto de informações que representarão a condição edificada, de forma digital.

A seguir apresentam-se as tubulações e a sua integração com os diversos projetos complementares que necessitam estar compatibilizados em razão da sua interdependência.

RESSALVA:

O presente projeto de arquitetura/engenharia contempla de forma integrada e compatibilizada todos os elementos da edificação, inclusive aqueles que serão implantados em execuções futuras. Observe a ressalva contida no item número 2 do memorial descritivo : Ressalva projeto de execução.

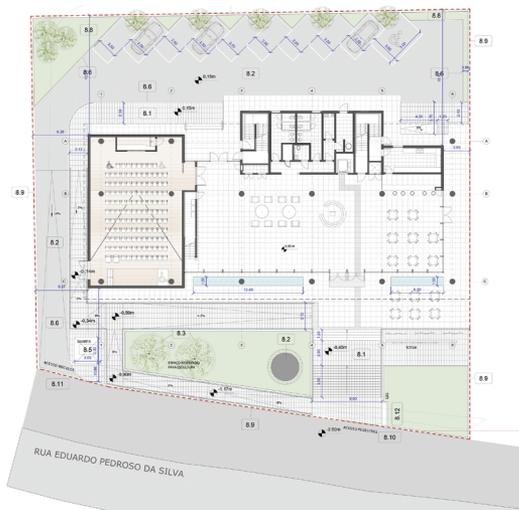
O mobiliário, as divisórias e os forros das plantas 2, 3 e 4 não se incluem no orçamento do projeto.



A Figura 6 apresenta o detalhamento de uma das complexas condições existentes em projetos de Parques Tecnológicos, as tubulações. Trata-se de um projeto complexo, pois há possibilidades diversas nos tipos de tubulações existentes sendo que as plantas deverão prever as condições para uma integração entre os projetos complementares de todos os tipos de projeto (elétrico, hidro sanitário, climatização, lógica, dentre outros). Estes projetos muitas vezes contemplam as principais modificações quando de ampliações, modificações de espaços, ou outras necessidades que uma obra comercial muitas vezes exige.

Cabe ressaltar que com o uso de BIM, qualquer modificação em um dos projetos já é automaticamente corrigida nos demais projetos existentes, modificando as informações que serão necessárias para o orçamento e para a composição do Memorial Descritivo da Obra. Neste sentido além da visualização e sistematização do uso de objetos, poderá haver economia na orçamentação devido a exatidão de informações que permitirão o desenho do projeto executivo com todas as informações similares à obra física.

Figura 4. Continuação...



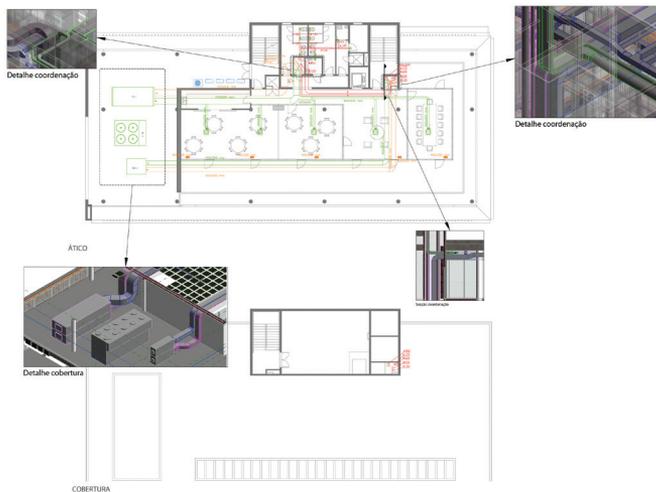
RESSALVA:
 O presente projeto de arquitetura/engenharia contempla de forma integrada e compatibilizada todos os elementos da edificação, inclusive aqueles que serão implantados em execuções futuras. Observe a ressalva contida no item número 2 do memorial descritivo: Ressalva projeto de execução.
 Não se incluem no orçamento do projeto os elementos de mobiliário, a iluminação externa e a barreira de segurança.

Figura 5. Planta humanizada da parte externa ao edifício e alguns detalhamentos urbanos nestes espaços. Fonte: Projeto dos Centros de Inovação de SC - INOVA SC/IDP Engenharia (SANTA CATARINA, 2013).

Projeção edifício - - - - -

LEGENDA DE URBANIZAÇÃO

- 8.1 Piso de lajotas de peças regulares de arenito amarelo, de 60x60x5 cm, acabamento flamejado da superfície à vista, cantos serrados, sobre camada de 2 cm de argamassa bastarda de cimento e realizado sobre base de concreto simples (c20 classe de agressividade ambiental I e tipo de ambiente rural, brita 1, consistência s50), de 20 cm de espessura com armadura contra fissuras 20cmx20cm de 8mm.
- 8.2 Piso acabado em brita sobre leito de areia grossa e brita de 25 cm de altura e camada de regularização e compactação de subleito de 20cm de altura.
- 8.3 Plantio de árvore Ipê amarelo, altura 3-4m, em cavas de 150x150x80cm
- 8.4 Plantio de árvore isolada
- 8.5 Guarita
- 8.6 Meio fio pré-fabricado de concreto, 40x20x10 cm, para jardim, sobre base de concreto simples.
- 8.7 Marquise metálica
- 8.8 Plantio de grama, incluindo preparo do terreno com 10cm de saibro e 5cm de terra estrumada
- 8.9 Vedação de terreno formada por tela eletrossoldada, de 50x50 mm de espaçamento da malha e 4 mm de diâmetro, acabamento galvanizado, com arco de perfil oco de aço galvanizado de seção 20x20x1,5 mm e montantes de tubo retangular de aço galvanizado, de 50x50x1,5 mm e altura 2,00 m.
- 8.10 Portão de ferro com uma folha fixa de 8,00m x 2,40m e duas portas de correr de 4,00m x 2,40m formadas por barras verticais de 8mm a cada 12cm com marco perimetral de perfis de ferro galvanizado de 8cmx8cm conforme detalhe de construtivo.
- 8.11 Barreira automática para controle de acesso a estacionamento.
- 8.12 Cabine de chapa de aço galvanizado para armazenamento de glp
- 8.13 Junta de dilatação
- 8.14 Pavimento em concreto acabado alisado antiderrapante com ranhuras



TIPOLOGIA DE ELEMENTOS CLIMATIZAÇÃO	
Ícone	Elemento
[Ícone]	Condutor de ar de impulso de fibra rígida isolado
[Ícone]	Condutor de retorno de chapa de aço galvanizado
[Ícone]	Condutor de extração de chapa de aço galvanizado
[Ícone]	Difusor retangular de alta indução (com sensor de alteração da posição de lâmina automática através de sensor de temperatura)
[Ícone]	Difusor retangular de alta indução
[Ícone]	Módulo de 2 metros de difusor linear de teto de alta indução de arsa vista
[Ícone]	Módulo de 2 metros de difusor linear de teto de alta indução de duas vias
[Ícone]	Grade de retorno para teto ou conduto de laminae fixas horizontais inclinadas a 30°
[Ícone]	Condutor aberto aspirando de teto-falso
[Ícone]	Comporta de equilíbrio de fluxo manual
[Ícone]	Comporta motorizada de controle de ventilação todo ou nada
[Ícone]	Fan-coil de água tipo cassette 2 canais 10800 BTU/h de capacidade de refrigeração
[Ícone]	Fan-coil de água tipo cassette 2 canais 14200 BTU/h de capacidade de refrigeração
[Ícone]	Fan-coil de água tipo cassette 2 canais 17600 BTU/h de capacidade de refrigeração
[Ícone]	Fan-coil de água de alto fluxo 2 canais 16900 BTU/h de capacidade de refrigeração com ventilação inverter
[Ícone]	Fan-coil de água de alto fluxo 2 canais 34300 BTU/h de capacidade de refrigeração com ventilação inverter
[Ícone]	Radiador de água de baixa temperatura com micro ventilação 4000 BTU/h com água a 50°C
[Ícone]	Fan-coil de água de parede unidade 1x1 de 8466 BTU/h de capacidade de refrigeração
[Ícone]	Fan-coil de água de parede unidade 1x1 de 10900 BTU/h de capacidade de refrigeração
[Ícone]	Fan-coil de água de parede para o sistema de VRF de 30300 BTU/h de capacidade de refrigeração
[Ícone]	Unidade exterior para o sistema de VRF de 10200 BTU/h de capacidade de refrigeração
[Ícone]	Unidade exterior sistema 1x1 inverter de 17000 BTU/h de capacidade de refrigeração split
[Ícone]	Fan-coil de água de parede unidade 1x1 de 8466 BTU/h de capacidade de refrigeração
[Ícone]	Bomba de calor ar/água inclui grupo hidráulico com depósito de inércia, bomba hidráulica inverter e depósito de expansão. Capacidade de refrigeração de 81500 BTU/h
[Ícone]	Unidade de tratamento de ar com volume máximo de 10.000 m³/h, com serpentina de água, sensibilidade por tipo de ar (frio, úmido), ventilador de frequência regulada com sondas de pressão constante.
[Ícone]	Receptor de calor de placa para um volume de 1500 m³/h, hp para realizar trocas térmicas com ventilação térmica, regulado por sonda de CO2 e bateria de água para o tratamento de ar de impulso.
[Ícone]	Ventilador de grade de 100x100 cm com comporta antirretorno, controle automático com o sensor de CO2 e temperatura ambiente
[Ícone]	Ventilador em linha hidrocêntrica de 500x300 cm com comporta antirretorno, ignição automática com o sensor de temperatura ambiente
[Ícone]	Sino exterior de cozinha com ventilador incluído tipo doméstico

RESSALVA: O presente projeto de arquitetura/engenharia contempla de forma integrada e compatibilizada todos os elementos da edificação, inclusive aqueles que serão implantados em execuções futuras. Observe a ressalva contida no item número 2 do memorial descritivo: Ressalva projeto de execução.
 Somente estão incluídos no orçamento os elementos necessários para ventilar as zonas que não possuem ventilação natural. Os demais elementos de ventilação e climatização não se incluem no orçamento.

NOTAS:
 - Todos os grades de extração que não estão ligados a nenhum conduto utilizam o fluxo convectivo.
 - Todos os fan-coils das estações serão regulados com termostatos eletrônicos. A regulação de ar de retorno com as comportas automáticas constatares com o sensor de CO2.
 - A altura livre em todos as dependências será de 2,40 metros, portanto qualquer conduto deve ultrapassar pontos proporcionalmente até uma altura mínima a 2,25 metros.

Figura 6. Detalhes das tubulações mostradas em planta e integradas ao projeto. Fonte: Projeto dos Centros de Inovação de SC - INOVA SC (SANTA CATARINA, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução das tecnologias da informação, aliada aos avanços dos aplicativos de CAD vem propiciando uma sensível mudança no resultado apresentado pelos projetos. Ao considerar a evolução que o processo de projeto teve em décadas anteriores com a chegada de aplicativos computadorizados de desenho, atualmente pode-se acompanhar uma transformação de tamanho similar. A existência de projetos com base em modelagem BIM, parece propiciar um avanço para a constituição prospectiva do edifício, pois as ferramentas tridimensionais, aliadas à representação gráfica dotada de informações técnicas de todos os elementos, irá gerar não somente um ganho de produtividade, mas também de qualidade na construção.

No presente estudo de caso, pode-se constatar esta transformação no processo de projeção, com os onze Centros de Inovação que foram projetados com a tecnologia BIM e que mostram todo o potencial existente nesta modelagem. Acredita-se que ela trará ganhos financeiros ao projeto, redução de tempo de compra dos materiais de construção, melhor orçamentação, eliminação da possibilidade de aditivos ao contratos, além de apresentar uma efetiva visualização 3D dos ambientes que serão construídos.

Espera-se que no futuro, os projetos consigam reproduzir em contextos digitais (realidades virtual e aumentada), a obra antes mesmo de ser construída. As condições para representação de um edifício virtual na etapa de projeto já são existentes, sendo que os elementos visuais e a estrutura de informação podem desempenhar em conjunto o papel de reproduzir virtualmente o edifício a ser construído. Portanto, o uso da modelagem BIM, além de outras vantagens já apontadas neste artigo, poderá constituir-se em um apoio fundamental aos profissionais engenheiros e arquitetos para qualificação dos projetos de edificações.

Considerando a complexidade de projetos para Parques Tecnológicos, principalmente por conter finalidades múltiplas e ocupação de difícil caracterização, pode-se observar a pertinência e a contribuição que a modelagem BIM ofereceu para os projetos destas complexas edificações. Este estudo aponta que a complexidade de algumas edificações poderá receber um apoio efetivo na sua elaboração pelo uso do BIM. Problemas antigos da construção nacional como falta de informações, baixo nível de integração das operações de execução da obra, restrito poder de representação dos projetos 3D para auxílio na compreensão dos projetos por conta do usuário leigo, enfim, um grande conjunto de situações já conhecidas pela cadeia produtiva da indústria da construção, tem na modelagem BIM uma ferramenta para enfrentar projetos inovadores e de alta complexidade.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENTIDADES PROMOTORAS DE EMPREENDIMENTOS INOVADORES - ANPROTEC. Parques Tecnológicos no Brasil: estudo, análise e proposições. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PARQUES TECNOLÓGICOS E INCUBADORAS DE EMPRESAS, 18., 2008. Brasília: ANPROTEC-ABDI, 2008. Disponível em: <http://www.anprotec.org.br/ArquivosDin/portfolio_versao_resumida_pdf_53.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2013.
- CHECCUCCI, É. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no BRASIL - TIC 2011. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, 2013. <http://dx.doi.org/10.4237/gtp.v8i1.232>
- ESTRADA, A. A. Os fundamentos da teoria da complexidade em Edgar Morin. **Akrópolis**, Umuarama, v. 17, n. 2, p. 85-90, 2009.
- ETZKOWITZ, H. **Hélice tríplice**: universidade-indústria-governo. Inovação em ação. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009. 207 p.
- FONTENELLE, E. C. **Estudos de caso sobre a gestão do projeto**

- em empresas de incorporação e construção.** 2001. 384 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- FARIA, R. **Construção integrada.** *Téchne*, São Paulo, n. 127, p. 44-49, 2007.
- FORMOSO, C. T. **Planejamento e controle da produção.** Rio Grande do Sul: UFRGS, 2004. Apostila de aula. Disponível em: <<http://ufrgs.br>>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios.** 2002. 308 f. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- JACOSKI, C. A.; GRZEBIELUCHAS, T. Modelagem da contratação de projetos utilizando os conceitos de BPM - gerenciamento de processos de negócio. **Produto e Produção**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 29-37, 2011. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/9538/13957>>. Acesso em: 12 nov. 2013.
- LEE, J.; HUNG, S. C. On the transformation of Science Park: the case of the Hsinchu Science-based industrial park. In: IASP WORLD CONFERENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY PARKS, 20., 2003, Lisboa.
- LINDEROTH, H. C. J. Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. **Automation in Construction**, Amsterdam, v. 1, n. 19, p. 66-72, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580509001289>>. Acesso em: 13 nov. 2013.
- MACHADO, H. P. V.; CASTRO, S. C.; SILVA, M. A. Uma abordagem sobre parques tecnológicos e a criação de empresas de base tecnológica In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PEQUENAS EMPRESAS - EGEPE, 4., 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2005. p. 101-110.
- MELHADO, S. B. et al. **Coordenação de projetos de edificações.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 115 p.
- OLIVEIRA, L. C. C. F. **Características e particularidades das ferramentas BIM:** reflexos da implantação recente em escritórios de arquitetura. 2011. 234 f. Tese (Doutorado em Arquitetura)-Departamento de Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO - OECD. **Manual de Oslo.** 3. ed. Brasília: Financiadora de Estudos e Projetos, 2005. 136 p.
- RUSCHEL, R. C. et al. O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil. **REEC: Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 7, n. 3, p. 36-54, 2013. Disponível em: <<http://revistas.ufg.br/index.php/reec/index>>. Acesso em: 30 dez. 2013.
- SAGGIO, G.; FERRARI, M. New trends in virtual reality visualization of 3D scenarios. In: XINXING, T. (Ed.). **Virtual reality: human computer interaction.** InTech, 2012. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/virtual-reality-human-computer-interaction/new-trends-in-virtual-reality-visualization-of-3d-scenarios>>. Acesso em: 15 nov. 2013. <http://dx.doi.org/10.5772/46407>
- SANTOS, A. **A importância da TI para a construção civil.** ITAMBÉ, 2009. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/a-importancia-da-ti-para-a-construcao-civil/>>. Acesso em: out. 2011.
- SCHUMPETER, J. **Capitalismo, socialismo e democracia.** Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.
- SANTA CATARINA. Governo do Estado de Santa Catarina. Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Sustentável de Santa Catarina. **Inova SC.** Florianópolis. Disponível em: <<http://www.inova.sc.gov.br>>. Acesso em: 13 dez. 2013.
- SOUZA, V. L. **Princípios de gestão na execução de empreendimentos residenciais:** estudo de caso em Palmas/TO. 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)-Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- SPILLER, N. Complex arts complex. **Architectural Design**, v. 71, p. 18-21, 2001.
- TIGRE, P. B. **Gestão da inovação:** a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

Correspondência

Claudio Alcides Jacoski, claudio@unochapeco.edu.br
Soraia Foryta Jacoski, soraia.jacoski@gmail.com

METHODOLOGICAL DISCUSSION AND PILOTING OF LCA-BASED ENVIRONMENTAL INDICATORS FOR PRODUCT STAGE ASSESSMENT OF BRAZILIAN BUILDINGS

Indicadores com Base em ACV para Avaliação Ambiental do Estágio de Produto de Edificações Brasileiras: Discussão Metodológica e Aplicação-piloto

Marcella Ruschi Mendes Saade¹, Maristela Gomes da Silva², Vanessa Gomes¹

ABSTRACT The International Energy Agency (IEA)'s Annex 57 was established to advance on evaluation of embodied energy and GHG emissions for building construction. Its activities include recommendation of common calculation methods and disclosure of regional benchmarks. Process-based, input-output or hybrid life cycle assessment (LCA) can support such calculations. Identification of the major products that describe key building typologies plays a strategic role in the tasks of streamlining indicators' monitoring scope and LCI data gathering in contexts with little LCA practice consolidation. Given these motivations and backdrops, our main goals are (i) to calculate a selected set of LCA-based indicators to synthetically describe environmental performance of construction products for three functionally equivalent case studies; (ii) to detect the major contributors to embodied energy (EE) and emissions (EGWP); and (iii) to examine the implications of considering embodied CO₂ versus total GHG emissions. The selected metrics include – besides EE and EGWP targeted by Annex 57 – the blue water footprint (bWF), non-renewable primary material consumption (NRc) and volatile organic compounds (VOC) emissions. Production cycle modeling used previously collected national data, as well as secondary data extracted from national and international literature or adapted from international databases whenever considered as reasonably similar to Brazilian processes. EE and EGWP results were calculated using the Cumulative Energy Demand (CED) method and the CML 2001 baseline v. 2.05 method, respectively, and are presented for the top contributing products. NRc, bWF and VOC calculations were directly derived from the inventories and discussed in more detail for cement and concrete. Around 80% of the total embodied energy was related to seven construction products, while four of them also responded for around 80% of embodied GWP. Enlarging the database to encompass ten core products would increase coverage to over 93%. For cement and concrete, partial replacement of clinker by ground granulated blast furnace slag brought substantial reductions in the calculated values for all indicators but bWF, which unveils the effect of the water-intensive granulation process. Further research is expected to advance in LCI development and validation to enable the use of life cycle-based metrics to support decision-making within the national building sector.

KEYWORDS Life cycle indicators, embodied carbon, embodied energy.

¹Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

²Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, ES, Brasil

How to cite this article:

SAADE, M. R. M.; SILVA, M. G.; GOMES, V. Methodological discussion and piloting of lca-based environmental indicators for product stage assessment of brazilian buildings. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 43-62, jan./jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.89987>

Fonte de financiamento: CNPQ.

Conflito de interesse: Declaram não haver.

Submetido em: 01 out., 2013
Aceito em: 05 jul., 2014

RESUMO O Anexo 57 da Agência Internacional de Energia (AIE) foi estabelecido para avançar na avaliação de energia e emissões de GEE associadas à construção de edificações. A avaliação de ciclo de vida auxilia no cálculo destes indicadores. Identificar os principais produtos de construção que descrevam tipologias construtivas-chaves tem um papel estratégico na otimização do monitoramento de indicadores e construção de inventários em contextos com práticas de ACV pouco consolidadas. Este artigo é dirigido por estas motivações. Nossos objetivos são: (i) **calcular** um conjunto selecionado de indicadores com base em ACV para descrever sinteticamente o desempenho ambiental de produtos de construção utilizados em três estudos de casos funcionalmente equivalentes; (ii) identificar os principais produtos contribuintes para a energia e carbono incorporados totais; e (iii) avaliar as implicações de se considerar CO₂ ou GWP (em CO_{2e}) incorporado. As métricas selecionadas incluem, além de EE e EGWP, abrangidas pelo Anexo 57: pegada de água azul (bWF), consumo de matéria prima não renovável (NRC) e emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs). A modelagem dos ciclos produtivos utilizou dados próprios e dados secundários coletados na literatura ou adaptados de bases internacionais, mediante análise de similaridade com processos nacionais. Resultados de CO₂ e GWP incorporado foram obtidos pelos métodos de demanda acumulada de energia (CED) e CML 2001 baseline v. 2.05, respectivamente, e apresentados para os principais produtos contribuintes. NRC, bWF e COVs foram calculados diretamente a partir dos inventários e discutidos para cimentos e concretos. 80% da energia incorporada resulta de sete produtos de construção, enquanto quatro deles também respondem por pouco mais de 80% do GWP incorporado. A ampliação da base para abranger dez produtos aumenta esta cobertura para mais de 93%. Para cimento e concreto, a substituição parcial do clínquer por escória granulada de alto forno reduziu significativamente os valores de todos os indicadores considerados, exceto de bWF, que reflete o efeito do uso intensivo de água na granulação da escoria. Espera-se que pesquisas futuras avancem no desenvolvimento e validação de inventários e permitam o emprego de métricas de ciclo de vida na tomada de decisão no setor de construção brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE Indicadores de ciclo de vida, carbono incorporado, energia incorporada.

INTRODUCTION

The construction sector plays an increasingly important role on regional and global economies, contributing to the generation of job positions, to the development of new technologies and infrastructures and to enhance quality of life. That same greatness is observed in the environmental loads that arise from the building industry, extensively documented by authors like Bribrián, Capilla and Usón (2011).

Despite of its environmental relevance, the construction project performance has traditionally been measured in terms of quality, time and money spent (GANGOLELLS et al., 2009). The evaluation of environmental performance is relatively new and, because of that, still presents considerable methodological challenges that limit its practicability and reliability.

Environmental indicators are structured to capture resources usage and their consequent environmental impacts. They are designed to collect, process and use information aiming at making better decisions, at driving smarter political choices, and at measuring progress (WILSON; TYEDMERS; PELOT, 2007; JEFFERSON et al., 2007). Some indicators are shared by many industry sectors, such as CO₂ emission, and water and energy consumption (UNITED..., 2009). Buildings, however, are unique because of their decades long lifetime, multiple functions (BASBAGILL et al., 2013) and specificities, which call for a more oriented and complete set of indicators.

To assure reliability and thoroughness, calculation of indicators throughout the entire life cycle is of great importance. Life Cycle Assessment (LCA) stands out as a holistic tool to assess the potential environmental impacts throughout a product's life cycle (INTERNATIONAL..., 2006a). The wide and comprehensive scope of LCA is useful in order to avoid 'problem shifting', e.g. from one phase of the life cycle to another, from one region to another, or from one environmental problem to another (FINNVEDEN et al., 2009). Because of its systemic approach, LCA can scientifically support the calculation of more cohesive and consistent indicators.

Within the European Committee for Standardization, Technical Committee 350 (CEN TC 350), dedicated to developing standards on sustainability of construction works, published standard EN 15978 (EUROPEAN..., 2011b), which establishes a framework for providing building life cycle information. Impacts are distributed across four life stages (product, construction process, use and end of life), divided into sixteen modules (Figure 1).

The system boundary sets the interface between a building and its surroundings or other product systems. Depending on the approach adopted, the stages of production ('cradle to gate'); construction ('cradle to site' or 'cradle to handover', if construction activities are fully included); maintenance, repair, replacement and/or refurbishment (variations of 'cradle to use'); and end of life ('cradle to grave') are included or not in the assessment and metrics computation. In this sense, impacts can be determined as part (or selected life cycle modules) of the building's whole life environmental loads.

The International Energy Agency (IEA)'s Annex 57 (herein IEA-EBC Annex 57) was established in 2011, and is devoted to the identification, assessment and targeted control of the energy required for production, construction and maintenance of new buildings as well as for upgrading and subsequent maintenance of existing buildings. At the same time, the resulting impacts on the climate change (in terms of emissions and impact categories) are analyzed, evaluated and controlled using the metric of Global Warming Potential, expressed in units of carbon dioxide equivalent (CO_{2e}), to be in line with international standards, e.g. ISO 21929-1 (INTERNATIONAL..., 2011) and ISO/TS 14067 (INTERNATIONAL..., 2013).

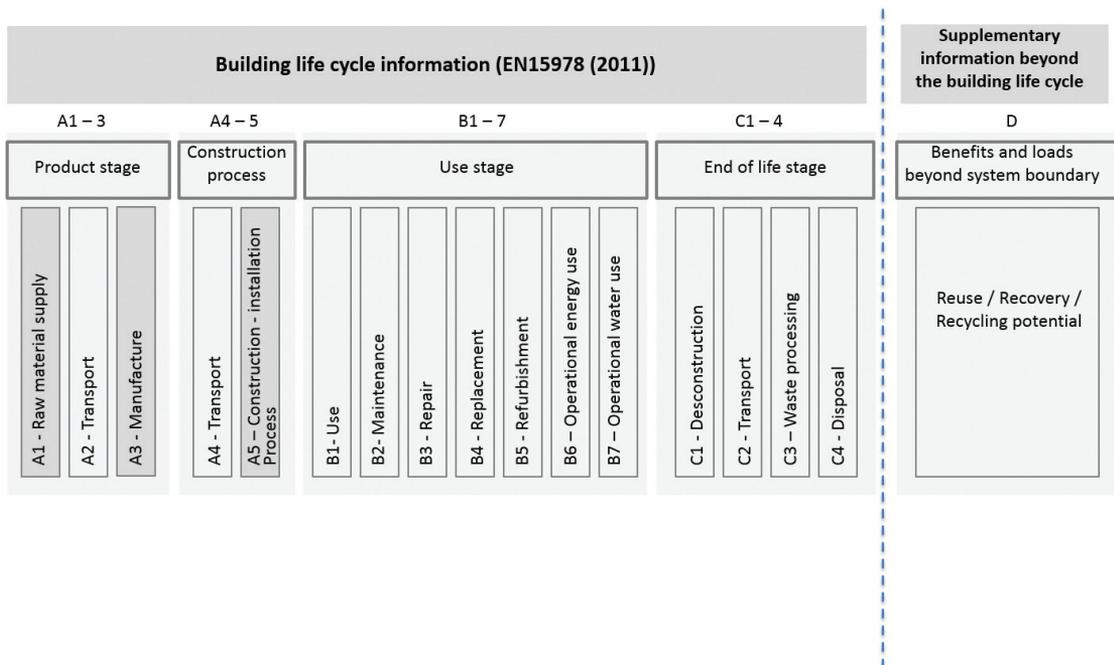


Figure 1. Building life cycle information stages and respective modules, according with EN 15978 (EUROPEAN..., 2011b). Darkened modules indicate the system boundary established for construction products' modeling in this study.

One of the key objectives that IEA-EBC Annex 57 pursues is the clarification of methodological issues related to the evaluation of 'embodied energy' and 'embodied CO₂ emissions/ GWP'. This includes definition of key concepts; of rules and recommendations for the system boundaries selection; of major methods for estimating 'embodied energy' and 'embodied GHG emissions' and for prescribing levels or benchmarks to measure building performance. Process-based, input-output or hybrid life cycle assessment (LCA) can support calculations of these indicators, but their application is still embryonic in Brazil. Identification of the major products that describe key building typologies plays a strategic role in the tasks of streamlining indicators' monitoring scope and LCI data gathering in contexts with little LCA practice consolidation. This paper is mostly motivated by Annex 57's backdrop, in which the authors participate, but enlarges its original scope to include calculation of other LCA-based indicators, which are relevant for the assessment of buildings.

Silva (2007) points out that Brazilian studies aiming at defining sustainability indicators for the construction sector are considerably variable and defined according to criteria and methodology that are not necessarily replicable. But indicators' definitions and calculations also vary throughout the world. Some of them show conceptual issues yet to be solved, as in the case of carbon emissions. Though the climate change impact category, expressed in terms of corresponding global warming potential (GWP, in CO_{2e}) is well established in the LCA field, communication of potential contribution of construction products and whole buildings to climate change still differs considerably. Wiedmann and Minx (2008) and ETAP (ENVIRONMENTAL..., 2007) defend that the carbon footprint should measure the amount of carbon dioxide emissions directly or indirectly caused by human activities or accumulated throughout a product's life cycle. On the other hand, POST (PARLIAMENTARY..., 2006) states that the indicator should represent the total amount of all greenhouse gases emitted during a product or process' life cycle. Such a discrepancy between definitions and calculation methodologies

prevents direct comparability and may confuse interpretation. The recent ISO 14067 (INTERNATIONAL..., 2013) finally brought up a standardized concept for international use and defines carbon footprint as *the sum of greenhouse gas emissions and removals in a product system, expressed as CO₂ equivalents and based on a lifecycle assessment using the single impact category of climate change*.

Materials datasets usually disclose energy and carbon indicators in terms of environmental load per mass or volume unit of a given material. However, if those units do not provide the best functional description of material application into building systems and parts, they do not allow for comparison among alternatives competing to fulfilling the same functional requirement (e.g. area of roof, partition or flooring systems). Material selection decision-making shall rather consider impacts at whole building level (VERBEECK; HENS, 2010) and use the functional equivalency principle if any sort of comparison is intended.

As explained in the EN 15978 standard (EUROPEAN..., 2011b), assessments may be carried out on an individual object, but they will in most instances form part of the process for the evaluation of decisions *in relation to the object of assessment*. *Comparisons between the results of assessments of buildings or assembled systems (part of works)* shall be made only on the basis of their functional equivalency. The functional equivalent is a representation of the required technical characteristics and functionalities of a building or an assembled system, rationalized into a minimum description of the object of assessment. This description forms the basis for transparent and unbiased comparison.

The functional equivalent of a building or an assembled system shall include, but is not limited to, information on: *building type; relevant technical and functional requirements; pattern of use and required service life*. Other specific requirements and exposure to climate and to other local conditions may be also relevant, as well as regulatory and client's specific requirements or assumptions made, scenarios defined and the sources of information used by the assessor.

EN 15978 standard (EUROPEAN..., 2011b) also acknowledges the use of a *common unit of reference*, derived from the functional equivalent, for comparison of the assessment results of the buildings that have different functional equivalents. The choice of the common reference unit depends on a specific requirement of a technical, functional, environmental, social or economic aspect, or combination thereof, which is common to all these buildings and is linked to their corresponding functional equivalents. A common reference unit may be, for instance: *per m², per year, per employee or occupant, per room per year and per m² per year*.

Adopting 'unit of gross floor area (GFA)' as a common unit of reference to normalize indicators values is a convenient step that enables performance communication, establishment of design goals and comparison against individual products or whole building benchmarks. In fact, an increased number of recent and relevant studies (BLENGINI, 2009; BLENGINI; DICARLO, 2010; WALLHAGEN; GLAUMANN; MALMQVIST, 2011; PASSER; KREINER; MAYDL, 2012; KARIMPOUR et al., 2014; ROH et al., 2014; SAADE et al., 2014) has expressed environmental performance results per m² of built area for benchmarking purposes. Also in the policy making realm, though normalized benchmarks are unsuitable and absolute impact must be considered (JONES; HAMMOND, 2010), normalizing the indicators' values per unit of gross floor area eliminates the need to assess architectural plans for each building in a given region of consideration, facilitating guidance of policy decisions based on government data.

MATERIAL AND METHODS

GOALS AND APPROACH OVERVIEW

This paper aims at (i) calculating a selected set of LCA-based indicators to synthetically describe environmental performance of construction products for three functionally equivalent case studies; (ii) to detect the major contributors to embodied energy and carbon; and (iii) examining the implications of using two GHG emission accounting methods (embodied CO₂ versus embodied GHG emissions (global warming potential - GWP, in CO_{2e})) for communicating environmental performance of construction products. The selected metrics include – besides the embodied energy and carbon targeted by IEA-EBC Annex 57 - three other indicators that are relevant for environmental assessment of buildings, but have not yet reached standard consensus: the blue water footprint, non-renewable primary material consumption and volatile organic compounds (VOC) emissions.

Process-based life cycle assessment (LCA) provided the framework for metrics calculations. LCA is the compilation and evaluation of the inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle (EUROPEAN..., 2011a). LCA was standardized by the ISO 14040 series (INTERNATIONAL..., 2006a, b, 2012, 2002). The method analyses all phases of a product and is an interactive process, composed by four stages (INTERNATIONAL..., 2006a): (1) goal and scope definition, in which the analysis purposes and comprehension are defined; (2) inventory analysis, which compiles and quantifies inputs and outputs for a product throughout its life cycle; (3) impact assessment, aimed at understanding and evaluating the magnitude and significance of the potential environmental impacts for a product system throughout the life cycle of the product ; and (4) interpretation, when the results of the analysis are presented.

The system boundary established for this study includes reference flows pertaining to modules A1, A3, and A5, shown in darker grey in Figure 1, and is in line with EN 15978 (EUROPEAN..., 2011b). Production cycles modeling used previously collected national data, as well as secondary data extracted from national literature or adapted from international databases whenever considered as reasonably similar to national processes (Table 1). SimaPro v.7.3 was the LCA support platform used.

From the metrics selected for use in the cases studied in this paper, only the climate change category and respective global warming potential (GWP) indicator is consistently encompassed by LCIA methods. Life cycle impact

Table 1. Inventory data sources and units defined for production processes modeling.

Construction product	Units	Data source
Concrete (fck 30) ^a	1 m ³	Silva (2006)
Portland cement (CPI-32, CPII-E-32, CPIII-32) ^a	1 ton	Silva (2006)
Steel rebar, steel frame, wire, copper wire	1 ton	ELCD, version 2.0 ^b
PVC (conduit and tube)	1 ton	Industry Data, version 2.0 ^b
Wood (plywood; timber planks; roundwood)	1 m ³	Ecoinvent, version 2.2 ^b
Sand, Gravel, Acrylic paint, Hydrated lime, Adhesive mortar, Ceramic tile	1 ton	Ecoinvent , version 2.2 ^b
Ceramic block	1 ton	Manfredini and Sattler (2005); Hammond and Jones (2011)

^aConcrete mixes with three amounts of ground granulated blast furnace slag (ggbs) as a clinker replacement were considered in this study (CPI-32 - 5%; CPII-E-32 - 30%; CPIII-32 - 66%); ^badjusted to the Brazilian energy mix.

assessment (LCIA) methods aim at connecting each life cycle inventory (LCI) result (elementary flow or other intervention) to the corresponding environmental impacts. According to ISO guidelines, LCI results are classified into impact categories, each with a category indicator. The category indicator can be located at any point between the LCI results and the category endpoints (where the environmental effect occurs) in the cause-effect chain (JOLLIET et al., 2003).

Damage-oriented methods, such as Eco-indicator 99 (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2000) or EPS (STEEN, 1999a, b), try to model the cause-effect chain up to the damage (endpoint), sometimes paying the price of high uncertainties. On their turn, the classical (midpoint) impact assessment methods, such as CML (GUINÉE et al., 2002) and EDIP (HAUSCHILD; WENZEL, 1998), group LCI results in the so-called '*midpoint categories*', using indicators that also characterize the elementary flows and other environmental interventions that contribute to a given impact, but are located somewhere between the LCI results and the damage (or endpoint) on the impact pathway. This limits uncertainties by restricting quantitative modeling to relatively early stages in the cause-effect chain. In this sense, using indicators derived from the inventory bears the same advantage, whenever further understanding and evaluation of the magnitude and significance of the potential environmental impacts are not pursued.

CASE STUDIES AND FUNCTIONAL EQUIVALENCY DESCRIPTION

We have studied two public servicing buildings (one integrated service center, with 4.975,55 m² GFA, and one police-training center, with 1.511,74 m² GFA) and one public school building (4.869,23 m² GFA).

Even though the building type varied, and specific functional requirements might vary accordingly, there are no outstanding specific technical requirements that invalidate equivalency among the case studies: their design service life (50 years), exposure environment (coastal area, in the State of Espírito Santo), occupancy (similar fulltime-equivalent potential occupants) and use pattern (8 hours per day / 5 days per week), technical specifications and construction quality standard as per data collection in 2011/2012, structural requirements and overall construction typology (concrete-framed, horizontal (up to 3 floors), low window-to-wall ratio (WWR) buildings) represent typical practice for low-rise public buildings in the region and do suggest equivalency.

Building type-dependent functional requirements would be mostly related to the use stage, or too specific (e.g. abrasion class for flooring systems) and rather not captured by the average-data LCIs available. As we are piloting the use of a number of metrics on a small sample, restricting the analysis to the product stage and aiming at studying the process of generating average numbers for a certain class of buildings, the achieved equivalency level suits our purposes.

RATIONALE FOR SELECTING INDICATORS AND CALCULATION METHODS

CEN TC 350 published standard EN 15804:2012 (EUROPEAN..., 2012), which determines the core rules for EPDs of construction products. From all environmental parameters listed in that standard, primary energy, global warming potential (GWP), ozone depletion potential (ODP), acidification potential (AP), eutrophication potential (EP) and photochemical ozone creation potential (POCP) seem to be the most usually found. From these,

primary energy is a resource intensity indicator; the remaining indicators refer to impact categories addressed by LCAs (SAADE et al., 2014).

Though listed as potential items to compose specific EPDs, metrics of water and non-renewable primary material consumption – both of them resource intensity indicators - do not have an agreed basis yet for European standardization [(EN 15978 (EUROPEAN... 2011b) and EN 15804 (EUROPEAN..., 2012)] and are less common in construction products' assessments, despite being fundamental to provide a thorough understanding of their impacts (SAADE et al., 2014). Furthermore, for most building-related applications, e.g. certification and rating systems, material impacts are often described in terms of regional, renewable, recycled or recyclable content, without tackling the key issue of mineral extraction rates directly (SILVA, 2007).

Consideration of volatile organic compounds (VOC) emissions is an attempt to advance from previous work focusing on resource use and ecosystem quality (SAADE et al., 2012; OLIVEIRA; SILVA; SILVA, 2013) and enlarge the assessment scope to include information on human health aspects. From the impact categories suggested by EN 15804:2012 that are more frequently found, POCP is the only one that alludes to human health issues. VOC emission is a major contributor to that photo-oxidant formation (GUINÉE et al., 2002), and can be totalized at a fraction of the effort needed to calculate POCP.

The selected set of metrics therefore comprises environmental impact indicators and resource use indicators, as defined by EN 15643-2 (EUROPEAN..., 2011a), and emissions (load) indicators. Resource use and emission indicators were directly derived from the inventories provided by Ecoinvent v. 2.2, Industry Data v.2.0 and ELCD v. 2.0 databases (item 2.5), avoiding reliance upon major assumptions or uncertainties usually associated to life cycle impact assessment (LCIA) methods (JOLLIET et al., 2003). Embodied energy was calculated by using the Cumulative Energy Demand (CED) method. The CED method computes the entire primary energy demand (or 'cumulative energy demand') that arises due to the production, use and disposal of an economic good. CED calculation is based on the method published by ecoinvent version 1.01, directly from the inventories. As implemented in SimaPro, characterization factors are given for the energy resources in five impact categories, expressed by the renewable (biomass, wind/solar/geothermal and water) and non-renewable (fossil and nuclear) CED components. No normalization is applied and each impact category is given the weighting factor 1 (GOMES et al., 2014). Embodied energy is herein expressed as total embodied CED, in MJ per unit (product) or per m² GFA (whole building).

We also used one environmental impact indicator, embodied GWP (expressed in CO_{2e} per unit (product) or per m² GFA (whole building), which was calculated by using the CML 2001 baseline v. 2.05 method (item 2.6). The CML method, developed in 2001 at the Institute of Environmental Sciences (CML) at Leiden University (GUINÉE et al., 2002), gathers several impact categories, including climate change, for which results are straightforwardly expressed in units of carbon dioxide equivalent emissions per functional unit, after multiplying the mass of each GHG emission by its equivalency factor (GOMES et al., 2014). As single-category indicators, embodied energy and embodied GWP could have also been computed directly from the inventory, but we have benefited from applying CED and CML automatic calculations.

LCA GOAL AND SCOPE DEFINITION

SimaPro v.7.3 was the support platform used to perform *cradle to gate* LCAs following ISO 14040 (INTERNATIONAL..., 2006a) methodological guidelines, covering processes from raw material extraction to the factory's gate, excluding freight transport within the supply chain and to the construction site. As this study focuses on obtaining average results for the product stage, case-specific transport, as well as subsequent life cycle stages (construction, use and end of life), were disregarded.

System boundary definition for the cradle to gate LCAs considered cut-off rules given in EN 15804:2012 (EUROPEAN..., 2012), which admit that, in case of insufficient input data or data gaps for a given unit process, materials and processes can be omitted if the process contributes with less than 1% of total mass or renewable or non-renewable primary energy, and all excluded materials and processes do not exceed 5% of total energy use and mass. Due to this paper's motivation, we have used, mass, embodied primary energy and carbon as cut-off filters to identify the construction products for which the remaining metrics would be calculated.

LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS: CALCULATION OF LCI-DERIVED INDICATORS

The (volume or mass) units used for deriving the impact factors for the construction products considered reflect designers and quantity surveyors' common practice. Corresponding data sources are summarized in Table 1.

Consumption of each construction product was totaled for the case studies. In the particular cases of concrete, steel rebar and formwork, only the superstructure was considered, in order to isolate the effects of soil's carrying capacity on the sizing – and, consequently, on material consumption - of foundation elements. External and urbanization elements were also disregarded. Reference flows (median values) shown in Table 2 were compiled from the bill of materials and shop drawings, corrected using national estimates for onsite construction wastage (AGOPYAN et al., 1998) and normalized by m² GFA.

An ISO standard to guide calculations of water footprints of products is still under development (INTERNATIONAL..., 2014). Our blue water footprint calculation then follows the definition given in a comprehensive procedure for water footprint (WF) assessment (HOEKSTRA et al., 2011), which encompasses three major components: blue WF (ground and surface water used); green WF (rainwater used) and grey WF (freshwater polluted). We applied a filter on the LCI that adds together the consumption of different ground and surface water sources over a product's life cycle (Equation 1).

Table 2. Reference flows (median values) compiled for the sample studied.

Material/component	unit	Consumption/m ² GFA ^a
Sand	kg	902.25
Gravel	kg	574.41
Portland cement CP III-32	kg	282.09
Concrete (fck 30)	m ³	0.27
Steel rebar	kg	17.63
Steel frame	kg	4.89
Ceramic block	kg	72.07
Ceramic roof tile	kg	0.00
Planed dried wood	m ³	0.01
Raw dried wood	m ³	0.00
Plywood	m ³	0.00
PVC tube	kg	1.19
PVC conduit	kg	0.99
Adhesive mortar	kg	3.32
Hydrated lime	kg	6.53
Ceramic tile	kg	2.46
Copper wire	kg	0.10
Acrylic paint	L	0.42
PVA paint	L	0.19
Architectural glazing	kg	1.29

^aMedian value of three case studies.

Analogously, non-renewable consumption calculation sums the life cycle intake of mineral resources (Equation 2), while the VOC indicator totalizes all methane and non-methane VOC emissions listed in the life cycle inventory (Equation 3).

$$bWF = Qx \left(\sum_{i=1}^n bW_i \text{ per unit} \right) \quad (1)$$

Where:

bWF is the blue water footprint, in m^3/m^2 GFA

Q is the consumption of a given construction product (median value of cases studied)

bW is blue water consumed from a ground or surface source over the product's life cycle

n is the number of blue water sources identified in the product's LCI

$$NRc = Qx \left(\sum_{i=1}^n NR_i \text{ per unit} \right) \quad (2)$$

Where:

NRc is the non-renewable primary material consumption, in kg/m^2 GFA

Q is the consumption of a given construction product (median value of cases studied)

NRi is the non-renewable primary material consumed over the product's life cycle

n is the number of different types of non-renewable primary materials identified in the product's LCI

$$VOC = Qx \left(\sum_{i=1}^n VOC_i \text{ per unit} \right) \quad (3)$$

Where:

VOC is the volatile organic compounds emission, in $kg VOC/m^2$ GFA

Q is the consumption of a given construction product (median value of cases studied)

VOC is the volatile organic compounds emitted over the product's life cycle

n is the number of VOC emission types identified in the product's LCI

The embodied CO_2 calculation followed the same procedure of filtering CO_2 emissions from each construction product's inventory (Equation 4). Given the lack of information on ceramic blocks in the available LCI databases, CO_2 data was extracted from University of Bath's inventory of carbon and energy (HAMMOND; JONES, 2011). We acknowledge that the energy mix in the UK and Brazil are different, and that such a difference can imply in less accurate results. However, the methodological thoroughness applied to ICE database suggests its use as a proxy at this time.

$$ECO_2 = Qx \left(\sum_{i=1}^n CO_{2i} \text{ per unit} \right) \quad (4)$$

Where:

ECO₂ is the embodied CO_2 , expressed in $kg CO_2$ emissions per m^2 GFA

Q is the consumption of a given construction product (median value of cases studied)

CO₂ is the carbon dioxide emissions over the product's life cycle

n is the number of CO_2 emission sources identified in the product's LCI

Finally, the embodied energy calculation was computed by the CED method, which totalizes all primary energy inputs over a given item's life cycle

(Equation 5). Given the already mentioned lack of data related to ceramic blocks in LCI databases, national data from Manfredini and Sattler (2005) were then used, for their methodological approach was explicit and found suitable for this paper's purposes.

$$EE = Q \times \left(\sum_{i=1}^n E_i \text{ per unit} \right) \quad (5)$$

Where:

EE is the primary energy embodied in construction products, in MJ/m² GFA

Q is the consumption of a given construction product (median value of cases studied)

E is the primary energy consumed over the product's life cycle

n represents the number of primary energy sources identified in the product's LCI

LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT: CALCULATION OF LCIA-DERIVED INDICATOR

The embodied GWP was calculated using CML 2001 v.2.05, which multiplies the mass of emitted GHGs by their corresponding equivalency factors (Equation 6).

$$EGWP = Q \times \left(\sum_{i=1}^n GWP_i \times m_i \text{ per unit} \right) \quad (6)$$

Where:

EGWP stands for embodied Global Warming Potential, in mass of CO_{2e} of extraction/manufacturing of the construction product

Q is the consumption of a given construction product (median value of cases studied)

GWP is the Global Warming Potential equivalency factor for each greenhouse gas (GHG) considered by CML 2001 v.2.05

n is the number of GHG considered

m is the specific GHG emission, in mass, per building product unit

RESULTS PRESENTATION AND DISCUSSION

EMBODIED ENERGY

Figure 2 presents the median values of embodied energy (total cumulative energy demand, CED) of construction products per m² GFA. To support discussions made later on this paper, embodied energy of Portland cement and concrete are expressed in terms of three amounts of ground granulated blast furnace slag (ggbfs) used as a clinker replacement (CP I-S-32, 5%; CP II-E-32, 30% and CP III-32, 66%), consistently with Brazilian standards (ASSOCIAÇÃO..., 1991a, b, c). Portland cement here indicated was not used to manufacture concrete, which was delivered ready mixed, but applied in the production of other cement-based elements.

As expected and well documented in literature, our results show that Portland cement and concrete are the main contributors to the sample's median embodied energy profile. International studies usually investigate the performance of ordinary Portland cement, which is composed primarily by clinker, with little or no mineral admixtures and would be equivalent to Brazilian CP I-S-32. In Brazil, however, CP II-E-32 (30% of ground granulated blast furnace slag) is the most commercially available cement type, while CP

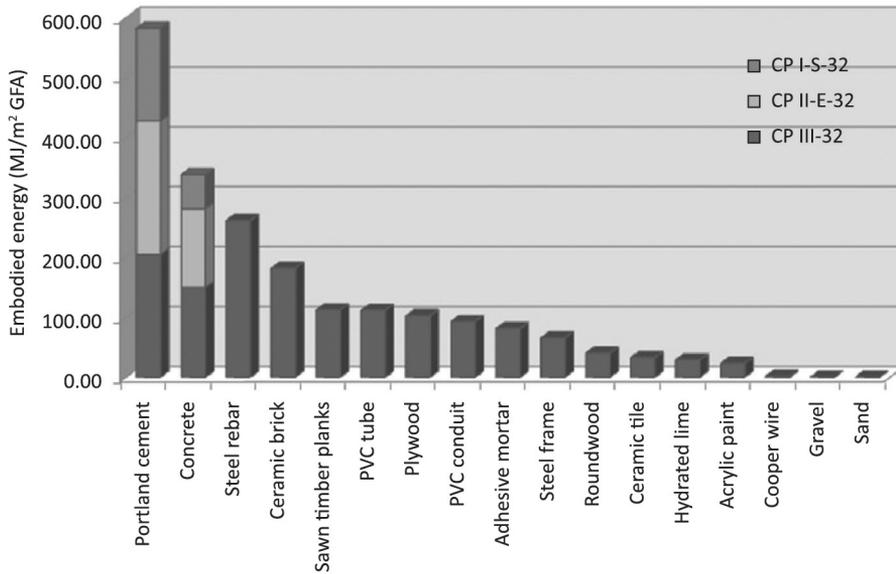


Figure 2. Embodied energy (total CED) of construction products, in MJ per m² GFA.

III-32 (66% of ground granulated blast furnace slag) is the top seller type in the sample building’s region.

Figure 3 considers concrete as broken down into its constituents, which were added to cement, sand and gravel used in other applications. About 80% of the total embodied energy was cement, steel rebar, ceramic block, sawn timber, PVC tube, plywood, and PVC conduits.

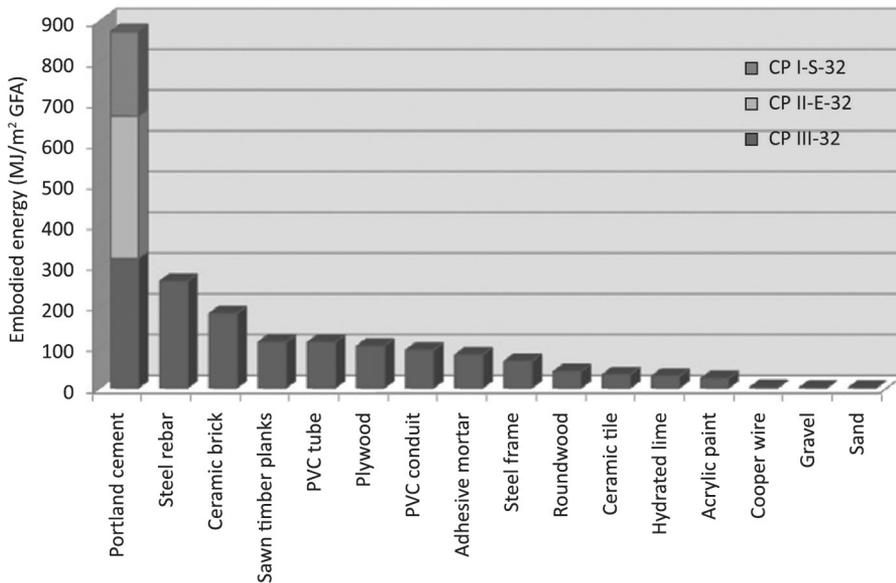


Figure 3. Embodied energy of construction products per m² GFA after concrete’s breakdown into basic constituents and addition to those used in other services.

EMBODIED CO₂ AND EMBODIED GWP

Figure 4 presents the median values of embodied CO₂ of construction products per m² GFA, while Figure 5 presents the median values after concrete constituents were broken down and added to cement and aggregates used in other services. The top four contributions (cement, steel rebar, ceramic block, PVC tubes) respond for over 80% of the sample’s median embodied CO₂.

Figure 6 presents the median values found for embodied GWP, for all quantified materials, and Figure 7 presents the results after concrete was

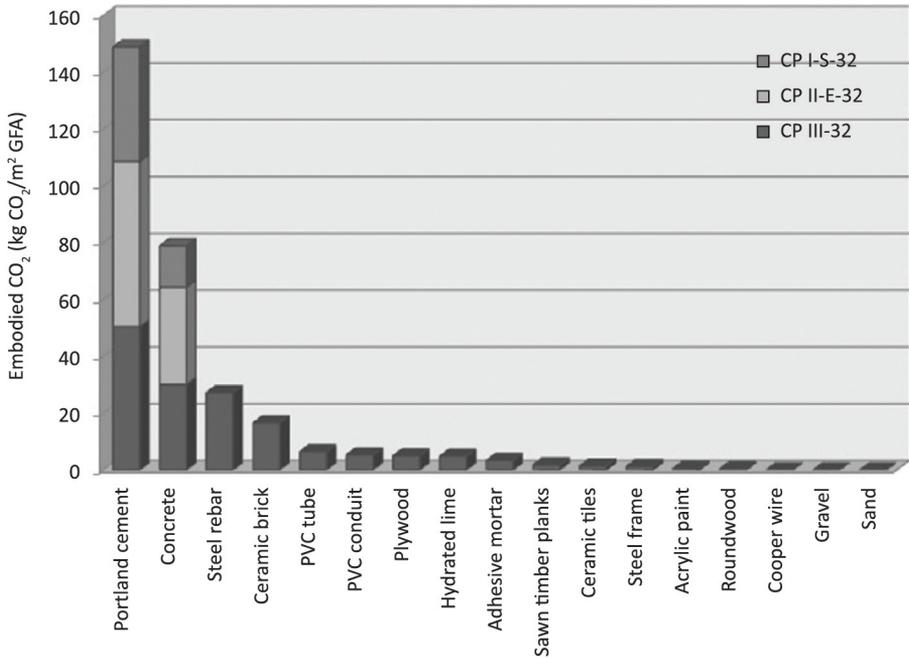


Figure 4. Embodied CO₂ of construction products per m² GFA.

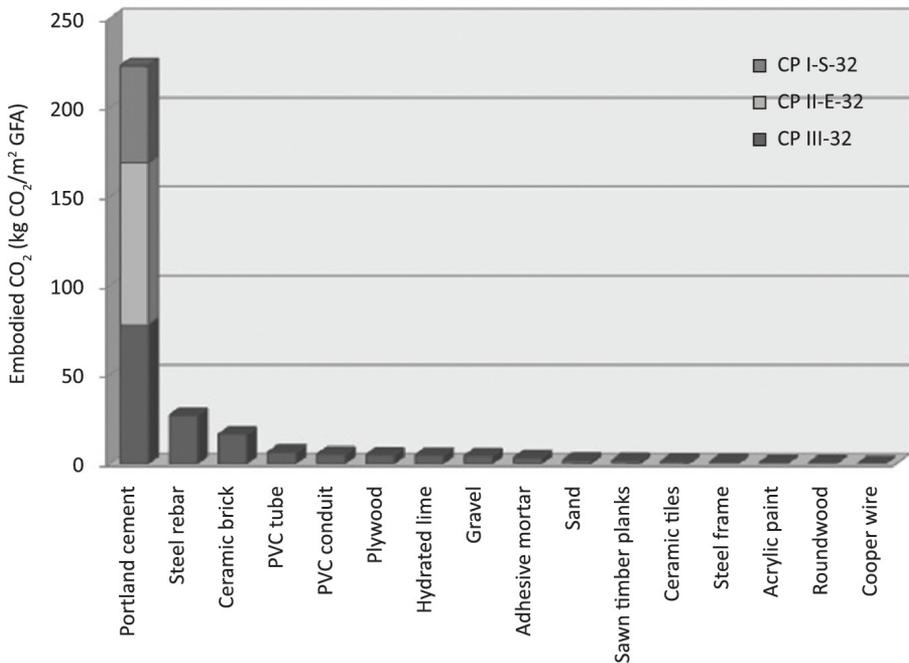


Figure 5. Embodied CO₂ of construction products per m² GFA, after concrete’s breakdown into basic constituents and addition to those used in other services.

broken down into its constituents and correspondent cement, sand and gravel were added to those used in other applications.

Comparative analysis between Figures 4-5 and Figures 6-7 indicates that inclusion of the remaining GHG emissions in the calculation did not substantially change the products’ contribution ranking, but considerably increased the indicator’s absolute values for some products.

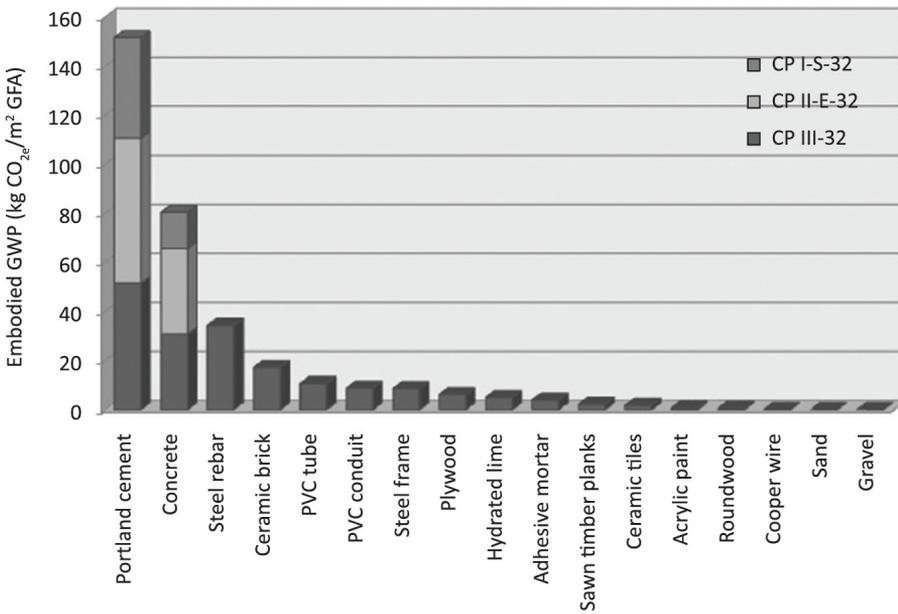


Figure 6. Embodied GWP of construction products, in CO_{2e} per m² GFA.

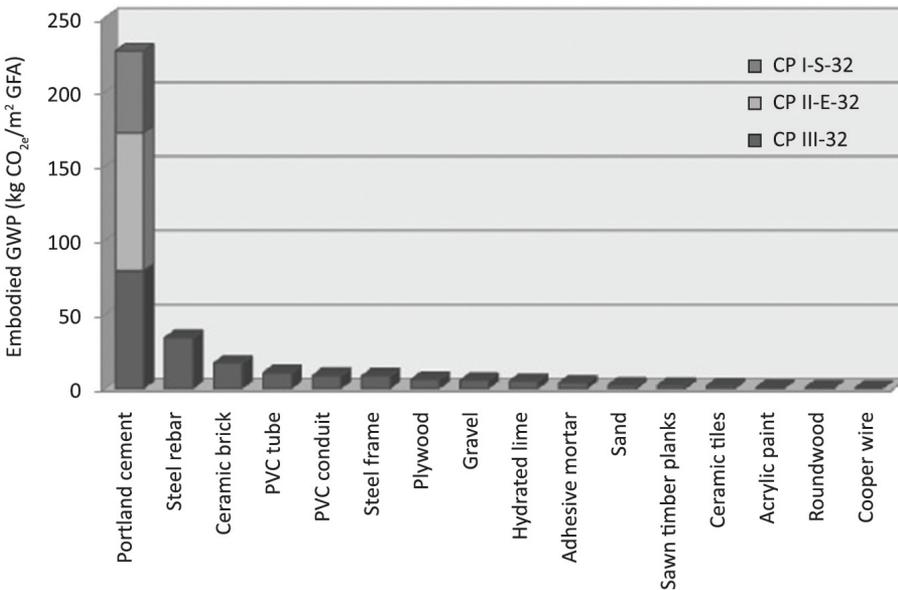


Figure 7. Embodied GWP of construction products, in CO_{2e} per m² GFA, after concrete’s breakdown into basic constituents and addition to those used in other services.

The top 4 contributors for the buildings’ embodied CO₂ and GWP were always the same: Portland cement, steel rebar, ceramic block and PVC tubes. These products collectively respond for over 80% of overall embodied values. Adoption of different carbon accounting methodologies merely shifted positions among the top 10 contributors, which would still respond for roughly 98% of total embodied carbon.

Still, three major groups of construction products regarding embodied CO₂ and GWP became very clear:

- CO₂ proportion in GHG emissions is **above 95%**, namely: cement, ceramic block and hydrated lime. For this group, embodied CO₂ would pretty much represent the embodied GHG emissions;

- CO₂ proportion in GHG emissions is **between 80%-95%**, including plywood, roundwood, sand, ceramic roof tile, and adhesive mortar; which might be considered enough to be a reasonable GHG descriptor for specific applications or preliminary screening; and
- CO₂ proportion in GHG emissions is **between 60% and 80%**, comprising steel rebar, PVC tube and conduit, gravel and roof steel structure; for which contribution of non-CO₂ GHG cannot be neglected.

These results confirm that adopting embodied CO₂, for all construction products, as a rule of thumb descriptor of climate change impact can clearly mislead conclusions.

Even though CO₂ and GWP measure different things, and variation in absolute values is expected, both metrics have been used to describe contribution to climate change. As the focus should be kept on the effect (climate change), considering only CO₂ portraits partial results, with consequences that are more critical for some construction products than for others. This is particularly important considering that Brazilian official data on some building materials with the highest GWP (e.g. cement and steel) are only published in terms of CO₂, while their contribution to climate change is actually higher. Using available CO₂ information to describe contribution of a whole building to climate change therefore poses the risk of importantly underestimate it. We therefore strongly endorse ISO 14067:2013 proposition that GWP is used, and recommend that corresponding data for national construction products is pursued.

DISCUSSION ON THE CORE INDICATORS RESULTS FOR CEMENT AND CONCRETE

Values of embodied energy (EE), embodied CO₂ (EC), embodied GWP (EGWP), blue water footprint (bWF), non-renewable primary material consumption (NRC) and Volatile Organic Compounds emissions (VOC) per unit of gross floor area were calculated for cement and concrete, the two larger contributors to the building's total embodied energy and embodied CO₂ / GWP (Table 1). Table 2 presents the indicators' values per m² GFA found for concrete with CP I-S-32, CP II-E-32 and CP III-32. Values within parenthesis indicate reductions in relation to CP I-S-32, kept for international reference.

For both concrete and cement, the potential benefit that arises from using ggbs as a clinker replacement becomes evident. The embodied CO₂ and the embodied GWP diminished considerably when comparing CP III-32 to CP II-E-32 and even more to CP I-S-32, as the ggbs content increased from 5% (CP I-S-32) to 30% (CP II-E-32) and 66% (CP III-32) and corresponding types of concrete. The embodied energy, the non-renewable primary material consumption and the VOC emissions indicators also presented significant reductions, which confirm potential environmental advantages of replacing clinker with ggbs in cement/concrete manufacturing. These findings might find resonance in improvement of technical properties consistently pointed out in literature (CAMARINI, 1995; SILVA, 1998, 2006; TANESI, 2010).

In the other hand, the blue water footprint value increased when ranging from CP I-S-32 to CP III-32 (Table 3), and from concrete with CP I-S-32 to concrete with CP III-32 (Table 4). The observed raise is due to water consumption on the blast furnace slag granulation process, a known water intensive industrial procedure. Most steelmaking companies have water reuse programs in place, which would reduce cement and concrete's blue water footprints due to the use of ggbs as a clinker replacement. As in this paper we worked with and aimed at aggregated data and results, water reuse programs were not considered, due to the unpredictable differences across steelmaking companies' environmental management programs.

Table 3. Environmental indicators calculated for cement types CP I-S-32, CP II-E-32 and CP III-32.

	EE (MJ/m ²)	ECO ₂ (kg/m ²)	EGWP (kg/m ²)	bWF (m ³ /m ²)	NRc (kg/m ²)	VOC (kg/m ²)
CP I-S-32	873.50	223.37	227.75	0.134	511.16	5.28E-4
CP II-E-32	666.06 (-23.75%)	169.08 (-24.30%)	172.44 (-24.29%)	0.763 (+82.44%)	392.99 (-23.12%)	4.64E-4 (-12.1%)
CP III-32	316.53 (-63.76%)	77.92 (-65.12%)	79.56 (-65.07%)	1.443 (+90.71%)	184.85 (-63.84%)	3.58E-4 (-32.2%)

Table 4. Environmental indicators calculated for concrete with cement types CP I-S-32, CP II-E-32 and CP III-32.

	EE (MJ/m ²)	ECO ₂ (kg/m ²)	EGWP (kg/m ²)	bWF (m ³ /m ²)	NRc (kg/m ²)	VOC (kg/m ²)
Concrete w/ CP I-S-32	338.00	78.93	80.64	0.846	720.70	0.0019
Concrete w/ CP II-E-32	281.09 (-16.84%)	64.37 (-18.45%)	65.79 (-18.42%)	1.036 (+18.34%)	661.69 (-8.19%)	0.0018 (-5.26%)
Concrete w/ CP III-32	150.23 (-55.55%)	30.16 (-61.79%)	30.93 (-61.64%)	1.345 (+37.10%)	596.78 (-17.19%)	0.0017 (-10.50%)

CONCLUSIONS

Many efforts to describe environmental performance, through establishment of adequate indicators, have been observed throughout the world. However, there are significant disagreements in terms of indicators' definitions and calculation methods. Those differences can mislead interpretations and disclosure, especially when the calculation methods are not explicit, increasing risk of cumulative errors.

Another limitation arises from the deficiency of reference LCI data. In this paper, the lack of national data related to some relevant materials required the use of multiple international databases, further complemented by third-party published literature in the case of ceramic block. We acknowledge that, though not ideal for solid result aggregation and benchmarking, it was unavoidable and the most reasonable alternative in our case. That said, once transparency is ensured, this is a procedure frequently adopted to fill in data gaps in the LCA realm worldwide, and consistently observed in its application to building studies.

The indicators analyzed were selected based upon their environmental relevance and measurability, and represent a core collection of metrics to allow swift but meaningful assessments in scenarios of early implementation of environmental design accountancy.

Consideration of VOC emission was explored here as an initial attempt to advance from previous work focusing on resource use and ecosystem quality and enlarge the assessment scope to include information on human health aspects. VOC emission is a major contributor to photo-oxidant formation and can be totalized at a fraction of the effort needed to calculate POCP. Since PCOP communicates effects on human health in a more comprehensible way than VOCs, examination of their relationship seems worth to be resumed in future investigations.

Focusing on a certain building typology represented by three case studies, results enables preliminary benchmarking against national and international reported results and feeding of design tools to empower environmental modeling and documentation. Around 80% of the total embodied energy was related to cement, steel rebar, ceramic block, sawn timber, PVC tube, plywood, and PVC conduits, while cement, steel rebar, ceramic block and

PVC tube responded for around 80% of embodied GWP. Enlarging the core database to include adhesive mortar, steel profiles (roof support structure) and roundwood would increase coverage to over 93% and provide a very sound description of the buildings' embodied energy and GWP profiles. These results complement conclusions by Saade et al. (2012) for embodied energy and can play a strategic role in the tasks of streamlining indicators' monitoring scope and LCI data gathering in the Brazilian context, still with little LCA practice consolidation.

Except for bWF, calculated values for all other indicators decreased considerably with increased ggbs content, suggesting important environmental advantages of ggbs as clinker replacement in cement production. Determining if the identified environmental benefits overcome water usage impacts is out of scope of this paper. The presently available multi-category impact assessment methods do not include water usage, which would make it impossible to reach an unambiguous aggregated result. Furthermore, impact analysis beyond the so-called 'midpoint' embed a series of assumptions and uncertainties, which imply in a great deal of subjectivity inherent to the weighting attribution across categories.

The uniform basis for the development and publication of environmental product declarations (EPDs) in some countries has contributed significantly to the improvement of the data availability for international construction products related to embodied energy, GWP and other environmental metrics. Unfortunately we are not in the same pace in Brazil yet. Among our next research steps are the investigation of additional material intensity/dematerialization indicator; database expansion to include other building typologies and increase the number of cases assessed within them; and expansion of system boundary to cover whole life of individual buildings. We expect that, following a coordinated methodological outline, future works will gradually evolve to constitute an LCI database of the most relevant construction products, and enable the use of the proposed metrics, as well as of LCA as a whole, to support decision-making in the Brazilian construction sector.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank *CPFL Energia* and *CNPq* for their financial support.

REFERENCES

- AGOPYAN, V. et al. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5732**: cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11578**: cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5735**: cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro, 1991c.
- BASBAGILL, J. et al. Application of life cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. **Building and Environment**, Oxford, v. 60, p. 81-92, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.009>
- BLENGINI, G. A. Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy. **Building and Environment**, Oxford, v. 44, n. 2, p. 319-330, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.03.007>
- BLENGINI, G. A.; DI CARLO, T. Energy-saving policies and low-energy residential

buildings: an LCA case study to support decision makers in Piedmont (Italy).

International Journal of Life Cycle Assessment, United States, v. 15, n. 7, p. 652-665, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-010-0190-5>

BRIBRIÁN, I. G.; CAPILLA, A. V.; USÓN, A. A. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. **Building and Environment**, Oxford, v. 46, n. 5, p. 1133-1140, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>

CAMARINI, G. **Desempenho de misturas cimento Portland e escória de alto-forno submetidas à cura térmica**. 1995. 252 f. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES ACTION PLAN - ETAP. **The carbon trust helps UK businesses reduce their environmental impact**. Brussels, 2007. Press release. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/etap/pdfs/jan07_carbon_trust_initiative.pdf>. Acesso em: 25 maio 2012.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN. **EN 15643-2**: sustainability of construction works: assessment of buildings. Part 2: framework for the assessment of environmental performance. Brussels, 2011a.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN. **EN 15978**: sustainability of construction works: assessment of environmental performance. Brussels, 2011b.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CEN. **EN 15804**: sustainability of construction works: environmental product declarations: core rules for the product category of construction products. Brussels, 2012.

FINNVEDEN, G. et al. Recent developments in Life Cycle Assessment. **Journal of Environmental Management**, United States, v. 91, n. 1, p. 1-21, 2009. PMID:19716647. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>

GANGOLELLS, M. et al. A methodology for predicting the severity of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. **Building and Environment**, Oxford, v. 44, n. 3, p. 558-571, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.05.001>

GOEDKOOP, M.; SPRIENSMA, R. **The Eco-indicator 99**: a damage oriented method for life cycle assessment. 2nd ed. Amersfoort: Pré Consultants, 2000. Methodology report.

GOMES, V. et al. Life beyond operational stage: exploring lifecycle zero energy definitions. In: IISBE NET ZERO BUILT ENVIRONMENT 2014 SYMPOSIUM: NATURE-BASED BUILDING PERFORMANCE: NET ZERO ENERGY, WATER, CARBON, AND WASTE, 2014, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2014.

GUINÉE, J. B. et al. **Handbook on lifecycle assessment**: operational guide to the ISO standards. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

HAMMOND, G.; JONES, C. **Inventory of carbon & energy (ICE)**. Bath: Department of Mechanical Engineering, University of Bath, 2011.

HAUSCHILD, M.; WENZEL, H. **Environmental assessment of products**. London: Chapman & Hall, 1998. (Scientific Background, 2).

HOEKSTRA, A. Y. et al. **The water footprint assessment manual**: setting the global standard. London: Earthscan, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 14048**: environmental management: lifecycle assessment: data documentation format. Geneva, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 14040**: environmental management: lifecycle assessment: principles and framework. Geneva, 2006a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 14044**: environmental management: lifecycle assessment: requirements and guidelines. Geneva, 2006b.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 21929-1**: sustainability in building construction: sustainability indicators. Part 1: framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings. Geneva, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 14047**: environmental management: lifecycle assessment: application examples. Geneva, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO/TS 14067:** greenhouse gases: carbon footprint of products: requirements and guidelines for quantification and communication. Geneva, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. ISO/DIS 14046.2: environmental management: water footprint: principles, requirements and guidelines Geneva, 2014.

JEFFERSON, I. et al. Sustainability indicators for environmental geotechnics. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability**, London, v. 160, n. 2, 2007. <http://dx.doi.org/10.1680/ensu.2007.160.2.57>

JOLLIET, O. et al. IMPACT 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. **International Journal of Life Cycle Assessment**, United States, v. 8, n. 6, p. 324-330, 2003. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02978505>

JONES, C.; HAMMOND, G. Energy analysis: method and application. In: SUPERGEN HIDEF/BSEBEC TRAINING WORKSHOP: "SUSTAINABILITY AND THE ENVIRONMENT", 2010. University of Bath, 2010.

KARIMPOUR, M. et al. Minimising the life cycle energy of buildings: review and analysis. **Building and Environment**, Oxford, v. 73, p. 106-114, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.11.019>

MANFREDINI, C.; SATTLER, M. A. Estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-37, 2005.

OLIVEIRA, F. R. M.; SILVA, M. G.; SILVA, V. G. Exploring life-cycle-based indicators for integrated sustainability assessment of building structural frames in concrete. In: CIB WORLD BUSINESS CONGRESS 2013: CONSTRUCTION AND SOCIETY - CIB WBC2013, 2013. Brisbane: CIB WBC2013, 2013. v. 1.

PARLIAMENTARY OFFICE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY - POST. **Carbon footprint of electricity generation**. London, 2006. (POSTnote, 268). Disponível em: <<http://www.parliament.uk/documents/post/postpn268.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

PASSER, A.; KREINER, H.; MAYDL, P. Assessment of the environmental performance of buildings: a critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings. **International Journal of Life Cycle Assessment**, United States, v. 17, n. 9, p. 1116-1130, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-012-0435-6>

ROH, S. et al. Development of an optimum design program (SUSB-OPTIMUM) for the life cycle CO₂ assessment of an apartment house in Korea. **Building and Environment**, Oxford, v. 73, p. 40-54, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.11.015>

SAADE, M. R. M. et al. Proposition and preliminary analysis of a core set of indicators to describe material eco-efficiency of Brazilian buildings. In: CIB CONFERENCE ON SMART AND SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENTS - SASBE, 4., 2012, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2012. p. 525-532.

SAADE, M. R. M. et al. Material eco-efficiency Indicators for Brazilian buildings. **Smart and Sustainable Built Environment**, Bingley, v. 3, n. 1, p. 54-71, 2014.

SILVA, M. G. **Influência da cura térmica em pastas e argamassas de cimentos com escória de alto-forno**. 1998. 232 f. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, M. G. (Coord.). **Concreto de alto desempenho com elevados teores de escória de alto-forno: estratégia para consolidar o mercado da escória de alto-forno em cimentos e concretos**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2006. Research report.

SILVA, V. G. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 47-66, 2007.

STEEN, B. **A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS)**. Version 2000: general system characteristics. Gotheburg: Chalmers University of Technology, 1999a. CPM report 1999:4. Disponível em: <<http://eps.esa.chalmers.se/download.htm>>.

STEEN, B. **A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS)**. Version 2000: models and data. Gotheburg: Chalmers University of Technology, 1999b. CPM report 1999:5.

TANESI, J. **Contribuição ao desenvolvimento de especificações por desempenho para concretos com escória de alto-forno**. 2010. Tese (Doutorado)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

UNITED NATIONS ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE Pacific - UNITED NATIONS ESCAP. **UN ST/ESCAP/2561: eco-efficiency indicators: measuring resource-use efficiency and the impact of economic activities on the environment**. Thailand, 2009. 28 p. Disponível em: <<http://www.unescap.org/esd>>. Acesso em: 25 maio 2012.

VERBEECK, G.; HENS, H. Life cycle inventory of buildings: a calculation method. **Building and Environment**, Oxford, v. 45, n. 4, p. 1037-1041, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.10.012>

WALLHAGEN, M.; GLAUMANN, M.; MALMQVIST, T. Basic building life cycle calculations to decrease contribution to climate change: case study on an office building in Sweden. **Building and Environment**, Oxford, v. 46, n. 10, p. 1863-1871, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.02.003>

WIEDMANN, T.; MINX, J. A Definition of 'Carbon Footprint'. In: PERTSOVA, C. C. (Ed.). **Ecological economics research trends**. New York: Nova Science Publishers, 2008. p. 1-11.

WILSON, J.; TYEDMERS, P.; PELOT, R. Contrasting and comparing sustainable development indicator metrics. **Ecological Indicators**, New York, v. 7, n. 2, p. 299-314, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.02.009>

Correspondência

Marcella Ruschi Mendes Saade, marcellarms@hotmail.com
Maristela Gomes da Silva, margomes.silva@gmail.com
Vanessa Gomes, vangomes@gmail.com

PROJETOS DE ARQUITETURA: A APRENDIZAGEM COTIDIANA EM ESCRITÓRIOS E A RELAÇÃO COM A GESTÃO

Architectural Projects: Apprenticeship Everyday in Offices and Relationship Management

Glaucinei Rodrigues Corrêa¹

RESUMO: Este artigo aborda o cotidiano da produção de projetos arquitetônicos. Tem por objetivo desvelar como as pessoas aprendem a fazer/elaborar projetos de arquitetura na prática. Para isso, relaciona duas abordagens antropológicas à aprendizagem de fazer projetos: a “aprendizagem situada”, de Jean Lave; e a “constituição da habilidade”, de Tim Ingold. O foco do estudo da aprendizagem proposto centra-se nas práticas que levam o iniciante a compreender o processo a partir das relações com outros aprendizes e com profissionais mais experientes. A pesquisa foi realizada em dois escritórios de arquitetura, compreendendo a análise dos sistemas de gestão de projetos, para esclarecer o funcionamento dos escritórios, a observação cotidiana da produção de projetos, para perceber as práticas do dia a dia e a participação das pessoas no projeto, além de entrevistas, com a finalidade de buscar informações não percebidas na observação e de mostrar como as questões relativas à produção de projetos eram vistas pelas pessoas envolvidas no processo. Como resultados, percebe-se que no cotidiano de trabalho dos escritórios de arquitetura há múltiplas situações que promovem a aprendizagem e que os arquitetos aprendem a partir de práticas específicas a esses ambientes, como a manipulação de modelos (arquivos-referência), a validação/avaliação do projeto (“canetadas”) e a participação nas reuniões de crítica ao projeto. Entre essas práticas, a repetição, a observação e a relação entre pares fundamentam todo o processo de aprendizagem. Destaca-se que o acesso e a participação regulam as práticas cotidianas da aprendizagem do processo de fazer projetos arquitetônicos e que aquilo que se vê no dia a dia reflete a integração e a interação entre as pessoas: são processos de aprendizagem, e não de ensino. Essas práticas ratificam a ideia de que aprender a projetar é uma atividade complexa, de que a aprendizagem é um processo de mudança das práticas e das pessoas, de que aprender é uma atividade mais relacional do que individual e de que as habilidades dos arquitetos são constituídas nesses ambientes, não tendo, portanto, nada de inato. Os processos e os procedimentos da gestão de projetos, além de regular e de padronizar o controle do processo de desenvolvimento de projetos, colaboram para que as pessoas aprendam nesses ambientes.

PALAVRAS-CHAVE: Projetos de arquitetura, Aprendizagem, Gestão de projetos.

¹Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo – TAU, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

How to cite this article:

CORREIA, G. R. Projetos de arquitetura: a aprendizagem cotidiana em escritórios e a relação com a gestão. Gestão de Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 63-87, jan./jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.89992>

Fonte de financiamento:
Declara não haver.

Conflito de interesse:
Declara não haver.

Submetido em: 27 jun., 2013
Aceito em: 27 fev., 2014

ABSTRACT: This article discusses the daily production of architectural projects. Aims to reveal how people learn to make/prepare architectural designs in practice. For this relates two anthropological approaches with apprenticeship to do projects: the “situated learning” by Jean Lave, and the “constitution of skill” by Tim Ingold. The focus of the proposed study of learning concentrates on practices that lead the beginner to understand the process from the relationships with other learners and more experienced professionals. The research was conducted in two architectural firms, including the analysis of project management systems to clarify the functioning of the offices, the daily observation of production projects, to understand the practices of everyday life and people’s participation in project besides interviews with the purpose of seeking information not perceived in the observation and show how issues related to the production of projects were seen by the people involved in the process. As a result, it is noticed that the daily work of architecture firms there are multiple situations that promote learning and that architects learn from practices specific to these environments, such as the manipulation of models (file-reference), the validation/evaluation of the project (“canetadas”) and participation in meetings critical to the project. Among these practices, repetition, observation and peer relationship grounded the whole learning process. It stands out that access and participation regulate the daily practices of learning the process of making architectural designs and that what is seen in everyday life reflects the integration and interaction between people: are learning processes, and not teaching. These practices confirm the idea that learning to design is a complex activity that learning is a process of changing practices and people, that learning is a more relational than individual activity and that the skills of the architects are formed in these environments, not having thus anything innate. The processes and procedures of project management, besides regulate and standardize control of the project development process, collaborate so that people learn in these environments.

KEYWORDS: Architectural projects, Apprenticeship, Projects management.

INTRODUÇÃO

Um debate presente nos contextos de formação universitária recai sobre os processos de aprendizagem relacionados à prática de fazer projetos. Nos corredores acadêmicos e nas reuniões institucionais e pedagógicas, é comum ouvir de colegas professores, tanto do curso de design quanto do de arquitetura, as seguintes afirmações: “Projeto não se ensina; se aprende”; “Para projetar, tem que ter dom”; “O designer, ou o arquiteto, já nasce pronto”; “É preciso ter *feeling* para projetar”. Esta é também uma discussão que permeia o campo de outras atividades nas quais a ideologia do dom ganha força. Contrastando com esta percepção, há estudos demonstrando que se trata de práticas aprendidas¹.

Não se conhecem estudos que abordem como os iniciantes (principalmente estagiários) aprendem a fazer projetos arquitetônicos na prática profissional. O que se encontra são pesquisas/estudos que têm como foco a sala de aula, o ensino². O tema da aprendizagem ganha centralidade se, como argumenta Rodriguez (2008, p. 174), se busca reforçar a importância das práticas cotidianas – fora da sala de aula – em relação ao projeto: “[...] o envolvimento com práticas que não possuem caráter acadêmico, por exemplo, estágio e trabalho em escritório [...], que segundo a autora, mostram-se “[...] relevantes quanto a sua influência no ateliê [...]”.

Uma dessas práticas é o estágio curricular supervisionado nos cursos de graduação em arquitetura. Define a Resolução 2, de 17 de junho de 2010, que institui as diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo: “O estágio curricular supervisionado deverá ser concebido como conteúdo curricular obrigatório”. Ainda, segundo o documento, “[...] são conjuntos de atividades de formação e [...] procuram assegurar a consolidação e a articulação das competências estabelecidas”. (BRASIL, 2010, p. 4)

Sendo obrigatório para a formação do aluno, torna-se importante investigar como ocorrem as relações e tensões nas atividades dessas práticas sociais e pesquisar como se dá a consolidação das competências próprias da atividade profissional.

Alguns estudos sobre a prática do projeto em escritórios de arquitetura³ lançam luzes importantes sobre aspectos que envolvem a prática profissional e mostram a importância dessas investigações. Porém, a pesquisa sobre a aprendizagem de fazer projetos arquitetônicos pode desvelar práticas

¹ Por exemplo, a aprendizagem da pesca (SAUTCHUK, 2007), a aprendizagem do futebol (FARIA, 2008), a aprendizagem da dança (RESENDE, 2011), a aprendizagem da umbanda (BERGO, 2011) e a constituição de habilidades no esporte e na música (BUENO, 2007).

² Pode-se constatar a supremacia das investigações sobre o ensino em projetos de arquitetura – vários dos quais têm como foco a sala de aula. Mesmo os que consideram a aprendizagem como destaque (em alguns casos, a palavra aparece, inclusive, no título do trabalho), têm como associação direta a relação com o ensino e, em muitos casos, com a sala de aula ou outros ambientes de ensino, onde há predomínio da forma escolar. Alguns exemplos: “Ensino de projeto de arquitetura: uma visão construtivista” (CARALADE, 1997), “Referências metodológicas para um processo de ensino de projeto” (CARALADE, 2003); “Um estudo sobre o ensino do projeto de arquitetura em Curitiba” (VIDIGAL, 2004), “Estratégias para uma aprendizagem no ensino de arquitetura” (VALENTE, 2004), “Ensino de projeto: Integração de conteúdos” (TEIXEIRA, 2005); “O sentido subjetivo da aprendizagem para alunos universitários criativos” (AMARAL, 2006), “Descartes e a caixa preta no ensino aprendizagem da arquitetura” (AMARAL, 2007), “É ensinando que se aprende” (RODRIGUEZ, 2008), “A educação no projeto e o projeto na educação: um estudo sobre ensino e aprendizagem de projeto na arquitetura” (GÓES, 2010), “Ensino de projeto arquitetônico: um estudo sobre as práticas didáticas no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade federal do Paraná” (VIDIGAL, 2010), “Ensino e aprendizagem do projeto arquitetônico” (ANDRADE; ANDRADE, 2011), “Processos de projeto: repercussões para o ensino e a aprendizagem” (GÓES, 2011) e “O ensinar e o aprender a fazer: abordagem metodológica do ensino de projeto” (PANET, 2011).

³ “A Formação do Arquiteto e a Universidade” (ALMEIDA, 1997); “O ensino de arquitetura como agente transformador da prática profissional” (LIMA NETO, 2007); “Sobre fazer projeto e aprender a fazer projeto” (BRANDÃO, 2008); “Arquitetura no Brasil: ensino e profissão” (SALVATORI, 2008); “Reflexões sobre o fazer arquitetônico” (KATO, 2012).

cotidianas que não são contempladas nesses estudos, mas que são fundamentais à formação dos futuros profissionais.

Este artigo tem por objetivo geral descrever e analisar as práticas cotidianas da produção de projetos em escritórios de arquitetura. Esse contexto pode favorecer a descrição do campo de prática madura – arquitetos com experiência e domínio na produção de projetos – e a percepção das diferentes formas de participação nas situações de engajamento no desenvolvimento de projetos. Privilegia-se a percepção da capacidade de projetar como resultante de um processo de aprendizagem, e não como dom. Além disso, situa-se a relação entre os procedimentos da gestão de projetos dos escritórios pesquisados e os modos de aprendizagem de fazer/elaborar projetos arquitetônicos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os estudos que mais se aproximam do objeto desta pesquisa (a aprendizagem) são os de Donald Schön e os de Bryan Lawson. Schön, que, em seu trabalho como pesquisador e consultor, centrou-se na reflexão no aprendizado organizacional e na eficácia profissional. Sobre os alunos dos cursos de Design e Arquitetura, o autor afirma que “[...] os estudantes aprendem por meio do fazer ou da performance, na qual buscam tornar-se especialistas, e são ajudados nisso por profissionais que os iniciam na prática [...]” (SCHÖN, 2000, p. 25).

Sobre o ateliê de projetos, Schön (2000, p. 34) apresenta um diálogo de um professor com uma aluna ao longo do desenvolvimento de um projeto de arquitetura e analisa o que ele denomina de “reflexão na ação”: refletir sobre a prática enquanto a realiza. Para ele, “[...] o repensar de algumas partes de nosso ‘conhecer na ação’ leva a experimentos imediatos e a mais pensamentos que afetam o que fazemos”.

As abordagens de Lawson (2011), por sua vez, têm como referência as salas de aula onde lecionou nos cursos de Arquitetura e Design. Seu foco de pesquisa é no processo de projeto. Esclarece:

Projetar é uma habilidade altamente complexa e sofisticada. Não é um talento místico concedido apenas aos que têm poderes recônditos, mas uma habilidade que tem de ser aprendida e praticada, como se pratica um esporte ou se toca um instrumento musical (LAWSON, 2011, p. 25).

Ao referir-se ao processo de projetar, tanto em Arquitetura quanto em Design, Lawson afirma que “[...] por definição, esse processo acontece dentro da cabeça [...]” (LAWSON, 2011, p. 49). Em seu livro *Como Arquitetos e Designers Pensam*, fica evidente o foco da abordagem utilizada pelo autor, que consiste em “[...] aprofundar o conhecimento sobre procedimentos e atividades cognitivas do processo de projeto [...]”

Em outro momento (LAWSON, 2011, p. 136), o autor afirma que “[...] o controle e a combinação de pensamento racional e imaginativo constituem uma das habilidades mais importantes do projetista”. Apesar de afirmar que a habilidade para projetar pode ser aprendida, Lawson defende que o processo é totalmente mental. Ele denomina de “processo vernacular” quando o processo de projetar está intimamente associado ao fazer, como no caso do artesanato, que cria sua peça ao mesmo tempo em que a constrói.

A proposta dessa pesquisa se opõe a esta abordagem. Ou seja, considera as atividades de desenvolvimento do projeto envolvendo a pessoa como um

todo, e não somente um processo mental. Projetar é uma atividade corporal e, como veremos, uma atividade mais relacional e menos individual.

Os estudos de Schön e os de Lawson sobre o ensino e a aprendizagem foram realizados em ateliês de projeto ou em outros ambientes também preparados para o ensino. Esses estudos e investigações, os quais congregam a visão da aprendizagem como um processo, trazem contribuições relevantes para as áreas de Educação, Design e Arquitetura. Mas esses ambientes se diferenciam das práticas cotidianas por serem preparados didaticamente para o ensino.

Mas por que quando se fala em aprendizagem a maioria das pessoas a associa ao ensino? Para responder a esta questão, destacam-se as argumentações de Vincent, Lahire e Thin (2001, p. 11) sobre a predominância histórica do modelo escolar na França. Eles tratam “[...] da ‘invenção’ da forma escolar para compreender como, não sem dificuldades, um modo de socialização escolar se impôs a outros modos de socialização [...]”⁴.

Nesse mesmo sentido – o de explicar a associação direta entre ensino e aprendizagem – Wokott⁵ (1982, p. 83) argumenta que os “[...] cientistas sociais ou educadores têm considerado ensino e aprendizagem como sinônimos [...]” e que, por isso, há maior interesse em informar as tentativas para a transmissão da cultura, subestimando aquilo que os aprendizes aprendem. Ou seja, há maior ênfase no processo de ensino/transmissão quando comparado ao de aprendizagem.

O foco do estudo da aprendizagem aqui proposto centra-se no aprendiz, nas práticas que o leva a compreender o processo, a partir das relações com outros aprendizes e com os mais experientes. Diferentemente dos estudos que investigam o ensino na sala de aula – que focaliza as práticas docentes, revelando as formas como o projeto é ensinado (a didática) –, esta pesquisa lida com a ideia de aprendizagem de Lave e Packer (2008); ou seja, de que estamos sempre aprendendo e que não dependemos de um local específico para que a aprendizagem ocorra.

Não se trata de considerar o ensino ou a aprendizagem em sala de aula como uma questão irrelevante, mas sim de buscar outros olhares para desvelar como a aprendizagem ocorre nos locais onde estamos habituados a não percebê-la e, por isso, em alguns casos, a tratá-la como inexistente ou, mesmo sabendo que há aprendizagem, buscar investigar como ela se dá nesses contextos.

DIÁLOGO COM A ANTROPOLOGIA

Diante do desafio de pesquisar a aprendizagem nos escritórios, o diálogo com a Antropologia se tornou conveniente, sobretudo com as teorias antropológicas da aprendizagem: a “aprendizagem situada”, de Jean Lave e Etienne Wenger, e a “constituição da habilidade”, de Tim Ingold.

Elas foram escolhidas por tratarem a questão da aprendizagem explicitamente nas teorias antropológicas, por discutirem a habilidade como um campo de relações e, principalmente, por possibilitarem um olhar de

⁴ Os autores situam a expansão da escolarização – a relação social entre um professor e um aluno – da sociedade. Segundo eles (VINCENT; LAHIRE; THIN, 2001, p. 28), “[...] a partir de 1815, é possível assistir à constituição de formas relativamente invariantes (isto é, recorrentes) de relações sociais: certas formas escolares de relações sociais”, que, de certo modo, destituíram outras formas de educar. Com isso, o ato de ensinar passou a ser o foco e induziu que a aprendizagem fosse considerada uma consequência desse processo, no qual somente haveria aprendizagem onde houvesse ensino. Ainda, segundo esses autores, a forma escolar (em graus diversos) atravessa as múltiplas práticas socializadoras e é possível encontrar suas marcas na socialização familiar, nas formações em empresas e nos estágios de formação.

⁵ O primeiro debate sobre aprendizagem, na Antropologia, ocorreu em 1980 quando Wokott (1982), interessado em questões relacionadas à aprendizagem em situações não institucionais, convidou colegas a dividirem seus pontos de vista no simpósio anual da Associação Antropológica Americana.

estranhamento para as práticas cotidianas, nas quais estamos habituados a não perceber a aprendizagem e, por isso, na maioria dos casos, a tratá-la como inexistente.

Aprendizagem situada

Para Jean Lave e Etienne Wenger (1991), a aprendizagem é parte da prática social. Trata-se de um processo não explícito, um dos motivos que leva à ideia do dom. Os autores descrevem a estrutura de organização da prática social cotidiana, que permite às pessoas se engajarem na prática e, nesse processo, identificar como elas aprendem.

Para os autores, a aprendizagem não está meramente situada na prática, como se fosse um processo independente, objetivado, que somente precisa estar localizado em algum lugar. Aprender é parte integral da prática social generativa na vivência do mundo.

Como mostra Lave (1999, p. 3, tradução nossa), as teorias da aprendizagem tratam, em sua maioria, de processos psicológicos dos indivíduos, que levam à aquisição do conhecimento, tipicamente estruturados como

[...] (a) transmissão (treino, ensino, inculcação), que conduz à (b) entrada, estoque na memória, internalização do que é transmitido, seguindo-se (c) recuperação e transferência para a solução de problemas em novas situações.

De modo a traduzir um enfoque analítico específico sobre a aprendizagem, Lave e Wenger (1991) propuseram o conceito de “participação periférica legitimada” como um descritor do compromisso na prática social que vincula a aprendizagem como um constituinte integral. Segundo eles, esse conceito

[...] proporciona uma maneira de lidar com as relações entre os novatos e os veteranos e com as atividades, identidades, artefatos e comunidades de conhecimento e prática [...] (LAVE; WENGER, 1991, p. 29, tradução nossa).

Os autores explicam que o termo *legitimado* adquire uma característica definidora das maneiras de pertencer a um grupo, e não uma condição crucial para a aprendizagem. A “periferialidade” sugere que há formas múltiplas e variadas de “participação” e que não tem correspondência/ligação com o centro ou centralidade. Corresponde às localidades e às diversas formas de participação de cada um nas práticas cotidianas. Segundo eles,

[...] cada componente é indispensável à definição e compreensão do outro e não pode ser considerado separadamente: *legítimo versus ilegítimo, periférico versus central, participação versus não participação* [...] (LAVE; WENGER, 1991, p. 35, tradução nossa).

Para os autores, os aspectos individuais do enfoque característico de muitas teorias de aprendizagem parecem concentrar-se somente na pessoa. A aprendizagem situada concentra na estrutura da prática social na participação. Ela implica o interesse explícito sobre a pessoa. Em razão disso, a princípio, pode parecer contraditório, mas o foco da aprendizagem situada está na relação. Ou seja, este enfoque promove uma visão de conhecimento das atividades de pessoas específicas em circunstâncias peculiares. E a pessoa é definida conforme se definem essas relações. Além disso, argumentam que

[...] ver a aprendizagem como participação periférica legitimada significa que ela não é meramente uma condição de membro ou participação, mas, por si só, uma forma evolutiva de participação [...] (LAVE; WENGER, 1991, p. 53, tradução nossa).

O processo de reprodução deve ser decifrado com a finalidade de entender as formas específicas de participação periférica legitimada através do tempo. Ou seja, a transformação dos iniciantes em veteranos:

Requer uma concepção mais ampla das biografias individuais e coletivas do segmento formado nos estudos sobre os iniciantes. Assim, podemos começar as análises das mudanças de formas de participação e identidade das pessoas que são incorporados em uma participação sustentada em uma comunidade de prática: desde seu ingresso como recém-chegado, a sua transformação em um veterano em relação aos novos recém-chegados, até o ponto onde estes recém-chegados se transformam em veteranos (LAVE; WENGER, 1991, p. 56, tradução nossa).

Para os autores, sempre quando se pensa na aprendizagem, a primeira coisa que se cogita é a relação mestre-aprendiz. Na prática, porém, os papéis do mestre são surpreendentemente variáveis no tempo e no espaço e a relação mestre-aprendiz não é uma característica definidora da aprendizagem. Argumentam, também, sobre os “recursos estruturantes”, isto é, as formas e maneiras que regulam as práticas sociais para que a aprendizagem possa ocorrer. Para eles, em muitos casos, a relação com os aprendizes do mesmo nível se torna mais presente e contribui significativamente para a aprendizagem do que a relação mestre-aluno.

Ao transpor a teoria de Lave e Wenger (1991) para o processo de projeto, deve-se observar, entre outras coisas, o tipo de participação das pessoas no processo e o lugar (posição) que ocupam no decorrer do desenvolvimento do projeto. Para os autores, é nas relações sociais que as pessoas se modificam e nesse processo de mudança, elas aprendem, ou não. Assim, pergunta-se: Como acontece esse processo de modificação e mudança no cotidiano do processo de projeto?

Constituição da habilidade

Tim Ingold trata de temas como cultura, aprendizagem e habilidade, mas sobretudo da abordagem ecológica do conceito de cultura⁶, no qual a descrição deve incluir o ambiente, o organismo/pessoa que aprende e os instrumentos envolvidos (VELHO, 2001).

Em seu artigo *Da transmissão de representações à educação da atenção*, ele se propõe a responder à questão: Como cada geração contribui para a cognoscibilidade da próxima? De maneira geral, o artigo discute o papel da experiência e o da transmissão geracional nos modos pelos quais os seres humanos conhecem e participam da cultura.

Ingold questiona as abordagens que defendem o conhecimento como forma de “conteúdo mental”, que, “[...] com vazamentos, preenchimentos e difusão pelas margens, é passado de geração em geração, como a herança de uma população portadora de cultura [...]” (INGOLD, 2010, p. 6). Segundo ele, o pressuposto de que o conhecimento é informação e o de que os seres humanos são mecanismos para processá-lo são falsos. Ele argumenta o

⁶ A abordagem ecológica de Ingold é oriunda da Psicologia Ecológica, de James J. Gibson.

contrário: “Nosso conhecimento consiste, em primeiro lugar, em habilidades, e todo ser humano é um centro de percepções e agência em um campo de prática” (INGOLD, 2010, p. 6).

Para Ingold, a habilidade está na relação organismo-pessoa-ambiente. Para explicar isso, ele utiliza a abordagem ecológica, que parte da premissa de que a capacidade de conhecimento humano não está baseada na combinação de capacidades inatas e competências adquiridas, mas em habilidades:

Meu ponto é que estas capacidades não são nem internamente pré-especificadas nem externamente impostas, mas surgem dentro de processos de desenvolvimento, como propriedades de auto-organização dinâmica do campo total de relacionamentos no qual a vida de uma pessoa desabrocha (INGOLD, 2010, p. 7).

Neste sentido, ele argumenta sobre a maturação, ou o amadurecimento, que é alcançada por intermédio da prática. Com isso, dissolve a dicotomia corpo-cérebro:

Da mesma forma, as múltiplas habilidades dos seres humanos, de atirar pedras a lançar bolas de *cricket*, de trepar em árvores a subir escadas, de assobiar a tocar piano, emergem através dos trabalhos de maturação no interior de campos de prática constituídos pelas atividades de seus antepassados. Não faz sentido perguntar se a capacidade de subir está na escada ou em quem a sobe, ou se a habilidade de tocar piano está no pianista ou no instrumento. Essas capacidades não existem ‘dentro’ do corpo e cérebro do praticante nem ‘fora’ no ambiente. Elas são, isto sim, propriedades de sistemas ambientalmente estendidos que entrecortam as fronteiras de corpo e cérebro (INGOLD, 2010, p. 11).

O autor conclui que no crescimento do conhecimento humano a contribuição que cada geração dá à seguinte não é um suprimento acumulado de representações, mas uma “educação da atenção”. Ele tomou esta frase de James Gibson, que, em sua tentativa de desenvolver uma psicologia ecológica, tratou a percepção como uma atividade de todo o organismo em um ambiente, em vez de uma mente dentro de um corpo.

Ingold afirma: “O aumento do conhecimento na história de vida de uma pessoa não é um resultado de transmissão de informação, mas sim de redescoberta orientada” (2010, p. 11). Para explicar, ele dá o exemplo de um livro de receitas e faz a distinção entre conhecimento e informação. O livro de receitas culinárias está abarrotado de informação sobre como preparar uma série de pratos. Mas será que é desta informação que consiste o conhecimento do cozinheiro? O próprio autor adianta que não. Quando a receita diz para “derreter a manteiga numa pequena panela e adicionar a farinha”, a pessoa é capaz de segui-la só porque ela dialoga com uma experiência anterior de derreter e mexer, de lidar com substâncias como manteiga e farinha e de encontrar os ingredientes e utensílios básicos na cozinha. Os comandos verbais da receita extraem seu significado não de sua ligação a representações mentais na cabeça, mas de seu posicionamento dentro do contexto familiar da atividade doméstica da pessoa. Segundo ele, isso ocorre também com as placas de sinalização numa paisagem, que fornecem direções específicas às pessoas, enquanto elas abrem caminho através de um campo de práticas relacionadas, o que ele denomina de “*taskscape*”⁷.

⁷ *Taskscape* é um neologismo com que o autor se refere por associação a uma paisagem (*landscape*) de sinalizações. Um neologismo em português poderia ser *tarefação* (INGOLD, 2010).

Dessa forma, a informação no livro de receitas, em si mesma, não é conhecimento. Apenas quando é colocada no contexto das habilidades adquiridas por intermédio desta experiência anterior é que pode ser seguida na prática, e apenas uma rota assim especificada pode levar ao conhecimento. Por isso, ele afirma que, neste sentido, todo conhecimento está baseado em habilidade. Assim como nosso conhecimento da paisagem é adquirido ao caminhar por ela, seguindo várias rotas sinalizadas, o conhecimento da *taskscape* também é adquirido seguindo as várias receitas no livro. Não se trata de conhecimento que foi comunicado, mas sim de conhecimento construído seguindo os mesmos caminhos dos predecessores e orientado por eles.

O autor argumenta, ainda, que o processo de aprendizado por redescobrimto dirigido é transmitido mais corretamente pela noção de *mostrar*. Mostrar alguma coisa a alguém é fazer esta coisa se tornar presente para esta pessoa de modo que ela possa apreendê-la diretamente: olhando, ouvindo ou sentindo. Neste caso, o papel do tutor (ou do mais experiente) é criar situações nas quais o iniciante é instruído a cuidar especialmente deste ou daquele aspecto do que pode ser visto, tocado ou ouvido, para poder, assim, “pegar o jeito” da coisa. Por isso, afirma: “Aprender, neste sentido, é equivalente a uma ‘educação da atenção’”. E não representações na mente⁸ – transmitidas de uma mente (emissor) para outra (receptor). Ou seja,

A habilidade é uma propriedade não de um corpo humano como uma entidade biofísica, mas um campo total de relações constituído pela presença do organismo-pessoa, indissolúvelmente corpo e mente, em um ambiente ricamente estruturado (INGOLD, 2001, p. 21, tradução nossa).

Como reforça o autor, a diferença entre o conhecimento do especialista e o do iniciante, não é porque o primeiro adquiriu representações mentais que o capacitam a construir um quadro mais elaborado do mundo a partir da mesma base de dados, mas porque o seu sistema perceptivo está regulado para “captar” aspectos essenciais do ambiente que simplesmente passam despercebidos pelo iniciante.

Respondendo à questão inicial, ele afirma:

*Na passagem das gerações humanas, a contribuição de cada uma para a cognoscibilidade da seguinte não se dá pela entrega de um corpo de informação desincorporada e contexto-independente, mas pela criação, através de suas atividades, de contextos ambientais dentro dos quais as sucessoras desenvolvem suas próprias habilidades incorporadas de percepção e ação. Em vez de ter suas capacidades evolutivas recheadas de estruturas que representam aspectos do mundo, os seres humanos emergem como um centro de atenção e agência cujos processos *ressoam* com os de seu ambiente. O conhecer, então, não reside nas relações entre estruturas no mundo e estruturas na mente, mas é imanente à vida e consciência do conhecedor, pois desabrocha dentro do campo de prática – a *taskscape* – estabelecido através de sua presença enquanto ser-no-mundo. A cognição, neste sentido, é um processo em tempo real (INGOLD, 2010, p. 21).*

⁸ Como visto na abordagem de Lawson, por exemplo.

Relacionando-se as abordagens de Ingold às práticas de produção de projetos, têm-se as seguintes questões: Como os aprendizes constituem as habilidades necessárias para se tornarem arquitetos?; Quais e como seriam os ensaios e ajustes finos que Ingold argumenta serem importantes para a constituição da habilidade?; e Qual a influência deles no processo de aprendizagem de projetos arquitetônicos?

METODOLOGIA

Neste processo de investigação, para definir os procedimentos metodológicos, foram realizados: a) estudo exploratório 1; b) análise dos documentos relativos aos processos e procedimentos da gestão de projetos; e c) estudo exploratório 2.

O objetivo principal do primeiro estudo exploratório, realizado em dez escritórios de arquitetura, foi identificar, dentre as alternativas possíveis, os campos de pesquisa que pudessem viabilizar a execução dessa investigação. Para definir os campos de pesquisa (escritórios), foram utilizados os seguintes critérios: 1º escritórios com estagiários envolvidos no processo de projeto: requisito *sine qua non*, devido ao foco no processo do aprendiz; 2º escritórios com arquitetos em diferentes níveis de formação: não bastava ter estagiários, sendo necessário ter também arquitetos em funções diversas; 3º escritórios com maturidade no desenvolvimento de projetos de arquitetura: escritórios com uma prática consolidada poderiam facilitar o entendimento do processo de produção de projetos se comparados àqueles que estavam iniciando suas atividades; e 4º escritórios com sistema de gestão de projetos consolidado: a decisão por incluir este requisito se baseou, principalmente, na percepção de que nos escritórios com sistema de gestão os processos e procedimentos referentes à produção de projetos estavam formalizados e descritos, devido às próprias exigências normativas⁹, e poderiam facilitar o entendimento do processo de produção dos projetos se comparado àqueles sem sistema de gestão estabelecido.

Dos dez escritórios pesquisados, somente três possuíam a gestão de projetos consolidada. Dessa forma, estes foram os selecionados como potenciais candidatos para pesquisa. Porém, a negociação com um deles não se concretizou, restringindo a pesquisa a dois escritórios, tratados neste artigo como “Escritório A” e “Escritório C”.

O Escritório A é de médio porte, contando 11 arquitetos, 2 trainees e 1 estagiário, todos envolvidos com a produção de projetos, além dos 2 diretores. Na sala de produção de projetos, há 16 estações de trabalho (mesas), dispostas aos pares e perpendiculares à parede, nas quais ficam os arquitetos, os arquitetos trainees e os estagiários. De frente para essa fileira de mesas, posicionam-se outras duas, uma para cada diretor. Há muita troca de informações entre a Direção e os coordenadores de projetos. A organização da produção acontece, na maioria dos projetos, de forma individual: cada arquiteto é responsável por desenvolver o projeto do início ao fim. Quando há necessidade, as tarefas/atividades são divididas/compartilhadas com os arquitetos trainees ou com os estagiários.

O escritório C é de grande porte. Nele, há três salas de produção de projetos, com 16 estações de trabalho em cada uma, dispostas em quatro fileiras (bancadas), agrupadas uma de frente para a outra, no centro das salas. Entre elas, existe uma divisória baixa o suficiente para visualizar a

⁹ Não necessariamente para se ter um sistema de gestão há necessidade de obter certificação. Porém, observa-se que as empresas buscam a normatização e a certificação para implantarem sistemas de gestão de projetos.

pessoa que está do outro lado. São, aproximadamente, 40 arquitetos e 9 estagiários envolvidos na produção de projetos. A organização da produção de projetos é coletiva: um mesmo projeto é desenvolvido pelas várias pessoas que compõem a equipe de trabalho, geralmente, composta por 1 arquiteto sênior, 1 arquiteto pleno – ambos podem ser o líder da equipe –, 1 arquiteto júnior e 1 estagiário. Cada equipe ocupa uma das fileiras nas bancadas.

O objetivo principal da análise dos documentos¹⁰ relativos aos processos e procedimentos da gestão de projetos foi compreender como funcionam a produção e a gestão de projetos nos escritórios: processos de desenvolvimento do produto, controle das etapas, avaliação dos funcionários em relação às suas atividades, avaliação do cliente em relação ao projeto recebido e participação dos diferentes agentes – estagiários, arquitetos, coordenadores, gerentes, diretores e clientes – no processo.

Em relação à obtenção de informações sobre a produção e gestão de projetos, uma das limitações desta pesquisa consistiu na dificuldade em lidar com dados confidenciais dos escritórios. Sobre isso, Emmitt (2010, p. 35, tradução nossa) argumenta que “[...] a maioria das empresas considera seus procedimentos operacionais internos como confidenciais. Como consequência, há falta de informações publicadas sobre o que os gerentes de projeto fazem”. Neste caso, algumas informações sobre a gestão dos escritórios A e C não foram fornecidas. Mesmo nas situações nas quais o acesso foi irrestrito houve a necessidade de filtrá-las e de evitar apresentá-las completas, por se tratarem de informações confidenciais.

O segundo estudo exploratório – observação realizada durante uma semana no Escritório A – teve por objetivo principal fundamentar o planejamento da segunda fase da pesquisa. Em outras palavras, (re)pensar e (re)planejar qual seria a melhor forma/maneira de investigar o processo de aprendizagem na produção de projetos arquitetônicos. Ele foi importante também por ampliar o entendimento sobre o funcionamento da produção de projetos arquitetônicos, bem como por responder a algumas questões/dúvidas que ainda pairavam em relação ao objeto da pesquisa: de quais etapas as pessoas em diferentes níveis participavam?; Quais atividades desenvolviam?; e Quem repassava as atividades e para quem submetia o trabalho?

Uma das principais contribuições desse estudo foi mostrar que seria viável a observação da prática de produção de projetos, o que, até aquele momento, ainda era uma questão que gerava dúvida como processo metodológico. Ao mesmo tempo em que se mostrou ser um método exequível para a pesquisa, ficou claro que seria necessário prever maior tempo de permanência no campo.

A partir desses dois estudos exploratórios e da análise dos documentos referentes à gestão, definiu-se o delineamento de quais seriam os métodos mais adequados para essa investigação: a observação e as entrevistas.

OBSERVAÇÃO

Esta fase de observação do cotidiano dos processos de produção de projetos teve por objetivo investigar as atividades diárias de fazer/elaborar projetos nos escritórios de arquitetura durante um período mais longo; ou seja, perceber como as pessoas envolvidas em tal prática se relacionavam e se modificavam no dia a dia e, nesse processo, como aprendiam (ou por que não aprendiam).

¹⁰ Foram analisados os seguintes documentos: *Manual da Qualidade (MQ)*, *Manual de Descrição de Funções (MDF)*, *Formulários de procedimentos para desenvolvimento de produtos e Formulários de avaliação das pessoas e dos serviços prestados*, entre outros específicos de cada escritório.

Segundo Alves-Mazzotti e Gewandszajder (2002), são muitas as habilidades exigidas do observador: a) ser capaz de estabelecer uma relação de confiança com os sujeitos; b) ter sensibilidade em relação às pessoas; c) ser um bom ouvinte; d) formular boas perguntas; e) ter familiaridade com as questões investigadas; f) ter flexibilidade para se adaptar a situações inesperadas; e g) não ter pressa em identificar padrões ou atribuir significados aos fenômenos observados.

Do mesmo modo que os aprendizes de arquitetura, o autor também foi tentando aprender durante o fluxo da prática emergente da pesquisa. Para realizar a observação, buscou-se efetuar a aproximação com base nas teorias e abordagens da Antropologia.

Para Velho (2006, p. 11) a etnografia é fundamental porque é “[...] nela que os problemas e conceitos ganham a luz do dia”. Ele argumenta que é importante procurar fazer uma etnografia que ateste uma presença, e não que tente representar o realismo, o que para ele seria impossível. Sugere falar em “[...] alcançar *graus crescentes de familiaridade*, para isso, *desconstruindo*, inclusive, o superficialmente familiar, mesmo em nossas próprias práticas [...]”, ao invés de “[...] fórmulas sintéticas, como a do *estranhamento do familiar*, que podem, na prática, se reduzir a expressões retóricas para se referir, disfarçada e paradoxalmente, à *velha objetivação*”.

Sarmiento (2003) destaca alguns elementos metodológicos decorrentes da orientação etnográfica: a) permanência prolongada do investigador no contexto estudado, de forma a, pessoalmente, recolher suas informações, por meio da observação participante e de entrevistas com as pessoas que atuam no contexto; b) interesse por todos os traços e pormenores do/no cotidiano; c) interesse dirigido tanto para os comportamentos e atitudes dos atores sociais quanto para as interpretações que fazem desses comportamentos e para os processos e conteúdos de simbolização do real; d) esforço para produzir um relato bem enraizado nos aspectos significativos da vida dos contextos estudados; e) esforço por ir progressivamente estruturando o conhecimento obtido; e f) apresentação final capaz de casar, criativamente, a narração/descrição dos contextos com a conceptualização teórica.

Tendo como referência a etnografia, iniciou-se a observação da produção de projetos no Escritório C, após a liberação do diretor-presidente. Decidiu-se que a observação por tempo prolongado seria realizada somente neste escritório, primeiro, por ter tido a experiência de observação feita no Escritório A, no segundo estudo exploratório; segundo, pelo fato de o Escritório C ser de grande porte, o que permitiria observar mais pessoas trabalhando na produção de projetos (neste, havia seis estagiários enquanto que no Escritório A somente dois); e terceiro, pelo grande volume de informações a serem trabalhadas neste escritório.

Decidiu-se também que a observação ocorreria em uma das salas de produção de projetos, por compreender que em todas as demais os processos eram semelhantes e que já havia grande quantidade de informações e situações para observar naquele ambiente.

Aos poucos, e com o passar dos dias, foi-se tentando achar a melhor maneira para observar o que as pessoas estavam fazendo. No início, o procedimento consistia em aproximar-se, sentar ao lado da pessoa, observar e perguntar o que ela estava fazendo. Com o tempo, em muitos casos, não era mais preciso perguntar, pois os nomes dos arquivos eram codificados e seguiam uma ordem, como número do projeto, etapa em que estava (estudo preliminar, projeto legal ou projeto executivo) e número da revisão, entre outras informações, o que facilitou a observação.

Após quatro meses, com o encerramento da observação no Escritório C, procederam-se à leitura sistemática das notas de campo e à indexação dos dados, o que serviu também de referência para melhorar as questões do roteiro para as entrevistas.

ENTREVISTAS

Esta fase de entrevistas teve por finalidade captar informações que não tinham sido percebidas na observação, bem como compreender como as questões relativas à produção de projetos eram vistas pelas pessoas envolvidas no processo, como os estagiários e os arquitetos, em diferentes níveis de formação.

Decidiu-se que todos os estagiários e arquitetos juniores observados deveriam ser entrevistados e pelo menos uma pessoa em cada nível nas diferentes funções de arquiteto. Dessa forma, foram 12 pessoas entrevistadas ao todo: 3 estagiários, 3 arquitetas juniores, 2 arquitetos plenos, 1 arquiteta sênior, 2 arquitetos *masters* e o diretor-administrativo responsável pelo RH e pela gestão do escritório.

Para entrevistar essas pessoas, elaborou-se um roteiro, que tratava dos seguintes tópicos: formação, interesse e grau de satisfação pessoal com o exercício da arquitetura; características do trabalho, como funções exercidas na empresa; produção de projetos, como atividades e etapas de que participavam; fatores que poderiam influenciar a aprendizagem; sistema de gestão de projetos; e sistemas de avaliação e controle dos projetos. No total, foram 18 horas de entrevistas, transcritas em, aproximadamente, 350 páginas.

GESTÃO DE PROJETOS NOS ESCRITÓRIOS PESQUISADOS¹¹

Alguns escritórios de arquitetura buscam a implantação da gestão (seja de projetos ou da empresa como um todo), por meio da certificação¹², por exigência de determinados clientes ou para se tornarem mais competitivos no mercado. Para Melhado e Oliveira (2005, p. 89), a implantação de um sistema de gestão eficiente e eficaz nas empresas de projeto pode vir a proporcionar diversos benefícios: viabilizar o planejamento e controle do processo de projeto; auxiliar a instituição de procedimentos para entrega, apresentação e validação de projetos; proporcionar melhor controle das informações; possibilitar a atualização dos profissionais; sistematizar a terceirização de serviços; auxiliar a formulação de propostas comerciais mais coerentes e competitivas; facilitar a participação do projetista nos processos de coordenação; criar subsídios para avaliar a satisfação dos clientes contratantes, construtores e usuários; e criar ambiente propício à implementação de inovações no processo de projeto.

Segundo Ferreira e Salgado (2007), um motivo que leva ao descrédito por parte de alguns arquitetos em relação aos benefícios gerados pela implantação de um sistema de gestão é o fato de ele não garantir a qualidade do projeto em si, mas da gestão do processo de desenvolvimento do projeto. Isso significa que a certificação não garante a qualidade final do produto da empresa, e sim a qualidade no processo.

¹¹ Além da gestão de projetos, os dois escritórios pesquisados têm sistemas de gestão para outras áreas da empresa, como Finanças, Administrativa, Compras, Tecnologia da Informação e Comercial. Para manter o foco desta pesquisa (produção de projetos), bem como para manter o sigilo em relação às outras áreas estratégicas dessas empresas, serão tratadas somente as atividades relacionadas à gestão da produção de projetos.

¹² A adoção da certificação para gestão do processo de produção de projetos é uma questão polêmica na Arquitetura. Não é objeto de investigação desta pesquisa, por tratar-se de outro assunto, para o qual há muitos estudos e investigações.

Como aspectos positivos em relação à adoção da gestão encontrados na pesquisa de Ferreira e Salgado (2007), podem-se destacar principalmente: a) melhorias no sistema de informação; b) maior controle sobre o processo de produção do projeto; e c) implementação de manual para cargos e funções.

Nos escritórios pesquisados (A e C), foi possível perceber, no dia a dia, como esses três itens influenciam a produção de projetos: os procedimentos e processos que garantem o controle das informações geradas durante o desenvolvimento dos projetos; as formas de monitorar o processo de produção; e a distinção dos cargos e funções.

Para alcançar esse nível de controle, há nesses escritórios uma série de processos e procedimentos relacionados ao sistema de gestão de projetos que funcionam com base nos seguintes documentos: *Manual da Qualidade* (MQ) – descreve o sistema da empresa em função de sua política da qualidade e dos objetivos nela estabelecidos e o sistema da empresa em relação à norma NBR ISO 9001; *Manual de Descrição de Funções* (MDF) – descreve as competências necessárias, com base em educação, treinamento, habilidade e experiências apropriadas, para o pessoal que executa atividades relacionadas ao desenvolvimento dos projetos; *Procedimentos documentados* – descreve o modo de execução de atividades obrigatórias típicas de gestão cujos requisitos estejam especificamente previstos nas normas da qualidade da empresa; *Formulários e modelos* – utilizados para a organização de informações que circulem internamente na empresa ou desta para terceiros; e *Registros* – atas de reuniões e documentos relativos a gestão. Todos os documentos produzidos no decorrer do processo e considerados relevantes ficam armazenados com os responsáveis pelos projetos.

O Escritório C, além desses, possui também: *Referências* – todo documento que contém informações didáticas e referenciais quanto ao processo produtivo de um projeto, por exemplo, *Manual de Desenho Técnico*¹³ e o *Manual de Arquitetura*¹⁴; *Registro interno de projeto* – todo registro referente a um projeto, criado a partir do preenchimento de um modelo, mas não depende de um modelo para existir (o que importa é o conteúdo e a relevância da informação, e não sua formatação, desde que seja garantida a identificação, rastreabilidade e preservação das informações contidas no documento), por exemplo, um rascunho/desenho feito à mão, em uma reunião, como alternativa para um projeto, pode ser um registro interno de projeto; e *Legislação e Normas* – documentos oficiais de órgãos administrativos e reguladores, nacionais, regionais e locais, incluindo legislação e normas aplicáveis (no todo ou em parte) aos projetos desenvolvidos pela empresa.

No Escritório C, há ainda o *Plano da Qualidade de Projeto* (PQ), que contempla os documentos que relacionam os elementos genéricos do sistema de gestão da empresa com os requisitos específicos de determinado projeto. Para cada novo projeto que se inicia na empresa é feito um planejamento específico, elaborado a partir dos padrões do sistema de gestão e das especificidades de cada projeto. De acordo com o diretor-administrativo, “é uma forma de qualificar o projeto com requisitos”, que vão do PQ1 ao PQ8. O PQ1 trata-se do planejamento e da gestão de produto. Este documento contém os requisitos básicos do cliente, requisitos da legislação, requisitos do programa e área, conceito do produto arquitetônico ou urbanístico

¹³ *Manual de Desenho Técnico*, desenvolvido pelos arquitetos mais experientes, o qual contém todas as informações sobre representação de desenhos – tipos e espessuras de linhas, como fazer cortes e vistas, tipos de hachuras, como apresentar o projeto, entre outras – e o *checklist* dos tipos de desenhos exigidos em cada fase do projeto.

¹⁴ *Manual com sugestões e informações para projetos de arquitetura*. Explica o diretor de arquitetura: “São diretrizes já consolidadas no escritório com alguns assuntos específicos para nortear o desenvolvimento dos projetos”.

e requisitos adicionais do cliente e de produto (projeto de arquitetura e urbanismo). O PQ2 compreende o planejamento e a gestão do contrato, que contém os requisitos iniciais do cliente, escopo e cronograma do trabalho e requisitos de entregas (cumprimento) de fases do contrato. O PQ3 se divide em: PQ3A e PQ3B. O PQ3A envolve o planejamento e a gestão de recursos (é o como); prevê as equipes de trabalho, as ferramentas de trabalho (aquisição, locação, manutenção) e os fornecedores externos. O PQ3B trata do planejamento e da gestão de registro de produção; prevê o planejamento e a gestão da produção e o custeio, a gestão de utilização de RH da produção e o fluxo de informações do projeto de arquitetura ou urbanismo. O PQ4 reúne os procedimentos, as referências, os padrões técnicos, os roteiros, as estatísticas e as pesquisas. O PQ5 reflete a capacitação ao trabalho, contendo os programas e os registros das capacitações. O PQ6 trata da formatação da entrega do produto, compreendendo as definições de padrões de apresentação, a quantidade de pranchas e a especificação dos tipos de desenhos distribuídos em cada prancha. O PQ7 significa a solução arquitetônica, contemplando os desenhos, os esquemas, as perspectivas e os croquis da solução arquitetônica, documentando a evolução do projeto graficamente. O PQ8 traduz a topografia/ lote oficial, ou seja, as definições oficiais das dimensões, as áreas e a topografia do terreno onde se implantará o empreendimento.

Para cada projeto há uma pasta física e uma digital (no computador), nas quais estão todos esses documentos (ou planos da qualidade), ficando sob a responsabilidade do coordenador do projeto, sendo que qualquer membro da equipe pode consultá-los.

Os procedimentos da gestão dos escritórios pesquisados mais perceptíveis no dia a dia e que têm, conseqüentemente, maior relação com a aprendizagem são: análise crítica, verificação, validação, *Relatório de Atividades de Projeto* e *Relatório de Projetos Complementares*, detalhados a seguir.

- a) Análise crítica de projeto – procedimento do sistema de gestão que funciona como um “controle” dos projetos. Ocorre ao longo do desenvolvimento de cada projeto, mas é garantida pelo menos uma análise crítica em cada etapa. Serve para contrapor o projeto em desenvolvimento aos requisitos do cliente e aos da empresa. O registro é realizado, obrigatoriamente, no *Relatório de Atividades de Projeto*. No Escritório C, um dos procedimentos realizados é o Comitê de Análise Crítica (CAC), formado pelos arquitetos mais experientes do escritório, que realizam análise sistemática, em reuniões, para as soluções arquitetônicas e técnico-construtivas dos projetos;
- b) Verificação – procedimento do sistema de gestão de projetos que visa conferir, ao final de cada fase, se as atividades previstas foram realizadas. Funciona como um tipo de “segurança” para o arquiteto que está coordenando o projeto, no sentido de não deixar de fazer o que foi previsto ou o que foi estabelecido como padrão da empresa. Para cada etapa há uma série de itens que devem ser verificados. Para realizar este procedimento, ao final de cada fase, o coordenador do projeto deve preencher o formulário *Checklist* ou delegar a outro arquiteto da equipe, se achar pertinente. O processo de conferir se aquelas informações ou itens do formulário foram resolvidos/atendidos (ou não) é um modo de refletir sobre o projeto, bem como sobre o processo e com isso, aprender;
- c) Validação – faz parte da gestão de projetos e é também realizado ao final de cada fase do projeto. Trata-se de um tipo de “aceitação” de que o projeto está de acordo com o solicitado. A validação pode acontecer de três formas: internamente, pelos gerentes de atendimento, coordenador geral de projetos e arquitetos coordenadores de projeto; externamente,

- pelos órgãos governamentais competentes, como a prefeitura, na fase de projeto legal; e pelo cliente, como aprovação final do projeto;
- d) Relatório de Atividades de Projeto, ou, simplesmente, “Diário de Projeto” – envolve o registro das ocorrências importantes durante o desenvolvimento dos projetos, tais como: troca de informações com os clientes, decisões tomadas, entregas de projeto, análises críticas e atas de reuniões. O preenchimento deste documento é de responsabilidade do coordenador do projeto. Ao preencher esse documento, a pessoa revê as principais ocorrências no desenvolvimento do projeto. Qualquer pessoa que começar um projeto já em andamento, a partir deste documento poderá entender como foram os caminhos e as decisões ao longo da produção do projeto;
 - e) Relatório de Projetos Complementares – documento no qual o arquiteto relata a análise feita sobre a compatibilização dos projetos complementares, sobrepondo-os ao de arquitetura. Essa compatibilização é necessária porque esses projetos complementares são feitos por terceiros e este documento é enviado aos responsáveis que prestam esses serviços, geralmente, empresas de engenharia. Os pontos conflitantes, problemas ou ajustes a serem feitos são relatados neste documento, um para cada área técnica. Com este procedimento, a pessoa que está realizando a atividade tem a oportunidade de detectar os problemas encontrados em relação a cada projeto complementar, as decisões e as soluções adotadas.

Em se tratando da relação das pessoas com os processos e os procedimentos da gestão, Ferreira e Salgado (2007) destacam como pontos negativos: 1º) dificuldade para conciliar o desenvolvimento das tarefas do dia a dia de cada funcionário com a produção dos documentos necessários ao SGQ; 2º) dificuldade para mudar a cultura da empresa; 3º) alto custo financeiro associado a sua manutenção; e 4º) na maioria das empresas estudadas, a certificação pela norma não é considerada um fator de diferenciação no mercado.

Tanto no Escritório A quanto no C, o que se percebe é que o ponto negativo mais saliente está relacionado ao primeiro ponto abordado pelas autoras: dificuldade para conciliar as atividades do dia a dia de cada funcionário com a produção dos documentos necessários ao SGQ. Ou seja, o processo de projeto é dinâmico e as pessoas têm dificuldades de seguir as prescrições do sistema *ipsis litteris*.

Relatos colhidos nas entrevistas no Escritório C revelam que determinadas pessoas se adaptaram melhor aos procedimentos, entretanto outras têm maiores dificuldades. Como relata Paulo (arquiteto pleno e líder de equipe no Escritório C), “alguns procedimentos eu incorporei no meu dia a dia, como o *Checklist* e alguns relacionados ao planejamento do projeto; outros eu cumpro pela obrigação, como, por exemplo, o *Diário de Projetos*”. Roberto (estagiário) salienta a importância da organização que o sistema oferece em relação à agilidade no processo. Além disso, relata que essa organização contribui para a autonomia daqueles que estão aprendendo: “É muito organizado aqui, e isso ajuda demais, agiliza o tempo, agiliza o processo”.

O sistema de gestão gera polêmica. Há opiniões divergentes no Escritório C. Marcelo (arquiteto *master*) relata que os procedimentos são necessários, mas que não se dá muito bem com eles, e que o sistema de gestão não interfere no desenvolvimento do conceito (no design do projeto). Gisele e Paulo argumentam que o sistema de gestão da empresa contribui para a organização das informações e para o controle do processo e que são atividades adicionais, mas que contribuem para o registro do histórico dos

projetos. Para Aroldo (diretor de arquitetura e arquiteto *master*), se a pessoa não souber usar, o sistema vira “tábua de salvação” e o arquiteto se esconde atrás das normas e das diretrizes, passando a ser uma espécie de escudo e de proteção: “Olha, se o chefe me perguntar, eu vou dizer que eu cumpri tudo que estava previsto. Ele não se posiciona diante da coisa; simplesmente, usa a coisa como esconderijo, para não se mostrar”. Aroldo destaca que esse é o lado problemático do uso da gestão, mas acha que existe a maneira do arquiteto ser criativo e de projetar em meio a essas regras todas.

Apesar de algumas divergências de opiniões sobre o sistema de gestão de projetos e as relações não muito amistosas de alguns arquitetos com os procedimentos, esses escritórios têm o domínio dos processos de produção e da gestão de projetos. Há mecanismos no dia a dia dessas empresas que transcendem as exigências normativas: as etapas dos projetos são controladas via intranet e é possível, a qualquer momento, saber em qual etapa se encontra determinado projeto, suas pendências, atividades concluídas e a concluir e histórico do desenvolvimento, entre outras informações relevantes e fundamentais para a gestão do processo, como comparar as horas e os custos previstos na proposta e no planejamento do projeto com as que estão sendo gastas. Com esse controle, é possível perceber os atrasos nas atividades e etapas do projeto, bem como avaliar se em determinadas etapas está se gastando mais do que o previsto e, assim, proceder às devidas correções do processo ou do custo em cada etapa do projeto.

OPORTUNIDADES PARA APRENDER

No cotidiano de trabalho nos escritórios de arquitetura, há múltiplas situações que promovem a aprendizagem. Algumas delas são específicas desses ambientes, como a utilização do “arquivo-referência”, a “canetada” e a participação no Comitê de Análise Crítica. Outras fundamentam todo o processo de aprendizagem nesses escritórios, como a repetição, o “aprender vendo” (a observação) e a interação entre os pares.

A utilização de arquivos-referência para orientar a realização de novas atividades (sobretudo dos iniciantes) é uma prática cotidiana nesses escritórios. Praticamente todos os estagiários e arquitetos juniores, ao serem solicitados à realização de novas atividades, recebiam material para servir de referência.

Ao receber o arquivo-referência, o estagiário, ou o arquiteto júnior, tenta entender o que aconteceu naquela situação – qual era o contexto e quais foram as soluções dadas – para, a partir daí, desenvolver as soluções para seu próprio projeto.

Como se pôde observar, esse contexto, que torna possível ao iniciante desvelar caminhos na produção de projetos, é completamente distinto de uma situação formal de ensino, quando o mestre/professor tenta transmitir ao aluno determinado conhecimento/informação. Ao receber o arquivo-referência, o estagiário, ou o arquiteto júnior, está sendo engajado no conjunto de atividades do escritório para a produção do projeto. O fato de ser uma situação nova não cria, portanto, um contexto distinto (em que ele deve, primeiro, aprender para, depois, executar). Ele aprende como parte do processo, e o modelo funciona como um guia que traz a marca das práticas dos veteranos.

O uso cotidiano do arquivo-referência nos escritórios funciona como uma prática que estabelece diálogo com as práticas dos mais habilidosos/experientes. É, portanto, um vestígio dos veteranos e, também, um tipo de mostrar. Assim, os arquivos-referência guiam as ações dos iniciantes

em atividades antes não experimentadas, sem que essas tenham que ser retiradas de contexto de produção dos projetos, o que torna difícil perceber essa atividade como aprendizagem.

Pode-se relacionar a prática do arquivo-referência com o que Grasseni (2007) considera sobre “dispositivos mediadores” para o treinamento visual. É com base nessa prática de ver essas referências ao longo do desenvolvimento dos projetos que o arquiteto iniciante “treina sua visão” em relação ao que pode ser considerado um “bom projeto” ou às “boas soluções de projeto” pela empresa. Ver, portanto, implica a busca ativa de informação no ambiente. Tal capacidade é o resultado de uma visão habilidosa (*skilled vision*), a qual somente é obtida por meio da aprendizagem.

Outra prática constante no Escritório C é a “canetada”, termo usualmente empregado pelos arquitetos para as verificações/correções feitas à caneta nos desenhos impressos. Ocorre quando a pessoa, ao terminar determinada tarefa/atividade, imprime os desenhos do projeto – na maioria das vezes, em formato menor do que serão impressos para entregar ao cliente – para serem verificados e corrigidos por quem solicitou aquela tarefa ou, até mesmo, pelo próprio executante (objetivo de verificação).

A “canetada” constitui um dos mais recorrentes modos de aprender, porque a partir dela a pessoa que fez aquele desenho tem a oportunidade de ver o que errou, o que faltou, o que precisa ser alterado no projeto, como deveria ter sido feito e, ainda, vê o que dá bom resultado.

Outra prática que ajuda na aprendizagem das pessoas é a participação no Comitê de Análise Crítica (CAC), que no Escritório C é formado pelos arquitetos mais experientes (os arquitetos *masters*) que realizam análises, em reuniões, para as soluções arquitetônicas e técnicas construtivas dos projetos, nas fases de projeto preliminar e de anteprojeto. Todos os projetos da empresa passam por este Comitê, pelo menos nessas duas fases. Segundo Alfredo (diretor-presidente), “esse procedimento tem diminuído o número de erros nos projetos, tem colaborado para a integração da equipe e, principalmente, tem contribuído para tornar o processo de produção de projetos mais rápido”.

Nessas reuniões, o coordenador do projeto e, em alguns casos, outros arquitetos que também participam da sua elaboração têm a oportunidade de ouvir as críticas, as opiniões, as sugestões e as análises dos arquitetos mais experientes. Conforme relatou Alfredo, este processo é importante, pois “os arquitetos mais experientes têm muito a contribuir com os mais novos e podem, de certo modo, encurtar muitos caminhos com soluções para os problemas de projetos”.

Tornar-se participante pleno da prática projetual em arquitetura significa aprender a argumentar sobre as decisões de projeto. Nas reuniões de CAC, os arquitetos mais jovens tinham acesso aos procedimentos sobre como isso poderia ser feito (acessavam as dimensões que mereciam ser argumentadas e discutidas: questões técnicas, desejos dos clientes e restrições legislativas, entre outras).

Nessas reuniões de avaliação/crítica dos projetos, embora envolvam uma carga grande de informações, de muita discussão e de tensão, principalmente do arquiteto que irá apresentar seu projeto, o que se vê são verdadeiras experiências coletivas de aprendizagem, cada um contribuindo à sua maneira e experiência para o melhoramento do projeto. Portanto, participar deste Comitê se torna uma das principais maneiras de se aprender nesse escritório.

A **repetição** é uma das principais práticas fundadoras da habilidade. Na produção de projetos de arquitetura, as atividades se repetem cotidianamente. Algumas se estendem por muitos dias ou, até, semanas, principalmente aquelas executadas pelos que estão começando: os estagiários e os arquitetos

juniores. Embora um projeto seja diferente do outro, as atividades que envolvem sua produção são semelhantes. Dois casos servem para exemplificar como a repetição faz parte do dia a dia da produção de projetos nesses escritórios.

O primeiro caso refere-se à atividade executada por Renata (estagiária do Escritório C) de cotar as medidas das paredes de um projeto em um desenho de planta (em relação aos eixos verticais e horizontais do projeto estrutural), que durou sete dias consecutivos. Ela colocou as cotas em todos os desenhos de todos os 26 pavimentos do projeto.

O segundo caso refere-se à atividade executada por Solange (arquiteta júnior) de elaborar o quadro de esquadrias de outro projeto, que durou duas semanas. Ela estava fazendo os desenhos dos tipos de esquadrias do projeto, em todos os pavimentos, com cortes e cotas das alturas dos peitoris e das janelas. Na segunda semana, esta atividade foi dividida com Renata (estagiária).

Nos escritórios pesquisados, os principais fatores que contribuem para a repetição das tarefas/atividades na produção de projetos arquitetônicos são: forma de apresentar os projetos; a produção de projetos de grandes edificações; e modo de desenvolvimento dos projetos.

Em relação à forma de apresentação dos projetos, na fase de projeto legal (preparação do projeto para aprovação pela prefeitura), por exemplo, os arquitetos devem produzir e apresentar as peças gráficas do projeto elaborado, contendo, no mínimo, plantas, cortes transversais e longitudinais e elevações da obra pretendida. De modo geral, o resultado (produto) desta etapa inclui: implantação, plantas de todos os andares da edificação, cortes, no mínimo, um transversal e um longitudinal, elevações, detalhes considerados necessários à compreensão do projeto e quadro de áreas, detalhado por andar. Todos os projetos a serem submetidos à aprovação da prefeitura devem ser apresentados dessa maneira (padrão), e este é um dos fatores que gera a repetição das atividades no cotidiano dos escritórios.

Outro fator que contribui para a repetição é a especialização na produção de projetos de grandes edificações, geralmente, projetos de edificações comerciais ou residenciais com muitos pavimentos e com mais de uma torre, principalmente, no Escritório C. Conforme relata Sandro (arquiteto *master* e gerente de projetos), “nossa *expertise* é um nicho de mercado bem definido, o de projetos complexos”. Consequentemente, com um grande volume de informações a repetição se torna mais relevante, gerando muitos arquivos e desenhos para apresentar o projeto.

O modo de desenvolver os projetos nestes escritórios, a partir da elaboração de pranchas de desenhos, é outro fator que colabora para a repetição. Neste sistema, cada arquivo de desenho técnico funciona como se fosse uma prancha de desenho impressa, só que digital, feita no computador, em duas dimensões, ou 2D. O desenho em 3D é utilizado somente nas primeiras fases de desenvolvimento do projeto (estudo preliminar e anteprojeto), para estudar a volumetria e apresentar ao cliente. Os desenhos técnicos para o projeto de determinado edifício são divididos por pranchas, uma para o desenho de planta do térreo, outra para o primeiro pavimento, outra para o segundo pavimento, e assim por diante. Cada uma dessas pranchas corresponde a um arquivo no computador. Em alguns casos, é necessário colocar mais de uma prancha por arquivo.

De acordo com essa maneira de trabalhar, os arquivos não são paramétricos. Isto é, não têm associação nem coordenação entre eles¹⁵.

¹⁵ Outra maneira de promover o desenvolvimento de projetos de arquitetura é o sistema *Building Information Modeling* (BIM). Nesse caso, a elaboração do projeto no computador segue a mesma

Isso significa que, para desenhar a planta, por exemplo, de determinado pavimento, é necessário fazer todas as linhas como se estivesse desenhando na folha de papel. Por isso, a cada nova prancha é preciso fazer tudo de novo, começar o desenho quase “do zero” (os *softwares* específicos para arquitetura já têm blocos prontos de modelos de portas e janelas, entre outros itens, que facilitam parte do desenho) ou aproveitar um desenho já pronto, ou parte dele, e fazer as alterações.

Uma das características dessa forma ou sistema de trabalho é que, se houver a necessidade de promover alguma alteração no projeto, é necessário alterar cada prancha de desenho separadamente. Ou seja, cada arquivo de desenho precisa ser modificado. Tal procedimento gera muita repetição e muitas pranchas de desenho técnico.

A importância da repetição é percebida pelos próprios arquitetos, que reforçam o seu valor na produção de projetos. Eles reforçam também a dinamicidade deste processo. Segundo os arquitetos, são as atividades/tarefas que se repetem, e não o projeto, uma vez que a situação é única.

O diretor-presidente do Escritório C também comentou sobre a repetição na prática do projeto arquitetônico:

Somente depois de ter trabalhado mais de 30 anos com arquitetura comecei a entender algumas coisas que antes não faziam sentido. Arquitetura é coisa de gente adulta; é uma atividade muito exigente. Há necessidade de muitos anos de esforço e repetição.

A **observação** é uma maneira recorrente de aprender nos escritórios. Observar os outros praticantes é algo inerente ao processo de participação na prática, o que é mais visível entre os iniciantes. Isso é o que os sujeitos pesquisados denominam “aprender vendo”.

Nesses ambientes (escritórios de arquitetura), ao observar (o que inclui a pessoa por inteiro: ver, ouvir e sentir) como a tarefa/atividade foi ou está sendo realizada, o iniciante pode perceber aspectos da prática, encontrar respostas e formular perguntas com as quais até então não havia se deparado. Cita-se o caso de Alice (arquiteta júnior do Escritório C), que já entrou na empresa como arquiteta júnior. Ela relata que no início observava muito o trabalho de Paulo (arquiteto pleno e líder de equipe): “Ele fazia, e eu ia olhando, aprendendo mesmo. E, aos poucos, fui ficando mais segura e independente”.

Mas a prática não é revelada a qualquer pessoa. É à medida que os praticantes vão conseguindo perceber seus diferentes aspectos/dimensões que ganham acesso ao “campo de prática madura”, como afirmam Lave e Wenger (1991). Em outras palavras, o processo de observação não é simples e a aprendizagem – que é sempre fundada no coletivo – se dá de maneira proporcional à ampliação da percepção e à participação na prática. Isso é o que Ingold (2010) denomina “educação da atenção”.

É dessa maneira que os praticantes do escritório, que iniciam suas práticas tendo, a cada momento, de recorrer aos colegas mais experientes, vão (no exercício cotidiano) se constituindo em praticantes habilidosos no ofício de projetar. Mais do que isso, eles vão se constituindo em arquitetos. Constituir-se em arquiteto implica incorporar outros aspectos da prática cotidiana. É por isso que o foco de observação vai muito além do projeto.

Observar não é tanto ver o que está lá fora, mas participar de correntes de atividade no ambiente. A observação é, portanto, participação/engajamento

lógica de construção do edifício: o projeto é desenvolvido em três dimensões (3D), e não com linhas e pontos. Os dois escritórios estão começando a experimentar este novo sistema.

relacional, e não uma assimilação passiva do mundo. Conforme argumenta Ingold (2000, p. 244, tradução nossa), “[...] a percepção não é uma operação ‘dentro da cabeça’, executada sobre o material bruto das sensações, mas ocorre em circuitos que perpassam as fronteiras entre cérebro, corpo e mundo”. Isso significa que nós não vemos o mundo como se estivéssemos atrás de uma janela, mas sim dentro do mundo. Ou seja, nós estamos no mundo. Isso também remete a Maturana e Varela (2005, p. 28) quando argumentam: “Não vemos o ‘espaço’ do mundo; vivemos nosso campo visual. Não vemos as ‘cores’ do mundo; vivemos nosso espaço cromático”.

A **relação entre pares** é outro modo importante de aprender. O ambiente do escritório é dinâmico e a interação entre as pessoas ocorre o tempo todo. Assim, como a repetição e a observação, esta prática é instituidora da aprendizagem, perpassando o processo de aprender. Eventos como virar o monitor para o lado, arredar a cadeira para conversar com quem está próximo, fazer uma pergunta para o colega, tirar uma dúvida com o líder da equipe ou ainda, comandar o mouse do colega (ou estagiário) e lhe explicar alguma coisa são comuns nesses ambientes.

A diferença de configuração do espaço e da organização da produção dos projetos em cada escritório pesquisado – se individual (Escritório A) ou em equipe (Escritório C) – reflete distintos modos/caminhos para o aprender nesses contextos. Quando um mesmo projeto está sendo desenvolvido por uma equipe, a chance de intercâmbio entre as pessoas é maior e ocorrem mais trocas de experiências. Nesse processo, as pessoas têm mais oportunidades de interagir umas com as outras.

No Escritório C, as relações cotidianas são mais recorrentes, em razão da organização da produção de projetos em equipes e do leiaute das salas de projeto. Quanto a este último aspecto, as pessoas da mesma equipe ficam lado a lado em uma grande bancada, proximidade que permite a interação entre os membros da equipe durante a produção dos projetos, facilita o acesso às informações, promove o intercâmbio/comunicação e agiliza o processo de produção. Nesse sentido, qualquer dúvida pode ser rapidamente sanada pelo colega ao lado, pelo líder da equipe ou, ainda, pelo colega da outra equipe, logo à frente.

Marcelo (arquiteto *master*) argumenta que essa proximidade contribui para a produção dos projetos e que “o contrário também: quando você está longe, fica mais difícil acompanhar, evoluir as ideias. Realmente, a proximidade facilita, é bom. Acho que faz o processo andar melhor, não tenho dúvida”.

Mas há também aspectos negativos nessa proximidade entre as pessoas da sala, conforme relatam Aroldo (arquiteto *master* e diretor de arquitetura) e Wagner (arquiteto pleno do Escritório C), esse leiaute favorece a dispersão das pessoas que precisam se concentrar.

Outro exemplo da relação dos iniciantes com os mais experientes envolve as orientações e sugestões dos veteranos, que acontecem cotidianamente durante a produção de projetos nesses escritórios, principalmente no C, no qual há uma relação constante entre eles.

No Escritório A, entretanto, devido ao sistema quase que individual de desenvolvimento de projeto, há menos interação entre os arquitetos. Mas, como os iniciantes (estagiários e trainees) estão sempre ajudando os mais experientes, a interação entre eles acaba acontecendo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Investigar nas práticas cotidianas como as pessoas aprendem a fazer projetos arquitetônicos nos escritórios foi um desafio constante. Para superá-lo, exigiu-se uma abordagem metodológica e teórica que possibilitasse

aprender como esse processo (da aprendizagem) acontece. Nesse sentido, o diálogo com a Antropologia assumiu papel fundamental. O conceito de “aprendizagem situada” formulado por Lave e Wenger forneceu os elementos necessários para analisar e compreender essa prática – de fazer/elaborar projetos arquitetônicos – em toda sua complexidade. Assim também foram cruciais as teorias sobre a “constituição da habilidade”, de Ingold.

A partir da abordagem antropológica, foi possível descrever e analisar a participação das pessoas nas práticas cotidianas no desenvolvimento dos projetos, como elas e suas práticas se modificam, os lugares que ocupam e o acesso ao conhecimento na relação entre pares. Tal enfoque possibilitou analisar, compreender e descrever como o iniciante/estagiário “redescobre” e/ou “educa sua atenção” (INGOLD, 2010), tornando-se arquiteto nestes lugares.

Sem a pretensão de esgotar o assunto, mas desejando iluminar alguns pontos importantes desse processo de aprender a fazer projetos arquitetônicos, seguem as principais reflexões produzidas por este trabalho.

Inicialmente, é importante destacar que o acesso e a participação regulam as práticas cotidianas da aprendizagem do processo de fazer projetos arquitetônicos nos escritórios pesquisados. Assim, é ao chegar ao escritório que o iniciante/estagiário passa a ter contato com práticas específicas deste lugar e o envolvimento com as atividades se torna um exercício cotidiano. O acesso às diversas práticas é de suma importância, pois é por intermédio dele, como argumentam Lave e Wenger (1991), ao proporem o conceito de participação periférica legitimada, que o aprendiz tem a oportunidade de participar do processo, condição *sine qua non* para aprender. É dessa forma, com o tempo e com o engajamento crescente que o aprendiz se movimenta em direção à prática madura.

Os arquitetos aprendem a partir de práticas específicas desses ambientes: da manipulação de modelos (arquivo-referência), da validação/avaliação do projeto (com a canetada) e da participação nas reuniões de crítica ao projeto. A repetição, a observação e a relação entre pares fundamentam essas práticas. A repetição se mostrou uma das principais práticas instituidoras da habilidade de projetar. Apontada em outros estudos como fundadora desse processo, a repetição cotidiana dos muitos afazeres nos escritórios revelou-se permeada por complexidade. A observação se mostrou igualmente importante e se relaciona com o acesso, porque é por meio do mostrar, conforme argumenta Ingold (2010), que o novato tem a oportunidade de apreender, seja olhando, ouvindo ou sentindo. A relação entre pares é o melhor exemplo da aprendizagem coletiva nesses ambientes e, devido à recorrência, mostrou-se também um importante modo para aprender.

O que se vê no dia a dia nesses escritórios é a integração e a interação entre as pessoas: são processos de aprendizagem (e não de ensino). Foi possível perceber e analisar as práticas que envolvem a produção dos projetos, principalmente nas relações com os colegas (com outros aprendizes ou com os veteranos). Do iniciante ao mais experiente, essas relações se caracterizam como estrutura dessa prática social. É por intermédio delas que se dá a aprendizagem em todas as suas faces, tensões e contradições. É como se as práticas e as relações fossem fios de uma trama, dependentes umas das outras para formarem uma urdidura que se torna cada vez mais firme e consistente à medida que se entrecruzam e se entrelaçam, constituindo, assim, o processo de aprendizagem.

Essas práticas reiteram a ideia de que aprender a projetar é uma atividade complexa; de que a aprendizagem é um processo de mudança das práticas e das pessoas (LAVE; WENGER, 1991); e, sobretudo, de que aprender é uma atividade mais relacional (coletiva) do que individual. Mostram, também, que

aprender a fazer projetos arquitetônicos é um processo contínuo e lento, que requer muitos anos de prática. Essa talvez seja uma das razões que aumenta a invisibilidade do processo de aprendizagem.

As habilidades dos arquitetos são constituídas nesses ambientes (escritórios de arquitetura); portanto, nada têm de inatas. São práticas vivenciadas e aprendidas no dia a dia; são processos de “redescoberta” (INGOLD, 2010). Cotidianamente, nesses escritórios as pessoas aprendem a ter uma visão crítica do trabalho do arquiteto, a trabalhar em equipe, a lidar com pessoas e com os clientes e a respeitar o outro. Além disso, aprendem a reconhecer questões técnicas para a solução dos projetos, a perceber como as coisas funcionam na prática, a saber o que deve ser feito em cada fase do projeto e a identificar a melhor estratégia para lidar com os desafios: as prioridades, o que fazer primeiro e o que deixar para depois. Sintetizando: na prática, aprendem a fazer projetos arquitetônicos.

Finalizando, é importante destacar também a influência dos processos e dos procedimentos da gestão de projetos na aprendizagem. Primeiramente, porque é obrigatório seguir as regras do jogo. Desde o início, o novo funcionário, seja ele um estagiário ou um arquiteto já experiente, passa por um treinamento, que lhe dará as informações sobre seus deveres e sobre como deve funcionar o escritório em relação à nomenclatura de arquivos, procedimentos para salvar desenhos e projetos, preenchimento de documentos, tipos de desenhos nas diversas fases dos projetos e *checklist* de entradas e saídas dos projetos, entre tantos outros. Tal influência se deve também à necessidade de seguir os padrões determinados pela empresa, porque para aqueles que estão aprendendo isso significa ter balizadores/norteadores. Em outras palavras, os processos e os procedimentos da gestão servem de referência para aqueles que estão perdidos ou não sabem ainda o que e nem como fazer. Por exemplo, quando o arquiteto termina uma fase do projeto, antes de entregá-lo, deve certificar-se de que fez tudo o que deveria ter sido feito, utilizando o *checklist* daquela fase. Neste documento, há informações gerais e específicas sobre o que deve ter sido feito ao final de determinada fase. Dessa forma, funciona como um apoio, uma referência, para quem realiza determinada atividade. Outros exemplos, conforme se pode perceber no dia a dia, foram as inúmeras vezes nas quais os estagiários recorreram aos documentos para verificar como deveria ser determinada tarefa, no *Manual de Arquitetura* e no *Manual de Desenho Técnico*, ou para ver como foi o histórico de desenvolvimento do projeto, no *Diário de Projetos*. Portanto, os processos e os procedimentos da gestão de projetos, além de regular e padronizar o controle do processo de desenvolvimento de projetos, colaboram para que as pessoas aprendam nesses ambientes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. G. A Formação do arquiteto e a universidade. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 78, n. 188-189-190, p. 57-85, 1997.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

AMARAL, A. L. S. N. **O sentido subjetivo da aprendizagem para alunos universitários criativos**. Brasília: Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, 2006.

AMARAL, C. S. Descartes e a caixa preta no ensino aprendizagem da arquitetura. **Revista Arqtextos**, São Paulo, v. 1, p. 449-413, 2007.

ANDRADE, M. M. A. R.; ANDRADE, P. R. Ensino e aprendizagem do projeto arquitetônico. In: PROJETER, 5., 2011, Belo Horizonte.

BERGO, R. S. **Quando o santo chama**: o terreiro de umbanda como contexto de aprendizagem na prática. 2011. 249 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2011.

- BRANDÃO, O. C. S. **Sobre fazer projeto e aprender a fazer projeto**. 2008. 271 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução n. 2, de 17 de junho de 2010. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, alterando dispositivos da Resolução CNE/CES n. 6/2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jun. 2010. Disponível em: <portal.mec.gov.br>. Acesso em: mar. 2012.
- BUENO, K. M. P. **Construção de habilidades**: trama de ações e relações. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.
- CARSALADE, F. L. **Ensino de projeto de arquitetura**: uma visão construtivista. 1997. 273 f. Dissertação (Mestrado)-Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 1997.
- CARSALADE, F. L. Referências metodológicas para um processo de ensino de projeto. In: MARQUES, S.; LARA, F. (Org.). **Projetar**: desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto. Rio de Janeiro: EVC, 2003. p. 145-158.
- EMMITT, S. Design management in architecture, engineering and construction: origins and trends. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 5, n. 3, p. 27-37, 2010.
- FARIA, E. L. **A aprendizagem da e na prática social**: um estudo etnográfico sobre as práticas de aprendizagem do futebol em um bairro de Belo Horizonte. 2008. 229 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2008.
- FERREIRA, C. S. C.; SALGADO, M. S. Impacto da ISO 9001:2000 nos aspectos gerenciais dos escritórios de arquitetura: estudos de caso em empresas certificadas. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 2, n. 1, p. 79-102, 2007.
- GRASSENI, C. **Skilled visions**: between apprenticeship and standards. Bérغامo, 2007.
- GÓES, M. B. **A educação no projeto e o projeto na educação**: um estudo sobre o ensino e a aprendizagem de projeto na arquitetura. 2010. 303 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2010.
- GÓES, M. B. Processos de projeto: repercussões para o ensino e a aprendizagem. In: PROJETER, 5., 2011, Belo Horizonte.
- INGOLD, T. **The perception of the environment**: essays on livelihood, dwelling and skill. London: Routledge, 2000.
- INGOLD, T. Beyond art and technology: the anthropology of skill. In: SCHIFFER, M. B. (Ed.). **Anthropological perspectives on technology**. Albuquerque: University of New Mexico Press, 2001, p. 17-31.
- INGOLD, T. Da transmissão de representações à educação da atenção. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 33, n. 1, p. 6-25, 2010.
- KATO, V. R. C. **Reflexões sobre o fazer arquitetônico**. 2012. 239 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.
- LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning**: legitimate peripheral participation. New York: Cambridge University Press, 1991.
- LAVE, J. The politics of learning in everyday life. In: ICOS SEMINARS, 1999.
- LAVE, J.; PACKER, M. Towards a social ontology of learning. In: NIELSEN, K. et al. **A qualitative Stance**: essays in honor of steinar Kvale. Oxford: Aarhus Universitetsforlag, 2008. p. 17-46.
- LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam**. Tradução Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LIMA NETO, J. P. **O ensino de arquitetura como agente transformador da prática profissional**. 2007. 191 f. Dissertação (Mestrado)-Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2007.
- MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. **A árvore do conhecimento**: as bases biológicas da compreensão humana. Tradução Humberto Mariotti e Lia Diskin. 5. ed. São Paulo: Palas Athena, 2005.
- MELHADO, S. B.; OLIVEIRA, O. J. Organização e gestão de empresas de projeto. In: MELHADO, S. B.; OLIVEIRA, O. J. (Coord.). **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O nome da Rosa, 2005. p. 25-48. (cap. 5). PANET, A. O ensinar e o aprender a fazer: abordagem metodológica do ensino de projeto. In: PROJETER, 5., 2011, Belo Horizonte, 2011.
- RESENDE, L. F. **Entre pontas, coques e plês**: aprendizagem da dança clássica no contexto do centro de formação artística do palácio das artes. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado)-Escola de Educação Física, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2011.

RODRIGUEZ, V. L. S. **É ensinando que se aprende:** as práticas atuais de ensino de projeto no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2008. 204 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2008.

SALVATORI, E. Arquitetura no Brasil: ensino e profissão. **Arquitetura Revista**, São Leopoldo, v. 4, n. 2, p. 52-77, 2008.

SARMENTO, M. J. O estudo de caso etnográfico em educação. In: ZAGO, N.; CARVALHO, M. P.; VILELA, R.A. (Org.). **Itinerários de pesquisa:** perspectivas qualitativas em sociologia da educação. Rio de Janeiro: DP&A, 2003. p. 137-182.

SAUTCHUK, C. E. **O arpão e o anzol:** técnica e pessoa no estuário do Amazonas (Vila Sucuniju, Amapá). 2007. 309 f. Tese (Doutorado)-Instituto de Ciências Sociais, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2007.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo:** um novo design para o ensino e a aprendizagem. Tradução Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artes Medicas Sul, 2000.

TEIXEIRA, K. A. **Ensino de projeto:** integração de conteúdos. 2005. 233 f. Tese (Doutorado)-Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

VALENTE, N. **Estratégias para uma aprendizagem no ensino de arquitetura.** 2004. 204 f. Dissertação

(Mestrado)-Centro de Teologia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004.

VELHO, O. De Bateson a Ingold: passos na constituição de um paradigma ecológico. **Mana**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 133-140, 2001.

VELHO, O. Trabalhos de campo, antinomias e estradas de ferro. **Interseções**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 9-26, 2006.

VIDIGAL, E. J. **Um estudo sobre o ensino de projeto de arquitetura em Curitiba.** 2004. 151 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

VIDIGAL, E. J. **Ensino de projeto arquitetônico:** um estudo sobre a práticas didáticas no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal do Paraná. 2010. 330 f. Tese (Doutorado)-Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

VINCENT, G.; LAHIRE, B.; THIN, D. Sobre a história e teoria da forma escolar. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, n. 33, p. 7-48, 2001.

WOKOTT, H. F. The anthropology of learning. **Anthropology & Education Quarterly**, Washington, v. 13, n. 2, p. 83-108, 1982. <http://dx.doi.org/10.1525/aeq.1982.13.2.05x1827g>

Correspondência

Glaucinei Rodrigues Corrêa, glaucinei.correa@gmail.com

O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE NORMAS DE DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO: UM COMPARATIVO ENTRE A ESPANHA (CTE) E BRASIL (NBR 15575/2013)

The Implementation Process of performance Standards in Construction: a Comparison Between Spain (CTE) and Brazil (NBR 15.575/2013)

Andrea Parisi Kern¹, Adriana Silva², Claudio de Souza Kazmierczak¹

RESUMO A preocupação com o desempenho das edificações é uma tendência mundial. No Brasil, desde julho de 2013 está em vigor a NBR 15.575, sob o título geral de Edifícios habitacionais e tem desafiado o setor como um todo, desde projetistas, construtores e fornecedores, tendo em vista a complexidade das questões que envolvem o conceito de desempenho. Por outro lado, na Europa é comum o uso de leis, normas ou códigos baseados no conceito de desempenho. Por exemplo, o Código Técnico das Edificações (CTE) da Espanha que estabelece desempenho e durabilidade às edificações, em vigor desde 2007, relativamente bem sucedido. Esse artigo tem o objetivo de discutir o processo de implantação do CTE e comparar ao da NBR 15.575/2013. Foi realizado a partir de consulta aos documentos e em relatos de profissionais da construção civil da cidade de Logroño, província de La Rioja (Espanha) e de profissionais de empresas construtoras da cidade de Porto Alegre e região metropolitana, através de entrevistas presenciais. Como contribuições são apontadas algumas estratégias utilizadas na implantação do CTE que poderiam ser consideradas no Brasil tais como a implantação gradual, que facilita a adaptação de profissionais e fornecedores, a criação de meio de comunicação entre responsáveis pela Norma e usuários, a definição de documentos e conteúdos para o cumprimento da norma para projetistas, programas de divulgação e discussão com principais fornecedores de cada área envolvida.

PALAVRAS-CHAVE Construção civil, desempenho das edificações, Código Técnico das Edificações, NBR 15.575/2013.

ABSTRACT The concern with the performance of buildings is a global trend. In Brazil, since July 2013, the national standard NBR 15.575 is in force, under the general heading of residential buildings and has challenged the industry as a whole, from designers, constructors and suppliers, in view of the complexity of the issues surrounding the concept of performance. Moreover, in Europe it is common to use laws, rules or codes based on the concept of performance. For example, the Spanish Technical Building Code (CTE) establishes buildings performance and durability. It is in force since 2007, relatively successful. This article aims to discuss the implementing process of CTE and compare to the NBR 15.575/2013. It was based on those documents and on construction professionals reports of Logroño, La Rioja province (Spain) and construction professional from companies in the city of Porto Alegre and its metropolitan area, through interviews. As contributions are outlined some strategies used in the implementation of the CTE that could be considered in Brazil such as the gradual implementation, which facilitates the adaptation of professionals and suppliers, the creation of communication ways for users and the definition of documents for compliance with the standard for designers, outreach programs and discussions with key suppliers of each area involved.

KEYWORDS Construction, building performance, CTE, NBR 15.575/2013.

¹Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, Brasil

²Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, RS, Brasil

How to cite this article:

KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013). *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 89-101, jan./jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.89989>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 19 ago., 2013

Aceito em: 16 abr., 2014

INTRODUÇÃO

De forma geral, a palavra desempenho é utilizada de maneira coloquial por toda a sociedade, normalmente associada a um nível de qualidade desejado. A aplicação efetiva deste conceito teve início na fabricação de produtos destinados à indústria bélica, ainda no período da Segunda Guerra Mundial, para atender exigências de segurança estrutural (BORGES; SABBATINI, 2008).

Na construção, o conceito de desempenho de edificações vem sendo estudado desde a década de 60. Suas primeiras formulações e debates ocorreram a partir das questões apresentadas no segundo congresso do *Council International for Building* – CIB (Conselho Internacional para Edificação), realizado em 1962. No final desta década, uma importante publicação neste tema consiste na primeira edição do livro intitulado *SavoirBatir: Habitabilite, Durabilite, Economiedes Batiments*, (Saber Construir: Habitabilidade, Durabilidade, Economia dos Edifícios) de Gerard Blachere, onde o desempenho de edificações é conceituado como o comportamento em uso, ao longo de sua vida útil (BLACHERE, 1967).

Em 1970 o CIB criou a comissão de trabalho CIB W60 – *The Performance Concept in Building* (O Conceito de Desempenho na Edificação), que tinha por objetivo estabelecer uma estrutura conceitual e tecnológica sobre o desempenho dos edifícios que pudesse ser adotada em âmbito internacional, bem como promover a troca de experiências entre vários organismos que estudam o assunto.

Na década de 90, países europeus como Dinamarca, Holanda, Irlanda e Espanha passaram a adotar medidas para avaliar o desempenho dos edifícios em relação ao desempenho no consumo de energia. Por exemplo, desde 1992, grandes edifícios comerciais construídos na Dinamarca precisam, obrigatoriamente, atender a um sistema de avaliação de energia, relativamente caro e bastante abrangente (CANTALAPIEDRA; BOSCH; LÓPEZ, 2006).

Em 2000, na União Européia (UE) foi criada a Rede Temática PeBBu (*Performance Based Building*, ou Construção Baseada no Desempenho) para consolidar todos os trabalhos anteriores sobre o assunto (SZIGETI; DAVIS, 2005). Posteriormente foi adotada uma série de diretivas relativas à padronização técnica. Entre as principais normas estão os Eurocódigos, desenvolvidos pelo Comitê Europeu de Normalização. Trata-se de um grupo de normas estruturais para o projeto de edifícios e obras de engenharia civil, a partir de um ponto de vista estrutural e geotécnico (GARCÍA, 2006; CALDENTY et al., 2008).

Nos últimos anos, várias organizações internacionais relacionadas com normas que versam sobre as edificações se preocuparam com o desempenho e criaram sistemas regulamentadores baseados nesse conceito, como é o caso do Reino Unido, Nova Zelândia, Austrália, Canadá, Holanda, Suécia, Noruega e Estados Unidos (CÓDIGO..., 2011).

Em particular na Espanha, até a promulgação da Lei de Planejamento das Construções Espanholas, em 2000, faltava regulamentação do setor em questões de desempenho das edificações. A criação do Código Técnico das Edificações (CTE), em 2006, é considerada um marco no setor de construção espanhol. Consiste num programa de avaliação oficial onde são definidas metas de desempenho e maneiras de alcançá-las, sem forçar o uso de um determinado procedimento ou solução. São consideradas as características qualitativas ou quantitativas, construindo objetivos identificáveis que contribuem para determinar a capacidade da edificação de responder às diferentes funções para quais foi concebida (CÓDIGO..., 2011).

O CTE é dividido em duas partes. A primeira parte contém as disposições e condições de aplicação do CTE e os requisitos básicos a serem atendidos pelos edifícios, considerando projeto, construção, manutenção e conservação e instalações (CÓDIGO..., 2011).

A segunda parte consiste em documentos elaborados com base em técnicas de construção diferentes, que são atualizados em função da evolução técnica e das demandas sociais e aprovações regulatórias. Por sua vez, é subdividida em seiscapítulos: segurança estrutural (SE), segurança contra incêndios (SI), segurança em uso (SU), salubridade (Sa), eficiência energética (EE) e proteção a ruídos (PR). Em cada capítulo os requisitos básicos são caracterizados através do estabelecimento de normas ou valores limites do desempenho dos edifícios ou de suas partes, de maneira qualitativa ou quantitativa. Também contém os procedimentos que atestem o cumprimento dessas exigências básicas na prática. Ou ainda, referências a instruções, regulamentos ou outras normas técnicas para fins de especificação e controle de materiais, métodos de ensaio e dados ou procedimentos de cálculo (CÓDIGO..., 2011).

No Brasil o conceito de desempenho na construção é fortemente ligado à habitação, e começou a ser discutido na década de 80, tendo em vista o significativo aumento do déficit habitacional e suas consequências. Entre 1950 e 1980, a população urbana cresceu em torno de 300%, gerando um grave problema de falta de habitações adequadas nas cidades, o que incitou construções irregulares e em áreas periféricas urbanas, contribuindo para o aumento das favelas (SERRA, 1989; MARICATO, 1999; LAY; REIS, 2010). Esse cenário desencadeou o mercado de provisão habitacional, especialmente o de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social (EHIS) (BONDUKI, 2004).

Em especial, a década de 60 pode ser caracterizada pela preocupação política com a habitação de interesse social. Em 1964 foi criado o Banco Nacional da Habitação (BNH), com a finalidade de orientar e controlar o Sistema Financeiro da Habitação e acabou por fomentar a construção e a aquisição da casa própria, especialmente pelas classes de menor renda (AZEVEDO; ANDRADE, 1982).

Neste contexto, novos sistemas construtivos foram desenvolvidos visando a atualizar os produtos e processos tradicionais até então utilizados, pensando principalmente na racionalização e industrialização da construção. Porém, por falta de referências técnicas, a implantação de tecnologias insuficientemente desenvolvidas ou adaptadas levou, na maioria dos casos, a experiências pouco exitosas, com graves prejuízos para todos os agentes do processo de construção. Aos usuários foram transferidos os problemas das patologias e os altos custos de manutenção (GONÇALVES et al., 2003).

Um dos primeiros documentos no país baseado no conceito de desempenho para avaliação dos sistemas construtivos de habitações consiste na publicação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, denominada “Critérios mínimos de desempenho” resultado da pesquisa “Formulação de Critérios de Desempenho das Edificações” e a “Normalização de Interesse da Construção de Habitações”. (BORGES, 2008).

Mais tarde, no ano 2000, a CAIXA financiou um projeto para a criação de um método de avaliação de sistemas construtivos inovadores baseado no conceito de desempenho, que foi o primeiro passo concreto para a publicação, em 12 de maio de 2008, da NBR 15.575/2010 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho, com uma carência de dois anos para sua aplicação. Neste prazo foi realizada uma discussão pública, para avaliação dos textos-base com toda a cadeia produtiva da construção civil. Participaram deste processo o governo, através do Ministério das Cidades e da CAIXA, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC, e diversos atores do setor

da construção, como construtoras, incorporadoras, projetistas, universidades, laboratórios e institutos de pesquisa, além de fabricantes de materiais e componentes. Porém, em função do forte impacto decorrente das alterações propostas pela Norma, o prazo para esta entrar em vigor, inicialmente datado de 2010, foi prorrogado para março de 2012, e finalmente postergado para julho de 2013.

A NBR 15.575/2013 especifica critérios mínimos de desempenho para os sistemas das edificações, além de definir as incumbências e intervenções necessárias para a vida útil mínima obrigatória das construções. É constituída das seguintes partes: (i) Requisitos gerais; (ii) Requisitos para os sistemas estruturais; (iii) Requisitos para os sistemas de pisos; (iv) Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; (v) Requisitos para os sistemas de coberturas; (vi) Requisitos para os sistemas hidros sanitários (ASSOCIAÇÃO..., 2013).

Uma importante publicação referente à NBR 15.575/2013 consiste no guia orientativo lançado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), estabelecendo principais incumbências aos projetistas, construtores, e fornecedores, referentes a ações que voltadas para atingir e manter os níveis de desempenho dos edifícios (CÂMARA..., 2013).

O conceito de desempenho envolve necessidades humanas que devem ser satisfeitas pelo edifício a fim de que este cumpra sua função ao longo de sua vida útil. Por exemplo, necessidades de caráter fisiológico, psicológico, sociológico e econômico (MITIDIERI FILHO; HELENE, 1998), ou, relativas à segurança, conforto, funcionalidade, etc, que são transformadas em requisitos e critérios de desempenho a serem considerados no projeto e execução de uma edificação (HOPFE, 2009). Isso envolve uma mudança nas práticas atuais de projeto e construção: a prática de projetar com enfoque em desempenho deve ser incorporada desde a fase de projeto, tendo em vista que o conceito de desempenho também envolve questões de durabilidade e sustentabilidade, crescentes preocupações atuais (OLIVEIRA; MITIDIERI FILHO, 2012). Por exemplo, os projetistas devem estabelecer a vida útil de projeto (VUP) de cada sistema que compõe a obra, especificando materiais, produtos e processos que isoladamente ou em conjunto venham a atender ao desempenho requerido (CÂMARA..., 2013).

O desempenho das edificações está diretamente ligado ao impacto ambiental destas, pois, na medida em que as construções têm menor durabilidade, apresentando patologias e necessitando reparos ou mesmo a demolição, aumenta o impacto ambiental gerado pela construção civil. De acordo com Boselli e Dunowicz (2009), o aparecimento de manifestações patológicas em edifícios habitacionais, resulta em uma obsolescência prematura de edifícios e seu entorno, que leva ao declínio da qualidade de vida, durabilidade e segurança dos moradores. Assim, a relação entre desempenho e sustentabilidade é de suma importância no cenário atual, ainda mais tendo em vista que a indústria da construção apresenta-se como a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, seja pelo alto consumo dos recursos naturais, às modificações na paisagem e à geração de resíduos (AGOPYAN; JOHN, 2012).

O uso da metodologia de análise de desempenho exige o envolvimento de diferentes áreas do conhecimento, o que requer um grande esforço de diferentes agentes do setor da construção, especialmente projetistas, construtores, fornecedores e fiscalização do poder público. Além disso, o arcabouço normativo tradicionalmente utilizado no Brasil para a construção civil é prescritivo, ou seja, especifica os meios e não os fins que se deseja atingir, o que contraria o conceito de desempenho. Esta diferença conceitual

é considerada por Borges e Sabbatini (2008) uma das maiores dificuldades para a aplicação da Norma de desempenho. Outra dificuldade apresentada por Paula, Uechi e Melhado (2013) é referente às deficiências gerenciais das empresas construtoras. De acordo com os autores, empresas pesquisadas em relação à implantação da Norma sentem necessidade de atualização e capacitação para implementação da Norma e estudo e aplicação de *softwares* de projeto para medição de desempenho. Também é argumentado pelos projetistas entrevistados por Paula, Uechi e Melhado (2013) que falta documentação e ensaios em produtos, especialmente brasileiros.

De acordo com a CBIC para que a VUP possa ser atingida, o projetista deve recorrer às boas práticas de projeto, às disposições de normas técnicas prescritivas, ao desempenho demonstrado pelos fabricantes dos produtos contemplados no projeto e a outros recursos do estado da arte mais atual. Quando as normas específicas de produtos não caracterizarem desempenho, quando não existirem normas específicas ou quando o fabricante não tiver publicado o desempenho de seu produto, compete ao projetista solicitar informações ao fabricante para balizar as decisões de especificação (CÂMARA..., 2013).

Desta forma, a implantação da NBR 15.575/2013 é um aspecto oportuno a ser discutido, uma vez que se trata de um processo altamente complexo e desafiante. Esse artigo compara características do CTE (Espanha) com a NBR 15.575/2013 (Brasil), com foco no processo de implantação, buscando identificar estratégias utilizadas no país Europeu que viabilizaram ou facilitaram a utilização do Código por profissionais, fornecedores e fiscalizadores do setor de construção civil.

MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido entre abril de 2009 e fevereiro de 2011, enquanto a NBR 15.575/2010 encontrava-se em discussão pública. A estratégia da pesquisa utilizada foi o estudo de caso comparativo, dividido em três etapas: análise do processo de implantação do Código Técnico Espanhol – CTE; análise do processo de implantação da NBR 15.575/2010; comparação entre os dois processos. Ao longo do desenvolvimento das etapas, o trabalho foi baseado em bibliografia sobre desempenho na construção civil e sobre as duas normas em questão.

ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO CTE

Esta etapa da pesquisa foi realizada na Espanha, utilizando como fonte de evidência o próprio documento CTE, disponível em www.codigotecnico.org, e em relatos de profissionais da construção civil da cidade de Logroño, província de La Rioja, através de entrevistas presenciais.

O acesso aos profissionais entrevistados ocorreu a partir de um contato com o órgão que representa a entidade de classe dos arquitetos espanhóis, chamado Colégio de Arquitetos e na Prefeitura Municipal da cidade de Logroño.

Foi entrevistado um arquiteto ligado ao Colégio de Arquitetos, responsável pela aprovação de projetos no órgão e fiscalização das obras, o coordenador da faculdade de engenharia na Universidade de La Rioja, UNIRIOJA e profissionais de quatro escritórios de arquitetura que estavam diretamente ligados à implantação do CTE.

As entrevistas foram realizadas pela primeira autora nos locais de trabalho dos entrevistados. As perguntas centraram-se no entendimento das impressões dos interessados a respeito da implantação do Código, bem

como os entraves e benefícios decorrentes dessa implementação. Também procurou-se identificar a relação dos profissionais com o aprimoramento do Código.

Durante a realização da terceira etapa da pesquisa, para esclarecimento de algumas dúvidas na realização do comparativo com a NBR 15.725, os profissionais espanhóis foram novamente contatados através de e-mail.

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA NBR 15.575

Nesta etapa foram realizadas entrevistas com duas empresas construtoras da região de Porto Alegre. Cabe comentar que, por razões da NBR 15.575/2010 não estar em vigor, cinco empresas convidadas a participar da pesquisa, apenas três que atuam no segmento residencial aceitaram realizar as entrevistas, sendo que as demais alegaram ainda não estarem envolvidas com a implantação da Norma.

Assim como na Espanha, as entrevistas foram realizadas com a intenção de levantar informações sobre a realidade das empresas construtoras em relação à implantação da norma, buscando identificar o estágio em relação à aplicação da Norma, as mudanças necessárias para a adoção do conceito de desempenho e as dificuldades e benefícios que a Norma traz.

Decidiu-se por entrevistar pessoalmente arquitetos e engenheiros envolvidos com a implantação da Norma. Estas entrevistas ocorreram no período de novembro a dezembro de 2010 e, ao todo, participaram do trabalho três empresas do setor.

COMPARATIVO ENTRE O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DAS DUAS NORMAS

Com base nas etapas anteriores, a terceira etapa do trabalho consistiu em traçar um comparativo entre os processos de implantação do Código Técnico das Edificações e da NBR 15.575, identificando semelhanças e diferenças através de matrizes comparativas.

CTE & NBR 15.575: CARACTERÍSTICAS E IMPLANTAÇÃO

Os resultados da pesquisa são apresentados em duas matrizes comparativas com base na consulta aos documentos e nos relatos dos profissionais espanhóis e brasileiros. Respectivamente são apresentadas as principais características dos dois documentos (Quadro 1) e importantes aspectos do processo de implantação (Quadro 2).

Como semelhanças, ambos os documentos têm abrangência nacional, foram aprovados, relativamente, numa mesma época (2006 e 2008) e foram elaborados por um conjunto de profissionais e representantes de empresas fornecedoras, instituições federais e de representação de classe. Também, remetem a um conjunto de normas internacionais (ISO, ASTM, ASHRAE, Eurocódigos), e nacionais: Decretos Reais (na Espanha) e normas da ABNT (no Brasil). São estruturadas em seis partes, porém o CTE aborda as questões de desempenho em termos de segurança, enquanto que a NBR 15.575/2013 aborda as questões em termos de sistemas.

Diferem no texto do objetivo, tipo de construção a que normatizam e obrigatoriedade. O objetivo do CTE expressa comprometimento com a sociedade e meio ambiente, enquanto que a NBR 15.575/2013 tem o objetivo mais voltado à construção civil e a avaliação de sistemas inovadores.

Quanto às edificações que normatizam, o CTE é voltado para edificações novas, ampliações e renovações de qualquer segmento, incluindo edificações protegidas artística, ambiental ou historicamente. Já a NBR 15.575/2013 é destinada apenas a edificações novas do segmento residencial. Ressalta-se que

Quadro 1. Principais características dos documentos avaliados.

Aspectos de comparação	Código Técnico das Edificações	NBR 15.575/2013
Abrangência	Nacional	Nacional
Data de aprovação	Março de 2006	Maio de 2008
Objetivo	Garantir a segurança das pessoas, o bem-estar da sociedade, a sustentabilidade dos edifícios e a proteção do meio ambiente	Estabelecer diretrizes claras para a construção civil, balizar a concorrência e ser referência para sistemas construtivos inovadores
Destinado a	Novos edifícios, obras de ampliação, alterações, renovação ou de reabilitação e de alguns edifícios protegidos do ponto de vista artístico, ambiental ou histórico	Edifícios habitacionais, com qualquer número de pavimentos. Não se aplica a obras concluídas ou pré-existentes, obras em andamento ou projetos protocolados em andamento na data da entrada em vigor, reformas, retrofit ou edificações provisórias
Responsáveis pela elaboração	Comissão de estudos, com membros de universidades, profissionais, fabricantes, empresas construtoras, Ministério da Habitação	Ministério das Cidades, CAIXA, ABNT, profissionais, peritos, entidades de classe, fornecedores, IPT, USP, Sinduscon, Secovi e Ibape, entre outras
Estrutura	Seis Partes: Segurança Estrutural (SE), Segurança a incêndios (SI), Uso e Acessibilidade (SU A), Salubridade (Sa), Eficiência energética (EE), Proteção a Ruídos (PR)	Seis partes: Requisitos gerais, sistemas estruturais, sistemas de pisos internos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de coberturas, sistemas hidrossanitários
Obrigatoriedade	Utilização obrigatória	Obrigatoriedade vinculada a programas de financiamento e licitações públicas.
Normas a que remetem	Normas da ASTM, UNE, ISO, NLT, Eurocódigos, e Decretos Reais	Normas da ABNT, ASHRAE, BS, UNE, ASTM, ISO, JIS e Eurocódigos

Quadro 2. Processo de implantação.

Aspectos de comparação	Código Técnico das Edificações	NBR 15.575/2013
Estratégia de implantação	Por etapas	Na íntegra
Divulgação aos profissionais e fornecedores	Cursos, palestras e eventos ministrados e organizados por uma comissão do Ministério da Habitação	Reuniões e cursos promovidos pela CAIXA ou por entidade de classe, como associações e sindicatos.
Relação com fornecedores	Incentivos do governo para os fornecedores se adaptarem aos parâmetros da Norma, por meio de cursos, palestras e conferências	Até o momento da realização do trabalho não havia incentivos aos fornecedores para adequação à Norma, exceto através do PBQP-h
Meios de comunicação com profissionais	Site na internet que possibilita interatividade com profissionais, fabricantes e outros interessados	Não há
Implicações na elaboração de projetos	Os profissionais entrevistados alegam ser necessário maior prazo para desenvolvimento dos projetos e a necessidade de profissionais responsáveis pela implantação do Código nos escritórios de arquitetura	Os profissionais entrevistados alegam ser necessário maior prazo para desenvolvimento dos projetos e a necessidade de profissionais responsáveis pela implantação da Norma nos escritórios de arquitetura
Roteiro para implantação	Lista de verificação para uso de projetistas	Não há
Fiscalização	Prefeitura ou órgão público que concede a licença de construção	Não há
Custo de aquisição da norma	Livre acesso pela internet, incluindo muitas das normas referenciadas pelo CTE	Valor cobrado pela ABNT

não se aplica a obras já concuídas ou pré-existentes, reformas, renovações ou edificações provisórias. Também não se aplica a projetos protocolados ou obras em andamento na data em que a norma entrou em vigor.

Enquanto a implantação do CTE é obrigatória, sendo estabelecidas exigências básicas mínimas de cumprimento, a obrigatoriedade do cumprimento NBR 15.575/2013 está vinculada a programas de financiamento e licitações públicas. Entretanto, o fato da justiça se amparar em normas técnicas, faz com que a aplicação da NBR 15.575/2013 seja praticamente uma obrigação.

Com base nas informações do Quadro 2, percebe-se que os processos de implantação do CTE e da NBR 15.575/2013 são distintos, a começar pela estratégia de implantação.

Por ser um documento mais abrangente do que as normas existentes anteriores, o governo espanhol optou por realizar um processo de implantação gradual. Inicialmente foram implantadas três partes e posteriormente foram sendo implantadas as demais. A ordem cronológica em que foram implantados todos os documentos básicos, ou partes do CTE é:

- Segurança em uso (SU), eficiência energética (EE), segurança a incêndios (SI) – a partir de 28 de março de 2006;
- Salubridade (Sa), segurança estrutural (SE) – a partir de 28 de setembro de 2006;
- Proteção a ruídos (PR) – a partir de 24 de abril de 2009;
- Segurança em uso e acessibilidade (SUA) (alteração da SU) – a partir de 12 de setembro de 2010.

Segundo os profissionais espanhóis entrevistados, essa estratégia foi muito vantajosa por permitir maior prazo para conhecer, estudar e iniciar o uso do Código. Ao contrário, a Norma brasileira deve ser implantada na íntegra, entrando em vigor, ao mesmo tempo, as seis partes que a constituem.

Em ambos os países, a divulgação dos documentos ocorreu através de cursos e palestras realizados por entidades governamentais ou de classe. Em especial, na Espanha, no período entre a aprovação (17/03/2006) até a data de entrada em vigor, período estipulado em um ano, o governo espanhol, através do Ministério da Habitação, elaborou uma comissão responsável pela realização de cursos, palestras e eventos com o objetivo de apresentar o CTE aos envolvidos.

Nesses eventos foram esclarecidas dúvidas por parte dos profissionais, e a partir das discussões surgidas nessas ocasiões, algumas alterações foram realizadas no documento, como a inclusão de aspectos de acessibilidade no documento básico Segurança em Uso, passando a ser denominado Segurança em Uso e Acessibilidade. Na realização do trabalho, em 2011, esses cursos ainda eram ministrados, possibilitando aos profissionais o aprimoramento de seu entendimento sobre o código. Muitos destes eventos são gratuitos ou subsidiados pelo governo ou pelo Colégio de Arquitetos e Colégio de Engenheiros ou ainda por fabricantes de materiais.

A estratégia da implantação por partes também facilitou o incentivo aos fornecedores dos principais produtos referentes a cada tema. Os setores que necessitaram de muitas adaptações ao código receberam maior atenção do governo, especialmente as empresas cujos produtos estavam diretamente relacionados à eficiência energética e à proteção frente ao ruído, por serem estes os aspectos que mais foram obrigados a melhorias com a criação do CTE.

O governo espanhol também criou programas para validar processos que estão de acordo com o Código. Como exemplo existe o “Programa Líder” que cria selos que certificam o desempenho energético das edificações,

dividido por categorias de acordo com o nível de economia de energia apresentado.

No Brasil, a primeira versão da Norma, datada de 2008, sofreu fortes críticas da comunidade, que não se considerava apta a implementá-la. Desta forma, foi realizado um amplo debate com a participação de diversos atores do setor da construção, e elaborada uma segunda versão da Norma. Devido à complexidade do conceito, “[...] por dois anos, o trabalho de revisão contou com participação jamais vista em Comissões de Estudos de normas técnicas do Brasil, com a presença de mais de 120 participantes [...]” segundo as palavras do presidente da CBIC, Sr Paulo Simão (CÂMARA..., 2013, p. 5).

Não existe um programa oficial de incentivo para os fornecedores se adaptarem à NBR 15.575/2013. Porém, o Ministério das Cidades trabalha neste objetivo, por meio do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H). Os programas de certificação de produtos (selo PROCEL) e para edificações (PROCEL edifica e Selo Casa Azul da CAIXA), apesar de estarem relacionados ao desempenho, não estão diretamente associados à Norma.

Na Espanha, no site em que o CTE é disponibilizado, foi criado um espaço para que os usuários pudessem descrever suas dúvidas, críticas e sugestões (www.codigotecnico.org). Esse canal de comunicação é muito utilizado e todas as contribuições são analisadas fazendo com que o Código passe por um processo dinâmico, com constantes melhorias. Em função desta dinamicidade, os entrevistados indicaram que alguns escritórios sentem a necessidade de um profissional destinado somente a estudar o Código continuamente, o que gera custos.

Os arquitetos espanhóis e brasileiros entrevistados alegam que a implantação do CTE e da NBR 15.575/2013 gera um aumento no custo dos projetos, em função do maior prazo demandado para a elaboração dos mesmos, que requer maior pesquisa de normas, maior conhecimento técnico de materiais e necessidade de preparação dos profissionais.

Um dos arquitetos espanhóis entrevistados considera a lista de verificação (*check list*) um item facilitador para adequação do projeto ao Código. Esta lista é dividida em seis tipos de documentos, a seguir elencados com as informações solicitadas: a) “Memorial descritivo” (agentes, informações prévias - para reabilitação de edifício, reforma ou ampliação – descrição do projeto e funções do edifício); b) “Memorial construtivo” (fundações do edifício, sistema estrutural, fundações e estruturas portantes, sistema de vedação, sistema de compartimentação, sistema de acabamentos, sistema de condicionamento e instalações e equipamentos); c) “Cumprimento do CTE” (segurança estrutural, segurança em caso de incêndio, segurança em uso, salubridade, proteção contra ruído, eficiência energética, cumprimento de outros regulamentos e disposições); d) “Projetos” (planta de situação, planta de localização, plano de urbanização, plantas gerais, plantas de coberturas, cortes e elevações, projetos estruturais, projetos de instalações, projetos de definição construtiva, memoriais gráficos); e) Declaração de condições (declaração de cláusulas, disposições gerais, disposições facultativas, disposições econômicas, prescrições sobre os materiais, declaração de condições por unidades, prescrições quanto à execução, prescrições sobre verificações administrativas; f) “Orçamento” (orçamento aproximado e orçamento detalhado).

Ressalta-se que um dos problemas citados pelos arquitetos espanhóis durante as entrevistas realizadas e ratificado pelo Ministro da Habitação Espanhol, através de entrevista disponibilizada no site do CTE consiste na influência de diferentes ministérios na elaboração do Código. Esse fato faz

com que contradições sejam geradas em alguns itens, como a recomendação de isolar os ambientes para evitar ruídos (documento básico de Proteção a Ruídos) que contesta a recomendação de ventilar o ambiente (documento básico de Salubridade).

Cada prefeitura ou órgão público que concede a licença de construção a um projeto tem a obrigação de verificar se o mesmo está de acordo com os requisitos do CTE. Para justificar que um edifício satisfaz os requisitos básicos estabelecidos no CTE o profissional pode optar por adotar soluções técnicas baseadas nos documentos básicos do próprio Código, cuja aplicação no projeto, implementação na obra ou a manutenção e conservação do edifício é suficiente para provar conformidade com os requisitos básicos. Também pode adotar soluções alternativas, entendidas como aquelas que partem de sua experiência profissional e que também podem ter referência ao CTE.

Durante a construção da obra deve ser preparada a documentação exigida para comprovação de que a mesma está de acordo com o CTE. O Código apresenta um guia que auxilia os profissionais na elaboração desta documentação.

Para a construção de um edifício, o projeto deve ser aprovado pelo Colégio de arquitetos ou Colégio de Engenheiros e também na Prefeitura Municipal de cada cidade espanhola, e estes comprovam se o projeto está de acordo. Se algum aspecto não adequado, o profissional é advertido para que faça a correção.

Quando a construção é finalizada, é realizada uma fiscalização para certificar se o projeto aprovado foi fielmente cumprido. Na Espanha, essa fiscalização é feita primeiramente pelo técnico responsável pela edificação, que corresponde ao profissional (arquiteto ou engenheiro) que executa a obra, que não pode ser o mesmo que elabora o projeto. Posteriormente os técnicos da prefeitura comprovam se o empreendimento foi executado de acordo com o CTE.

Algumas prefeituras de cidades espanholas, além dos técnicos que fazem a supervisão das obras, ainda têm um Organismo de Controle Autorizado, que é um setor composto por técnicos (engenheiros ou arquitetos) que também fazem a fiscalização das obras e supervisão dos documentos apresentados pelos arquitetos ou engenheiros responsáveis pela execução da obra.

A comprovação do cumprimento ao CTE pela edificação é realizada através da apresentação de certificados, ensaios e inspeções, além das vistorias no local pelos fiscais. Na Espanha existem laboratórios especializados que realizam ensaios de materiais. Isso tem levado a um constante aprimoramento de laboratórios, com aquisição de equipamentos melhores e mais modernos, além de especialização em ensaios mais complexos para dar suporte aos profissionais e fornecedores.

No Brasil, não há fiscalização oficial para a adequação à NBR 15.575/2013, nem na etapa de projeto, nem após a construção.

Os profissionais brasileiros entrevistados apontam que existe um grande desafio na questão dos fornecedores, que devem apresentar melhorias, adequando os seus produtos às exigências de desempenho. Outra questão a ser resolvida é a necessidade de melhorias de laboratórios para a realização de ensaios, e de igual forma treinar os laboratoristas para que se adéquem a esta Norma, que saibam como ensaiar e entender os requisitos da NBR 15.575/2013. A falta de infraestrutura laboratorial para a realização dos ensaios previstos na Norma é um forte empecilho para a sua implementação e foi utilizada como argumento para sua postergação.

Uma das iniciativas do Governo Federal para minimizar as carências do setor para realizar a certificação de componentes e sistemas construtivos a

partir do desempenho foi o lançamento do Edital Chamada Pública MCT/MCIDADES/FINEP/AT- SINAT – INFRAESTRUTURA LABORATORIAL – 10/2010, disponibilizando quinze milhões de Reais para projetos voltados ao fortalecimento da infraestrutura laboratorial na área da construção civil, de Institutos tecnológicos e de pesquisa para atuar como Instituições Técnicas Avaliadoras (ITAs) no âmbito do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT, ou que já atuam nesta condição. Ao total, foram financiadas quatro propostas, duas de instituições sediadas em São Paulo (o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. e o Centro Cerâmico do Brasil -já atuantes-, uma em Pernambuco (Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco) e uma no Rio Grande do Sul (Universidade do Vale do Rio dos Sinos)). Outra iniciativa consistiu no lançamento da CHAMADA PÚBLICA MCT/MCIDADES/FINEP/Ação Transversal – SANEAMENTO AMBIENTAL E HABITAÇÃO - 7/2009, que em seu Tema 2.3 propõe o desenvolvimento de métodos de ensaio e metodologias para a avaliação de desempenho de tecnologias inovadoras no âmbito do Sistema Nacional de Avaliação Técnica – SINAT, a partir do trabalho em rede de pesquisa entre diversas instituições de pesquisa brasileiras.

Ao contrário da NBR 15.575/2003, o CTE da Espanha é fornecido sem custo e está disponível na internet, assim como outras normas referenciadas pelo Código, como exemplo as Normas Urbanísticas Municipais e Regionais, as Normas de Acessibilidade e as Normas de Habitabilidade. Contudo, existem algumas normas de aquisição não gratuita, como as Novas Normas Europeias (UNE), para as quais o CTE também remete.

Por fim, conforme os entrevistados, tanto brasileiros quanto espanhóis, a adequação ao conceito de desempenho demanda grande envolvimento no processo de projeto por parte dos profissionais.

Na Espanha, muitos escritórios de médio e grande porte designaram um profissional apenas para estudar o Código, participar de palestras e definir estratégias para implantação do mesmo a realização de seus projetos. Como benefícios advindos da utilização do Código, salientam a maior qualidade nas construções, a segurança aos clientes, a execução de construções com desempenho assegurado pelo CTE. Também citaram que a aplicação do CTE ajuda em questões judiciais que envolvem edificações, porque delimita as competências de cada agente (construtores, arquitetos, engenheiros, usuários, etc.).

As construtoras consultadas em Porto Alegre comentam que existem itens propostos pela Norma já atendidos em seus projetos e construções, como por exemplo a segurança estrutural, contra o fogo e segurança no uso e na operação. Este fato facilita o processo de implantação, pois estes requisitos necessitam apenas de pequenos ajustes. As empresas dizem que também já vinham contemplando alguns requisitos na medida em que atendiam e continuam atendendo as demais NBRs, que estão contempladas na NBR 15.575/2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por mais que a NBR 15.575/2010 não tenha força de lei, entende-se que o seu cumprimento por parte de todos os agentes envolvidos implica em várias vantagens para a o setor de construção civil e a sociedade em geral. Além dos aspectos ambientais e do atendimento aos usuários, a aplicação do conceito de desempenho também pode ser considerada uma boa oportunidade para a melhoria da qualidade das habitações brasileiras e a otimização dos recursos governamentais, pois a aplicação do conceito exige uma visão de longo prazo.

Além disso, será criado um ambiente técnico mais definido, estabelecendo o papel de todos os agentes envolvidos. Este benefício diz respeito tanto ao construtor, quanto para o adquirente do imóvel, que passará a ter informações sobre o desempenho do edifício. Porém, trata-se de um processo complexo, cujos principais desafios envolvem mudanças no processo de projeto, no processo de produção, na cadeia de fornecedores e na fiscalização.

A comparação entre a Norma Brasileira de desempenho na construção e o Código Técnico da Edificação espanhol indica semelhanças no conteúdo e escopo. Ambos abordam o conceito de desempenho na edificação, consideram praticamente os mesmos sistemas, e os dois têm abrangência nacional, em países com expressivas diferenças regionais, culturais e de clima.

Contudo, a estratégia de implantação nos dois países foi significativamente diferente. Tendo em vista a dificuldade de implantação, optou-se por implantar o CTE de forma gradual, num processo de amplo suporte e esclarecimento de dúvidas. No Brasil, a estratégia tem sido a implantação de toda a Norma, cujo prazo para entrar em vigor foi por muitas vezes adiado.

O comparativo realizado permite constatar que a Espanha utiliza um eficaz canal de comunicação com os profissionais e demais usuários do Código. Tal meio possibilita um ambiente interativo, permitindo que dúvidas e sugestões de melhorias do Código possam ser expostas na internet, incluindo ajustes e mudanças, conforme a análise das contribuições apresentadas pelos profissionais que são os usuários.

Outro aspecto apontado pelos profissionais entrevistados que facilita o uso do CTE é a definição dos documentos necessários e o conteúdo de cada um, disponibilizado no próprio CTE como uma lista de verificação. Além disso, ao contrário das normas brasileiras, a aquisição do CTE é realizada sem custo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575**: edifícios residenciais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2012.
- AZEVEDO, S.; ANDRADE, L. A. G. **Habitação e poder**: da Fundação da Casa Popular ao Banco Nacional da Habitação. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1982.
- BLACHERE, G. **Saber construir**: habitabilidad, durabilidad, economía de los edificios. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1967.
- BONDUKI, N. G. **Origens da habitação social no Brasil**: arquitetura moderna, lei do inquilinato e difusão da casa própria. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.
- BORGES, C. A. M.; SABBATINI, F. H. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, USP, 2008. (Boletim Técnico, n. 515).
- BORGES, C. A. M. Reportagem publicada em **Projetodesign**, n. 345, 2008. Disponível em: <www.arcoweb.com.br>. Acesso em: nov. 2009.
- BOSELLI, T.; DUNOWICZ, R. La calidad y la conservación de la vivienda social: bases para el aseguramiento de la sustentabilidad del hábitat. In: ENCONTRO NACIONAL, 5.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., Recife, 2009.
- CALDENTEY, P. A. et al. **España y los Eurocodigos**: la necesidad de converger. 2008. Disponível em: <www.oa.upm.es>.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.
- CANTALAPIEDRA, I. R.; BOSCH, M.; LÓPEZ, F. Involvement of final architecture diploma projects in the analysis of the UPC buildings energy performance as a way of teaching practical sustainability. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 14,

n. 9, p. 958-962, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.040>

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN - CTE. España, 2006. Disponível em <<http://www.codigotecnico.org>>. Acesso em: 10 Maio 2011.

GARCÍA, F. H. **Normalización europea en productos de construcción: construcciones especiales y dragados.** Proyectos Singulares S.A., 2006.

GONÇALVES, O. M. et al. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. In: ROMAN, H.; BONIN, L. C. (Ed.). **Normalização e certificação na construção habitacional.** Porto Alegre: Habitare, 2003. (Coletânea Habitare, v. 3).

HOPFE, C. J. **Uncertainty and sensitivity analysis in building performance simulation for decision support and design optimization.** 2009. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Faculdade de Arquitetura, Construção e Planejamento, Universidade de Tecnologia de Eindhoven, Holanda, 2009.

LAY, M. C. D.; REIS, A. T. L. O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 99-119, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000300007>

MARICATO, E. **Habitação e cidade: espaço & debate.** 5. ed. São Paulo: Atual, 1999.

MITIDIERI FILHO, C. V.; HELENE, P. R. L. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações:** proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, 1998. (Boletim Técnico).

OLIVEIRA, L. A.; MITIDIERI FILHO, C. V. O projeto de edifícios habitacionais considerando a norma brasileira de desempenho: análise aplicada para as vedações verticais. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 7, n. 1, p. 90-100, 2012.

PAULA, N.; UECHI, M.; MELHADO, S. Novas demandas para as empresas de projetos de edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 137-159, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212013000300009>

SERRA, G. G. Post-occupancy evaluation at the urban scale in Brazil. In: PREISER, W. F. (Ed.). **Building evaluation.** Nova York: Plenum Press, 1989. p. 307-315. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4899-3722-3_23

SZIGETI, F.; DAVIS, G. **Performance based building:** conceptual framework performance based building thematic network: 2001-2005. Rotterdam: CIB, 2005. (PeBBu Final Report, EC 5th Framework). Disponível em: <www.pebbu.ne>. Acesso em: jul. 2009.

Correspondência

Andrea Parisi Kern, apkern@unisin.br
Adriana Silva, adrisilvaarquitectura@gmail.com
Claudio de Souza Kazmierczak, claudiok@unisin.br

A COMPATIBILIZAÇÃO DE MULTIDSEMPENHOS EM PROJETOS BASEADA NA ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA DE DECISÃO

The compatibilization of multi-performance design based on the structuring of decision problem

Mariana Monteiro Xavier de Lima¹, Giovanna Tomczinski Novellini Brigitte², Nádia Dutra Campos², Regina Coeli Ruschel³

RESUMO A presente pesquisa propõe a aplicação de um método de estruturação de problemas de decisão multicritério a fim de estruturar objetivos de diferentes dimensões de desempenho. Para tanto, realizou-se um estudo de campo num conjunto habitacional localizado próximo à cidade de Campinas/SP. Foram entrevistados especialistas na área de conforto térmico, conforto acústico e acessibilidade. As entrevistas foram utilizadas como insumos para a estruturação de uma hierarquia de objetivos de desempenho e determinação de parâmetros de projeto associados aos objetivos em habitação de interesse social. Do cruzamento dos parâmetros de projeto, foi possível identificar como os objetivos de diferentes dimensões de desempenhos se inter-relacionam. Complementarmente, identificou-se no projeto do conjunto habitacional o atendimento aos objetivos de desempenho estruturados. Esta avaliação focalizou os parâmetros de projeto inter-relacionados, onde se verificou ênfase no atendimento de um desempenho específico em detrimento de outros. Finalmente, associaram-se aos atendimentos de objetivo os níveis de satisfação dos usuários observados por meio de uma Avaliação Pós-Ocupação (APO) no local. Esta associação confirmou insatisfações relativas aos atributos de projeto não atendidos. Desta forma, a estruturação dos objetivos de desempenho facilitou a identificação de atributos mais efetivos para a mensuração e avaliação do desempenho das soluções de projeto e favoreceu a visualização de interações e conflitos entre os objetivos de desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto baseado em desempenho, apoio à tomada de decisão, habitação de interesse social.

ABSTRACT This research proposes the application of a method for structuring multicriteria decision problems in order to structure objectives of different performance dimensions. To validate this method a field research with a housing project located near the city of Campinas / SP was performed. Experts in the field of thermal comfort, acoustic comfort and accessibility were interviewed. The interviews were used as the basis to structure the performance objectives hierarchy. Then the design parameters that relate to these objectives were determined. The intersection of design parameters allowed identifying how the objectives of different dimensions of performance were interrelated. In addition, the housing project was evaluated in terms of compliance to the performance objective hierarchy. This evaluation was restricted to the interrelated performance parameters. This revealed emphasis in the service of a specific performance to the detriment of other. Finally, the noncompliance of design solution was related to user dissatisfaction observe by Post-Occupancy Evaluation study. It was observed that dissatisfaction was related to design objectives not incorporated. The structuring of performance objectives facilitated the identification of attributes most effective for measuring and evaluating the design solutions performance and improved the visualization of interactions and conflicts between performance objectives.

KEYWORDS: Performance-based design, decision-aid, social housing.

¹Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brasil

²Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

³Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

How to cite this article:

LIMA, M. M. X.; BRIGITTE, G. T. N.; CAMPOS, N. D.; RUSCHEL, R. C. A compatibilização de multidesempenhos em projetos baseada na estruturação do problema de decisão. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 103-121, jan./jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.64577>

Fonte de financiamento:
FAPESP.

Conflito de interesse:
Declararam não haver.

Submetido em: 13 nov., 2013
Aceito em: 28 maio, 2014

INTRODUÇÃO

Entende-se que, ao visar à melhoria da qualidade habitacional, há de se considerar a melhoria do desempenho das edificações como um todo. Ocorre que, em se tratando de projeto de edificações, desempenho não é uma medida unidimensional. Ao invés disso, o desempenho global envolve uma complexa rede de inter-relações de variáveis que integram diferentes domínios de interesse. Esta rede se expande para a inter-relação entre os diversos projetistas/especialistas que desenvolvem o projeto.

Cada especialista estabelece os objetivos que o projeto deve atender e seus respectivos critérios de desempenho. Entretanto, muitos dos objetivos de uma dimensão de desempenho conflitam com os de outras dimensões. Além disso, o projeto não é avaliado segundo dimensões específicas individualmente, mas de acordo com seu desempenho global. O projeto é caracteristicamente uma resposta integrada a um problema multidimensional complexo.

Os problemas de projeto são geralmente multidimensionais e interativos, pois as múltiplas dimensões se influenciam mutuamente (LAWSON, 2005). É frequentemente necessário conceber uma solução integrada para todo um conjunto de requisitos inter-relacionados. Cada dimensão é o mesmo problema visto sob diversas óticas (LAWSON, 2005). Diante disto, destaca-se a necessidade de os especialistas identificarem, no início da atividade de projeto, quais os objetivos conflitantes entre as dimensões de projeto consideradas e estabelecerem variáveis que possam ser utilizadas para a avaliação destes objetivos.

Este artigo apresenta os resultados da atividade de estruturação de objetivos com base em um método de apoio à decisão multicritério (*multicriteria decision aid* - MCDA). Para isso foi desenvolvido um estudo de campo para o projeto de um conjunto habitacional próximo à cidade de Campinas.

Por meio de entrevistas com especialistas, foram listados e estruturados os objetivos de desempenho de três dimensões: conforto acústico, conforto térmico e acessibilidade. Posteriormente, foram determinados os parâmetros de projeto que se relacionam a tais objetivos, e identificadas as inter-relações entre dimensões de desempenho por meio dos parâmetros em comum. Este compartilhamento de parâmetros de projeto entre desempenhos pode demandar atenção às soluções conflitantes de projeto. Por isso, torna-se importante a identificação dos parâmetros críticos de projeto de maneira sistematizada.

Complementarmente, foi realizado um cruzamento das informações relativas ao atendimento dos objetivos de desempenho estruturados com o resultado da satisfação dos usuários identificado por meio de Avaliação Pós-Ocupação (APO). Assim, foi possível identificar como as soluções adotadas para determinados parâmetros de projeto influenciaram na avaliação da edificação segundo os valores dos usuários.

O PROJETO MULTIDIMENSIONAL

Um dos principais desafios do projeto baseado em desempenho é o de conciliar os diferentes aspectos de desempenho, em um projeto particular, e agregar diferentes interesses conflitantes de metas de desempenho, de uma maneira que seja criativo e efetivo (KOLAREVIC; MALKAWI, 2005). É importante ressaltar, que os critérios de desempenho não devem ser avaliados individualmente. Muitas vezes, os critérios de uma dimensão de desempenho conflitam com os de outra dimensão. Desta forma, torna-se importante identificar se uma solução de projeto envolve parâmetros inter-

relacionados entre diferentes dimensões de desempenho a fim de mitigar os possíveis conflitos.

O processo de projeto consiste na transformação de informações na forma de requisitos, restrições e experiências em soluções potenciais que o projetista considere que atenda às características de desempenho desejadas (LUCKMAN, 1967). Isso se desenvolve em muitos níveis. Cada nível funciona como um subproblema dentro do problema total, nos quais os estágios de análise, síntese e avaliação são aplicados e um conjunto interconectado de decisões deve ser tomado. Os níveis de projeto, organizados hierarquicamente, vão progredindo desde considerações mais gerais até detalhes mais específicos. Ao se desenvolver um determinado nível, as decisões tomadas servem de insumo para o nível seguinte (LUCKMAN, 1967).

Ainda em cada nível, o problema pode ser subdividido. A questão dos subproblemas de um problema de projeto é tema recorrente e relevante para os pesquisadores de métodos sistemáticos de projeto (ALEXANDER, 1964; ARCHER, 1965; LUCKMAN, 1967), que emergiram a partir da década de 50 dos estudos de metodologia de projeto em diversas áreas (CROSS, 1984). Tais métodos assumem a condição de que a maioria dos problemas de projeto não pode ser entendida sem a operação lógica de quebrá-los em subproblemas que sejam os mais independentes possíveis (LUCKMAN, 1967).

Lawson (2005), mais recentemente, adotou o conceito de multidimensões. Para ele, os problemas de projeto são geralmente multidimensionais e interativos, pois as múltiplas dimensões se influenciam mutuamente. É frequentemente necessário conceber uma solução integrada para todo um conjunto de requisitos inter-relacionados (LAWSON, 2005).

Apesar de uma analogia entre subproblemas e multidimensões ser quase inevitável, ambos surgem de operações lógicas diferentes. Enquanto os subproblemas são resultados de disjunção (separação e categorização das partes de um objeto), as multidimensões são resultados de distinção (O objeto é distinguido de seu contexto sem isolá-lo). Cada dimensão é o mesmo problema visto sob diversas óticas.

Uma parte de um bom design é mais ou menos como um holograma; toda a imagem está em cada fragmento. Muitas vezes não é possível dizer que parte do problema é resolvido através de qual parte da solução (LAWSON, 2005, p. 62).

Assim, não se trata de combinar subsoluções para formar uma solução geral, mas de criar uma solução que satisfaça a todo um conjunto de requisitos inter-relacionados.

Desta forma, é importante identificar de maneira sistematizada como as diferentes dimensões de projeto se inter-relacionam. Com isso, cada especialista passa a relevar o quanto uma determinada solução pode interferir positiva ou negativamente em várias dimensões. Ou seja, além de observar o impacto de uma solução em sua dimensão, o especialista amplia o foco e passa a observar as interações entre as múltiplas dimensões do projeto. Neste momento, terá diante de si, a complexidade do sistema.

APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO E PROCESSO DE PROJETO

O aumento da complexidade dos projetos tem acarretado no aumento da necessidade por especialização. Cada especialista atua com um conhecimento aprofundado em um campo particular, mas frequentemente não conhecem

os efeitos que seus insumos de projetos causam nas outras disciplinas. Além disso, há uma falta de interação entre as especialidades ao longo do processo de projeto. A natureza das trocas de informações é diferente nas várias fases do projeto, não havendo uma transição contínua de uma fase à outra (HOLZER, 2009). Disso surge a necessidade de uma coordenação das várias disciplinas e de um balanceamento entre interesses divergentes.

Parte do problema de lidar com a coordenação e com a transferência de conhecimento entre os profissionais de projeto, está na natureza da troca das informações. Sobre este tema, Holzer (2009) destaca que há uma dificuldade a mais, associada à cultura educacional e profissional de cada especialidade, o que ocasiona diferentes visões de mundo. Em função disso, cada especialista foca em diferentes questões do projeto e atribui a elas níveis diversos de importância.

Kalay (2004) cita, por exemplo, que os arquitetos são educados para serem responsáveis pela distribuição dos espaços e pela especificação de materiais; os engenheiros estruturais, para garantir a resistência à gravidade e às forças laterais, entre outros requisitos de projetos. Esta divisão acarreta em idiosincrasias semânticas, em problemas de linguagem e de notações, que, por sua vez, contribuem para a instabilidade no fluxo de informações entre as disciplinas. Além disso, quanto mais um determinado campo do conhecimento se especializa, maiores tornam-se as barreiras que o separa de outros, o que dificulta a comunicação e a troca de conhecimento com os demais campos (KALAY, 2004).

Modelos flexíveis representando as intenções de projeto permitem que a equipe de projeto compare e avalie soluções levando em conta diversos critérios de desempenho e informe a tomada de decisão em situações complexas de projeto. Métodos de apoio à decisão multicritério auxiliam na decisão da opção mais apropriada dentre um conjunto de alternativas nas quais mais de um critério de desempenho deve ser considerado. Tais métodos utilizam matrizes de decisão para prover uma análise sistematizada que integre níveis de riscos, incertezas e valoração, que possibilitem avaliar e ranquear várias alternativas (LINKOV; STEEVENS, 2008).

Os diferentes métodos de MCDA assemelham-se em seus procedimentos, mas diferenciam-se, sobretudo, na forma como sintetizam os resultados. Alguns deles ranqueiam opções, alguns identificam uma única alternativa ótima, e outros diferenciam entre alternativas aceitáveis e inaceitáveis (LINKOV; STEEVENS, 2008).

Os métodos de MCDA podem variar desde os mais elementares, que reduzem problemas complexos em bases simples para a seleção da alternativa preferida, até outros mais sofisticados, que atribuem escores às alternativas e possibilitam trabalhar com uma maior quantidade delas. Isso resulta em diversas aplicações e cada um se adequa melhor a diferentes tipos de problemas. Roy (1996) classifica os diversos métodos segundo três abordagens: abordagem de critério único de síntese, abordagem de subordinação de síntese e abordagem de julgamento local iterativo.

A abordagem de critério único de síntese emprega escores numéricos para expressar o mérito de cada opção em uma única escala. Os escores são desenvolvidos a partir do desempenho das alternativas em relação a um critério individual. Os escores individuais podem ser somados ou a eles podem ser aplicados mecanismos de ponderação. Esta é a abordagem mais tradicional no apoio à decisão (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). Linkov e Steevens (2008) descrevem alguns métodos dessa abordagem; são eles: teoria de preferência multiatributo (Multiattribute Preference Theory) e processo de análise hierárquica (Analytical Hierarchy Process - AHP).

A teoria de preferência multiatributo consiste em transformar diversos critérios em uma escala comum de valor ou utilidade a fim de maximizá-los. Baixos escores em um critério podem ser compensados por altos escores em outro de maior relevância, por isso é considerada como um método compensatório.

Tal teoria é um termo mais genérico que engloba a teoria de utilidade multiatributo (Multiattribute Utility Theory – MAUT) e a teoria de valor multiatributo (Multiattribute Value Theory – MAVT) (DYER, 2005). Ambas estudam como identificar e quantificar a preferência de um indivíduo sobre um conjunto de alternativas e como construir funções que representem esta preferência. O MAUT explora condições de risco, para tanto, incorpora probabilidades em sua função (denominada função utilidade). O MAVT é utilizado nos casos em que os sujeitos tem que escolher entre alternativas que não envolvam incertezas ou riscos (DYER, 2005).

O AHP assemelha-se ao MAVT quanto a seu objetivo, mas diferencia-se quanto ao método. Em vez de basear-se em ponderações, o AHP utiliza uma comparação quantitativa pareada. Todos os critérios são comparados entre si e compilados em uma matriz. O AHP parte do princípio de que a mente humana é mais capacitada para fazer julgamentos relativos que absolutos. Entretanto críticas a este método rebatem que os resultados da comparação par a par podem não refletir a verdadeira preferência dos atores (LINKOV; STEEVENS, 2008). Um exemplo de utilização de AHP pode ser encontrado em Sampaio (2010), que o utiliza para priorizar os requisitos insatisfatórios de usuários de HIS, identificados em pesquisas de satisfação.

A abordagem da subordinação de síntese (*outranking model*) busca selecionar uma alternativa que atenda a mais critérios que outras. Neste caso, a comparação entre os critérios não considera o quanto uma alternativa atende a mais ou a menos, apenas qual delas atende melhor, o que é definido como relação de subordinação. Por essa característica, os modelos de priorização são considerados parcialmente compensatórios. Nesta abordagem é importante o conceito de limiar de indiferença, que é uma faixa de valores na qual é impossível diferenciar se uma alternativa subordina outra.

A abordagem do julgamento local interativo busca otimizar simultaneamente mais de uma função-objetivo. Os métodos desta abordagem baseiam-se em uma sequência de passos nos quais as funções-objetivo vão sendo propostas e discutidas com os decisores, que, por sua vez, vão alterando suas preferências em um dado critério, até que todas as funções do modelo sejam otimizadas. Segundo Ensslin, Montibeller e Noronha (2001), isso raramente ocorre na prática, pois é muito difícil otimizar um número grande de critérios.

O resultado final da aplicação de uma análise de decisão multicritério é um processo estruturado que liga informações de desempenho técnico com critérios de decisões e ponderações explicitados pelos agentes de decisão. Isso possibilita a visualização e a quantificação das compensações envolvidas no processo de tomada de decisão (LINKOV; STEEVENS, 2008).

As formas convencionais de modelar a tomada de decisão focam na avaliação de alternativas. Entretanto, segundo Keeney (1992), as alternativas são relevantes apenas enquanto meios de se alcançar valores. Assim, o foco principal da tomada de decisão devem ser os valores (*Value-focused Thinking*). Isso significa definir e estruturar os valores fundamentais em termos de objetivos e usar estes objetivos para guiar a tomada de decisão. Para Ensslin, Montibeller e Noronha (2001), essa ação corresponde à etapa de estruturação dos objetivos, no processo de apoio à tomada de decisão.

Percebe-se que, ao aplicar métodos de avaliação multicritério e de apoio à decisão, os estudos focam no produto, ou seja, no resultado da avaliação e da tomada de decisão. Por outro lado, a abordagem *Value-focused Thinking* enfoca o processo decisório. Ou seja, o fim não é apenas a decisão, mas o processo de estruturação do problema de decisão. Por este motivo, na presente pesquisa, utilizou-se a abordagem baseada em valor, proposta por Keeney (1992), para a estruturação do problema de decisão, etapa apresentada no presente artigo.

Essa etapa é uma das atividades do processo de apoio à tomada de decisão no projeto. Estruturar objetivos é uma tarefa importante para definir o contexto decisório e subsidiar o uso de uma modelagem quantitativa. É com base nos objetivos estruturados que se estabelecem os critérios do modelo multicritério de avaliação. Lima e Ruschel (2013) propõem um modelo de como incorporar a modelagem multicriterial de avaliação de soluções na prática de projeto.

ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA DE DECISÃO

A estruturação do problema de decisão consiste na determinação de uma família de Pontos de Vista Fundamentais (PVF's). Estes são os aspectos considerados fundamentais para avaliar as alternativas segundo os valores dos decisores envolvidos. Os PVF's emergem sob a forma de metas, objetivos, características ativas e consequências das alternativas (BANA E COSTA; BEINAT, 2010). Segundo Ensslin, Montibeller e Noronha (2001), o conceito de ponto de vista corresponde ao conceito de objetivo, proposto por Keeney (1992). Assim, neste texto, utilizar-se-á o termo “*objetivo*”, para se referir ao conceito de ponto de vista.

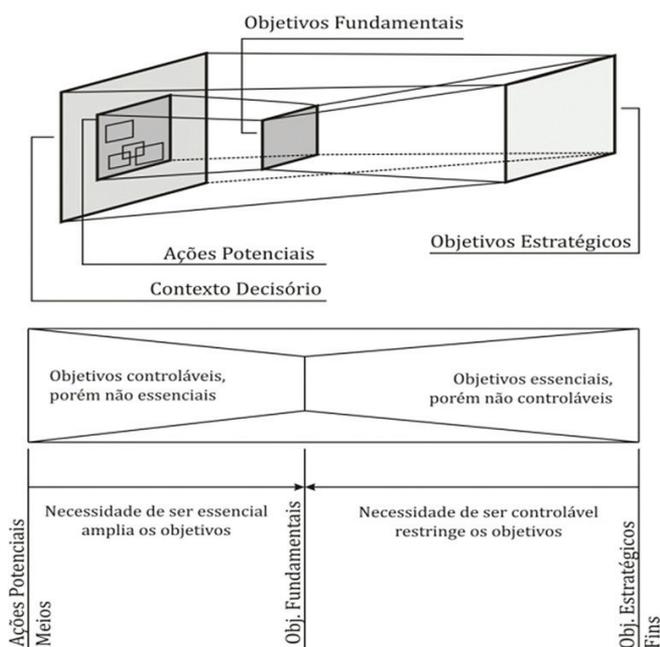
Os objetivos podem ser divididos em objetivos fundamentais (*fundamental objectives*) e objetivos-meios (*means objectives*). Ao se perguntar por qual motivo um determinado objetivo é importante, a resposta pode ser simplesmente porque ele é uma razão essencial de interesse em uma situação. Neste caso, este é um candidato a objetivo fundamental. Por outro lado, um objetivo pode ser importante por causa de suas implicações em outro objetivo. Sendo assim, esse é um candidato a objetivo-meio (KEENEY, 1992).

É importante que os objetivos sejam essenciais e controláveis (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). A essencialidade diz respeito à importância de um objetivo dentro do sistema de valores dos decisores. A controlabilidade é a capacidade de um objetivo ser influenciado apenas pelas ações potenciais em questão.

A Figura 1 ilustra a relação entre os objetivos de uma decisão e seu contexto decisório. De um lado, o decisor tem um contexto decisório, com o conjunto de alternativas disponíveis aos decisores. Do outro lado, os decisores têm seus objetivos definidos por seus sistemas de valores.

Os objetivos estratégicos estabelecem as bases da tomada de decisão, entretanto eles ainda são muito vagos para serem utilizados. Na terminologia de Keeney (1992), os objetivos estratégicos não são objetivos mesmo. Trata-se de uma

Figura 1. Objetivos fundamentais no quadro do contexto decisório. Fonte: adaptado de Keeney (1992, p. 84)



declaração de valores que precisam ser interpretados para serem utilizados. À medida que se interpretam os objetivos estratégicos, eles ganham controlabilidade e são especificados na forma de objetivos fundamentais.

De acordo com Keeney (1992), uma das formas de estruturar objetivos é por meio da construção de uma árvore de objetivos. A árvore de objetivos tem a finalidade de identificar atributos para indicar com que grau os objetivos estão sendo alcançados. Ou seja, indica um conjunto de objetivos sobre os quais os atributos devem ser definidos. Na estrutura arborescente, os objetivos são organizados de modo que os objetivos do nível abaixo especificam o sentido do objetivo nível acima. Um é parte do outro. A pergunta é: “o que significa?”, ou “que aspectos disso são importantes?”. Então, a árvore vai se ramificando até chegar a um nível em que os atributos possam ser encontrados.

Os atributos servem para descrever quantitativamente ou qualitativamente o desempenho de cada objetivo no contexto em análise. Os atributos, também chamados na literatura por critérios de mensuração ou descritores de impacto, são um conjunto de níveis de impacto, que são representações do desempenho (impacto) de uma alternativa em um objetivo. De acordo com Ensslin, Montibeller e Noronha (2001, p. 146), os atributos servem para:

- auxiliar na compreensão de o que os decisores estão considerando;
- tornar um objetivo mais inteligível;
- permitir a geração de ações de aperfeiçoamento;
- possibilitar a construção de escalas de preferências;
- permitir a mensuração do desempenho de ações em um objetivo;
- auxiliar a construção de um modelo global de avaliação.

Percebe-se, então, que a identificação dos atributos tem uma função que vai além da construção de um modelo de avaliação quantitativa. Sobretudo, identificar atributos, no contexto de estruturação do problema de decisão, significa especificar os valores dos decisores envolvidos.

APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO NO PROCESSO DE PROJETO

Métodos de avaliação multicritério têm sido utilizados, em se tratando do processo de projeto arquitetônico, para a avaliação de soluções de projeto. Isso ocorre quando há mais de uma solução e visa-se a avaliar qual delas atende melhor a determinados requisitos de projeto.

Rosen (2003), por exemplo, desenvolveu um modelo de apoio à decisão multicritério para avaliar resultados de simulação baseado nas preferências do usuário final. Em um contexto semelhante, Malkawi et al. (2005) desenvolveram um sistema de apoio à decisão para avaliação térmica e de ventilação em alternativas de projeto. Neste caso, o projetista estabeleceu metas de desempenho e desenvolveu um algoritmo capaz de gerar possíveis formas. Uma ferramenta de simulação baseada em dinâmica dos fluidos avaliava as alternativas com base nas metas estabelecidas. Os resultados obtidos retroalimentavam o algoritmo a fim de otimizar a forma e obter melhores resultados de desempenho.

Uma das abordagens utilizadas para o apoio à decisão em projeto arquitetônico é a do projeto axiomático. Por meio desta abordagem, as soluções de projeto são avaliadas segundo parâmetros de projeto que satisfaçam a requisitos funcionais. Kowaltowski et al. (2003), baseados nesta abordagem, desenvolveram um modelo de avaliação de projetos de habitações de interesse social.

Ao se expandir o contexto para toda a indústria da construção civil, encontram-se outras formas de aplicação de métodos de avaliação

multicritério. Como exemplo, Khosrowshahi e Howes (2005) propuseram um sistema de apoio à decisão para assistir à tomada de decisão gerencial na construção e torná-la mais efetiva. Por meio desse sistema, a decisão passou a ser tomada de forma integrada com base em informações provenientes de diversos setores da organização. Kainuma e Tawara (2006), por sua vez, utilizaram a abordagem da teoria de utilidade multiatributo para avaliar o desempenho de cadeia de suprimentos da construção.

Percebe-se que, ao aplicar métodos de avaliação multicritério e de apoio à decisão, os estudos focam no produto, ou seja, no resultado da avaliação e da tomada de decisão. Por outro lado, a presente pesquisa foca no estudo do processo. Ou seja, o fim não é apenas a decisão, mas o processo de estruturação do problema de decisão. Neste processo, com o apoio da abordagem multicritério, promove-se o compartilhamento de valores entre especialistas, identificam-se conflitos e discutem-se possíveis soluções.

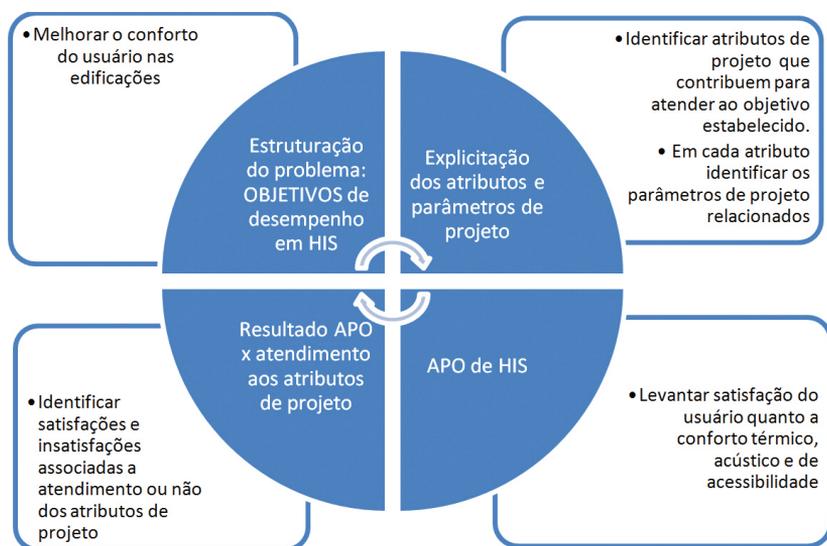
Na situação do processo de projeto, os objetivos relacionam-se aos requisitos de projeto estabelecidos na etapa de análise. Ao se buscar a compatibilização de múltiplas dimensões de desempenho, diferentes projetistas devem estabelecer seus objetivos, que serão estruturados para apoiar a etapa de síntese e a tomada de decisão na etapa de avaliação das alternativas de projeto.

Na atividade de projeto o processo decisório ocorre ao longo de todo o processo de projeto. Por isso, visa-se utilizar o método de apoio à decisão não apenas para a avaliação de possíveis soluções, mas, sobretudo, como suporte à análise e síntese de alternativas de projeto. Para isso, adotou-se a atividade de estruturação do problema de decisão como uma das etapas de análise da atividade de projeto, com a função não apenas de prover as bases para a avaliação, mas também para identificar interesses conflitantes de objetivos de desempenho.

ESTUDO DE CAMPO

Para avaliar a viabilidade de utilização do método de estruturação de problemas de decisão como uma das etapas da atividade de análise do projeto, foi desenvolvido um estudo de campo (Figura 2) para o projeto de um conjunto habitacional próximo à cidade de Campinas. Realizou-se a estruturação do problema para o desempenho do projeto quanto às dimensões de conforto

Figura 2. Delineamento do estudo de campo. Fonte: O autor.



térmico, conforto acústico e acessibilidade.

Identificaram-se as relações entre as dimensões de desempenho por meio de uma análise da árvore de objetivos e dos atributos e parâmetros relacionados aos objetivos. Realizou-se paralelamente uma Avaliação Pós-Ocupação no conjunto habitacional considerando aspectos de satisfação do usuário nestas mesmas dimensões. Finalmente, fez-se um cruzamento

entre satisfações dos usuários e atendimento aos atributos de projeto inter-relacionados relativos aos desempenhos selecionados.

Delimitou-se que os objetivos a serem estruturados deveriam ser aqueles a serem considerados na fase de estudo conceitual do projeto. Considerou-se estudo conceitual a fase inicial de projeto, na qual são definidos aspectos da volumetria geral do edifício tais como forma, implantação e orientação. Também são definidos o programa e o sistema construtivo das edificações.

Para a coleta das informações relativas aos objetivos de projeto e aos atributos a eles relacionados, entrevistaram-se três especialistas (um de cada dimensão de desempenho). Os especialistas são professores da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP).

Após a realização das entrevistas, procedeu-se uma análise de conteúdo dos dados coletados para identificar os objetivos de projeto de cada dimensão de desempenho, apontados por cada especialista. Depois de identificados os objetivos, procedeu-se a construção da árvore de objetivos fundamentais de acordo com o método proposto por Keeney (1992).

Em seguida, foram identificados e estabelecidos os atributos de mensuração dos objetivos. Para tanto, utilizaram-se os dados das entrevistas com os especialistas e um levantamento em normas (NBR15575 e NBR 9050) e referências bibliográficas sobre os temas. É importante destacar que as normas relativas aos desempenhos em questão devem ser consideradas pelo menos como critérios mínimos; entretanto, elas não devem ser a única referência a ser considerada ao se estabelecerem atributos. Em vez disso, deve-se notar o sistema de valores específico do contexto em questão. Assim, cada projeto poderá ter diferentes estruturas de objetivos, com diferentes atributos, dependendo do contexto em que se inserem.

Para a identificação das relações entre as dimensões de desempenho, procedeu-se uma análise da árvore de objetivos e dos atributos. Para cada atributo foi associado um parâmetro de projeto, sendo que cada parâmetro podia estar associado a mais de um atributo. Os parâmetros de projeto foram identificados por Brígite (2013) também sobre as entrevistas realizadas com os especialistas. Da intersecção de parâmetros foi possível identificar as relações entre as dimensões de desempenho.

Em seguida, compilaram-se as informações de satisfação dos moradores do conjunto habitacional em foco, coletadas por meio da APO. Ao final, identificou-se se a solução de projeto adotada para cada um dos parâmetros era favorável ou não a cada uma das dimensões de desempenho avaliadas e qual a relação com os níveis de satisfação identificados.

RESULTADOS

ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

Os objetivos fundamentais de projeto, identificados por meio das entrevistas com os especialistas, para o contexto de projeto em questão, foram estruturados na forma de árvore de objetivos (Figura 3). Outros objetivos além desses foram identificados, porém não foram considerados objetivos fundamentais, pois não atendiam às condições de essencialidade e controlabilidade. Por este motivo, tais objetivos não integram a árvore de objetivos. Como explanado na seção 3.1, é sobre os objetivos fundamentais que devem ser estabelecidos os atributos.

Muitos dos objetivos de projeto são objetivos-meios, ou seja, são formas de alcançar os objetivos fundamentais. Por exemplo, sobre conforto acústico,

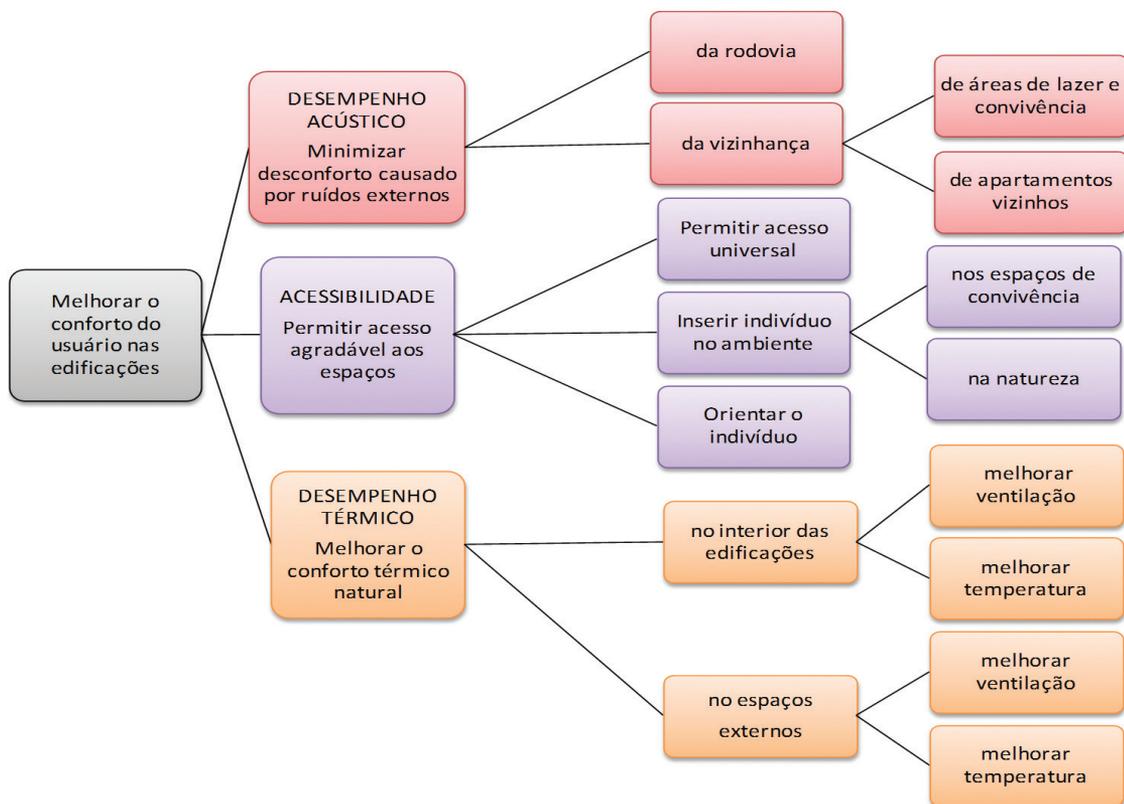


Figura 3. Estrutura de árvore de objetivos fundamentais. Fonte: o autor.

foram citados pelo especialista como alguns dos objetivos: aumentar espessura de paredes, proteger quartos de ruídos, implantar edifícios de modo a fazerem sombra acústica entre eles e proteger fonte de ruídos por barreiras visuais. Entretanto, tais objetivos citados foram considerados objetivos meios de se alcançar o objetivo fundamental de minimizar desconforto causado por ruídos externos.

Apesar de não serem objetivos fundamentais de projeto, os objetivos-meios devem ser identificados. Eles auxiliam o projetista, durante o desenvolvimento das soluções de projeto, no alcance dos objetivos fundamentais e, além disso, podem ser utilizados como atributos indiretos de mensuração. Isso ocorre quando não há uma propriedade direta de mensuração do objetivo ou quando essa propriedade é de difícil mensuração.

Para a estrutura explicitada na Figura 3, é importante destacar que muitas outras dimensões de desempenhos poderiam ser consideradas para o alcance do objetivo de melhorar o conforto do usuário da edificação. Entretanto, delimitou-se o trabalho em torno das dimensões de desempenho relativas aos especialistas envolvidos no projeto.

EXPLICITAÇÃO DOS ATRIBUTOS E PARÂMETROS DE PROJETO

A partir das árvores de objetivos, foram estabelecidos os atributos de projeto. Destaca-se que os atributos devem ser estabelecidos para os objetivos do nível mais abaixo da hierarquia da árvore de objetivos. A escolha dos atributos para cada objetivo está diretamente relacionada aos valores dos decisores e ao contexto de projeto em questão. Um mesmo objetivo pode ter diferentes atributos, mas cada um deles pode representar diferentes aspectos do objetivo. Foram denominados parâmetros as diferentes variáveis de projeto que atuam como fatores de influência dos atributos.

Os parâmetros foram identificados a partir das entrevistas com os especialistas relacionando-se os termos que melhor caracterizavam cada resposta e identificando-se a recorrência ou não destes termos entre entrevistas. Desta análise extraiu-se o conjunto global de fatores de influência (parâmetros de projeto) e sua recorrência entre diferentes escopos de avaliação de desempenhos, apresentado no Quadro 1.

A cada atributo foi associado um parâmetro, conforme indicado no Quadro 2.

Os atributos também podem guiar diretrizes de projeto. Isso ocorre quando os mesmos são definidos a partir de objetivos-meios, como citado na seção 5.1. Por exemplo, um dos atributos para se verificar a melhoria da ventilação nos espaços externos é a velocidade do vento. Assim, diferentes níveis de velocidade do vento podem indicar diferentes níveis de conforto térmico. Entretanto, mesmo com o apoio de simulações, em algumas situações de projeto, pode não ser possível mensurar tal atributo. Em casos como este, pode-se recorrer aos objetivos-meios para construir um atributo. Para este exemplo, uma das formas de se alcançar a melhoria da ventilação nos espaços externos é implantar as edificações de maneira a permitirem a formação de corredores de ventilação. Assim, a implantação das edificações pode passar a ser um atributo indireto, que, por sua vez, é diretriz de projeto.

A estrutura de objetivos com seus respectivos atributos formam a base para uma avaliação quantitativa de soluções projetuais. No caso da presente pesquisa, buscou-se utilizar esta estrutura para a identificação de inter-relações entre as dimensões de desempenho. Isso foi feito por meio da identificação de inter-relações entre os parâmetros de projeto.

INTER-RELAÇÕES ENTRE DIMENSÕES DE DESEMPENHO

Na Figura 4, é apresentada a estrutura que relaciona os parâmetros de projeto às dimensões de desempenho analisadas no presente estudo. Esta estrutura resultou da análise dos parâmetros apresentados no Quadro 2. Por

Quadro 1. Parâmetros necessários para avaliação de desempenho em projetos.

PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA AVALIAÇÃO	Acústico	Térmico	Acessibilidade
Aberturas (Ab.)	1	1	1
Coberturas (Cb.)	0	1	0
Condições Climáticas (Cc.)	0	1	0
Acessos (Ac.)	0	0	1
Espaçamento entre edifícios (Eef.)	0	1	0
Entorno (Et.)	1	1	0
Fonte de luz artificial (Fa.)	0	1	0
Fonte de ruído externo (Fe.)	1	0	0
Fonte de ruído interno (Fi.)	1	0	0
Fonte de luz natural (Fn.)	0	1	0
Geometria (Ge.)	1	1	1
Materiais (Mt)	1	1	1
Orientação (Ot.)	1	1	0
Topografia (Tp.)	0	1	1
Volumetria (Vl.)	1	1	1
TOTAL	8	12	6

Fonte: adaptado de Brigitte (2013, p. 89).

Quadro 2. Atributos e parâmetros de projeto relativos aos objetivos.

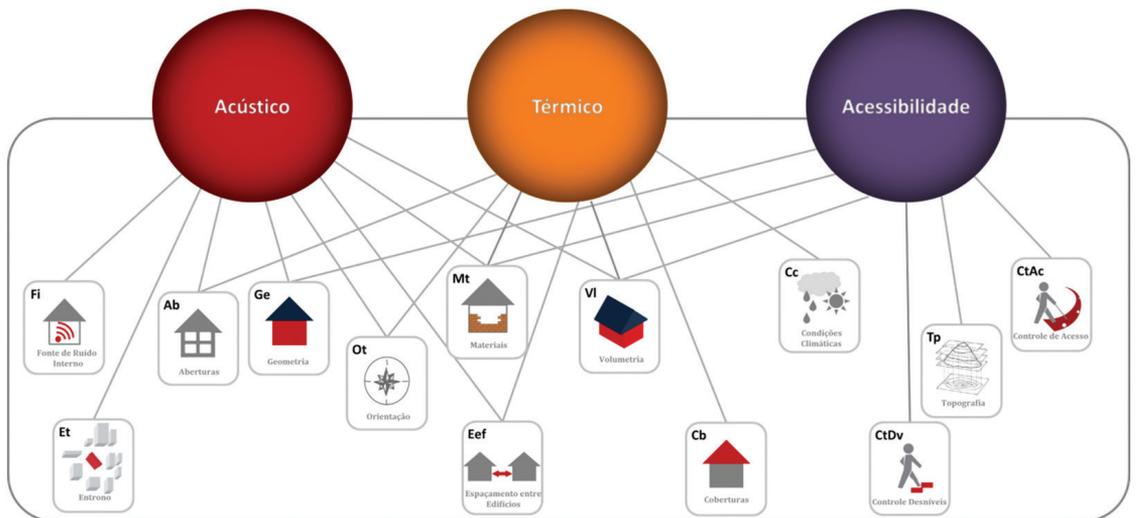
Objetivos	Atributos	Parâmetros	
Minimizar desconforto causado por ruídos externos provenientes	da rodovia	Ângulo da edificação relativo à rodovia	Ot - Orientação
		Distância entre a edificação e a rodovia	Ge - Geometria
		Altura da edificação	VI - Volumetria
		Presença de barreiras acústicas e visuais	Et - Entorno
		Dimensão das aberturas / Posição das aberturas	Ab - Aberturas
		Isolamento de som do material da fachada/ Isolamento de som do material das aberturas	Mt - Materiais
		Intensidade / Direção da fonte de ruído	Fe - Fonte de Ruído Externo
	da vizinhança de áreas de lazer e convivência	Direção entre fontes de ruído e edificação	Ot - Orientação
		Forma e Dimensionamento da volumetria da edificação	VI - Volumetria
		Presença de barreiras acústicas e visuais	Et - Entorno
		Dimensão das aberturas / Posição das aberturas	Ab - Aberturas
		Absorção de som dos materiais das áreas externas	Mt - Materiais
		Intensidade / Direção da fonte de ruído	Fi - Fonte de Ruído Interno
		Intensidade / Direção da fonte de ruído	Fe - Fonte de Ruído Externo
	de apartamentos vizinhos	Proximidade entre edificações vizinhas	Eef - Espaço entre edifícios
		Forma da edificação	Ge - Geometria
		Presença de barreiras acústicas e visuais	Et - Entorno
		Dimensão das aberturas / Posição das aberturas	Ab - Aberturas
		Isolamento de som do material da fachada/ Isolamento de som do material das aberturas	Mt - Materiais
		Intensidade / Direção da fonte de ruído	Fi - Fonte de Ruído Interno
		Intensidade / Direção da fonte de ruído	Fe - Fonte de Ruído Externo
Permitir acesso agradável aos espaços	Permitir acesso universal	Altura máxima das edificações	VI - Volumetria
		Largura mínima dos passeios	Ge - Geometria
		Desníveis máximos a serem percorridos	Tp - Topografia
		Quantidade e localização de acessos	CtAc - Controle de Acessos
		Altura máxima dos degraus / Inclinação máxima das rampas	CtDv - Controle de Desníveis
	Texturas mínimas adequadas	Mt - Materiais	
	Inserir indivíduo no ambiente nos espaços de convivência	Organização dos objetos	VI - Volumetria
		Mínimas distâncias percorridas	Ge - Geometria
		Relevo suave	Tp - Topografia
		Quantidade e localização de acessos	CtAc - Controle de Acessos
Altura máxima dos degraus / Inclinação máxima das rampas		CtDv - Controle de Desníveis	
Texturas mínimas adequadas	Mt - Materiais		
na natu-reza	Relevo suave / Presença de vegetação nos caminhos	Tp - Topografia	
	Texturas mínimas adequadas / Cores e cheiros indicativos da direção	Mt - Materiais	
Orientar o indivíduo	Mínimas distâncias percorridas	Ge - Geometria	
	Quantidade e localização de acessos	CtAc - Controle de Acessos	
	Texturas mínimas adequadas / Indicação de direções	Mt - Materiais	

Fonte: O autor.

Quadro 2. Continuação...

Objetivos	Atributos	Parâmetros		
Melhorar o conforto térmico natural no interior das edificações através de	ventilação	Ângulo da edificação relativo ao sentido dos ventos	Ot - Orientação	
		Distância máxima entre os vãos das aberturas / Alturas mínimas do pé-direito dos pavimentos	VI - Volumetria	
		Forma da coberta	Cb - Coberturas	
		Dimensionamento mínimo / Posicionamento adequado	Ab - Aberturas	
		Texturas adequadas	Mt - Materiais	
	Tempe-ratura	Ângulo da edificação relativo ao percurso do sol	Ot - Orientação	
		Materiais adequados	Cb - Coberturas	
		Dimensionamento mínimo / Posicionamento adequado	Ab - Aberturas	
		Absorção mínima	Mt - Materiais	
nos espaços externos através de	ventilação	Implantação das edificações formando corredores que favoreça o sentido dos ventos	Ot - Orientação	
		Velocidade do vento	Cc - Condições Climáticas	
		Distâncias adequadas / Volume mínimos	Eef - Espaço entre edifícios	
	temperatura	Corredores projetados em um ângulo que favoreça o sentido ideal do sol	Ot - Orientação	
		Temperatura adequada	Cc -Condições Climáticas	
		Distâncias adequadas / Volume mínimos	Eef - Espaços entre edifícios	
		Absorção térmica mínima	Mt - Materiais	

Fonte: O autor.



meio desta estrutura apresentada, é possível identificar quais dimensões de desempenho mais se relacionam e por meio de quais parâmetros de projeto.

Neste caso, foi possível identificar que os parâmetros “materiais (Mt.)” e “volumetria (VI.)” têm influência direta com as três dimensões de desempenho analisadas. Assim, as decisões de projeto relacionadas a estes parâmetros são críticas para o desempenho global da solução de projeto.

Figura 4. Estrutura de inter-relações. Fonte: O autor.

Outros parâmetros também influenciam mais de uma dimensão de desempenho. Assim, é possível identificar a relação entre as dimensões “Conforto Acústico (Ac.)” e “Conforto Térmico (Te.)” por meio dos parâmetros “materiais (Mt.)”, “volumetria (Vl.)”, “aberturas (Ab.)”, “orientação (Ot.)” e “espaço entre edifícios (Eef.)”; entre as dimensões “Conforto Acústico (Ac.)” e “Acessibilidade (Ace.)” por meio dos parâmetros “materiais (Mt.)”, “volumetria (Vl.)” e “geometria (Ge.)”; e entre as dimensões “Conforto Térmico (Te.)” e “Acessibilidade (Ace.)” por meio dos parâmetros “materiais (Mt.)” e “volumetria (Vl.)”.

CRUZAMENTO DAS INTER-RELAÇÕES DE DESEMPENHOS COM LEVANTAMENTO DE SATISFAÇÃO EM CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL

Foi realizado no primeiro semestre de 2012 um estudo de Avaliação Pós-Ocupação (APO) no conjunto habitacional Campinas-F (FUJIMORI, 2012). Como a presente pesquisa foi realizada após a construção e ocupação do conjunto habitacional em estudo, não se conhece a estrutura de objetivos utilizada no processo de projeto deste conjunto habitacional. Entretanto, os níveis de satisfação levantados podem ser indicativos do atendimento ou não aos objetivos estruturados pela presente pesquisa e apresentados na Figura 2.

O conjunto habitacional Campinas F fica localizado no Jardim Aparecida na zona noroeste de Campinas – SP. É um empreendimento da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU), composto por seis quadras com blocos de apartamentos, uma quadra com escola e uma quadra central com campo de futebol e espaço de captação temporária de águas pluviais. Os prédios de apartamento são em formato H com 4 apartamentos por pavimento e 4 pavimentos (térreo mais três). Cada prédio contém 16 apartamentos. Cada quadra contém 10 prédios. Ao total o conjunto habitacional inclui 928 apartamentos. Os apartamentos são compostos por sala, 2 quartos, cozinha, banheiro e área de serviço. A Figura 5 mostra a localização do conjunto na cidade, a configuração das quadras e a planta do pavimento no formato H.



Figura 5. Conjunto habitacional Campinas-F no Jardim Aparecida na zona noroeste de Campinas: localização na cidade, configuração das quadras, planta do andar. Fonte: O autor.

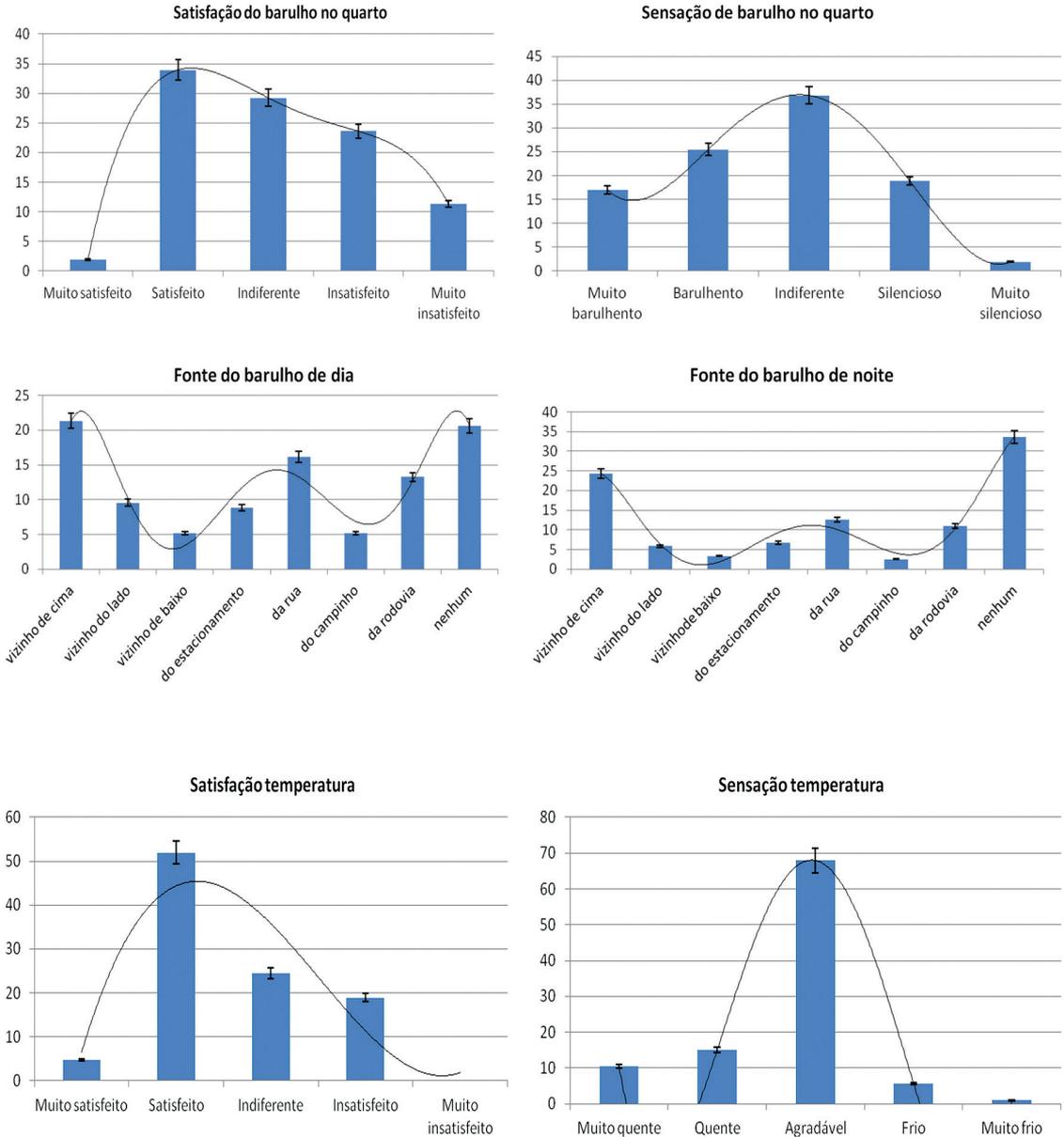
A APO no Campinas-F foi processada nos níveis investigativo e indicativo (de curto prazo) e abordou desempenhos ambientais, funcionais e tecnológicos. Foram aplicados questionários em 160 apartamentos, abrangendo aproximadamente 12% dos apartamentos do conjunto habitacional. Dos apartamentos investigados 50% tinham orientação dos quartos para o leste e 50% para o oeste; $\frac{1}{4}$ dos apartamentos eram térreos, $\frac{2}{4}$ estavam em andares intermediários e $\frac{1}{4}$ eram apartamentos de cobertura.

Os moradores entrevistados pronunciaram-se discretamente insatisfeitos com relação ao conforto acústico nos quartos, indicando a sensação de barulho no quarto como, em média, barulhento. A fonte do barulho é

apontada vinda do vizinho de cima, da rua ou rodovia e do estacionamento da quadra. O vizinho do lado também é apontado como fonte de ruído. A Figura 6 exemplifica estes resultados.

Os moradores entrevistados pronunciaram-se satisfeitos com o conforto térmico nos quartos. A grande maioria classificou a sensação de temperatura no quarto como agradável. A Figura 7 exemplifica estes resultados.

Figura 6. Resultados da APO no Conjunto habitacional Campinas-F quanto ao desempenho acústico nos quartos do apartamento. Fonte: Fujimori (2012).



Os moradores entrevistados pronunciaram-se satisfeitos na questão de acessibilidade ao apartamento, cujo único acesso é por meio de escadas (exceto para os apartamentos no térreo). Entretanto, uma parcela significativa considera difícil ou muito difícil chegar ao apartamento carregando algo ou alguém. A Figura 8 exemplifica estes resultados. Pode-se inferir que em condições de trânsito usual a acessibilidade é satisfatória. Entretanto, carregando-se uma compra, por exemplo, a acessibilidade é insatisfatória.

Figura 7. Resultados da APO no Conjunto Habitacional Campinas-F quanto ao desempenho térmico nos quartos do apartamento. Fonte: Fujimori (2012).

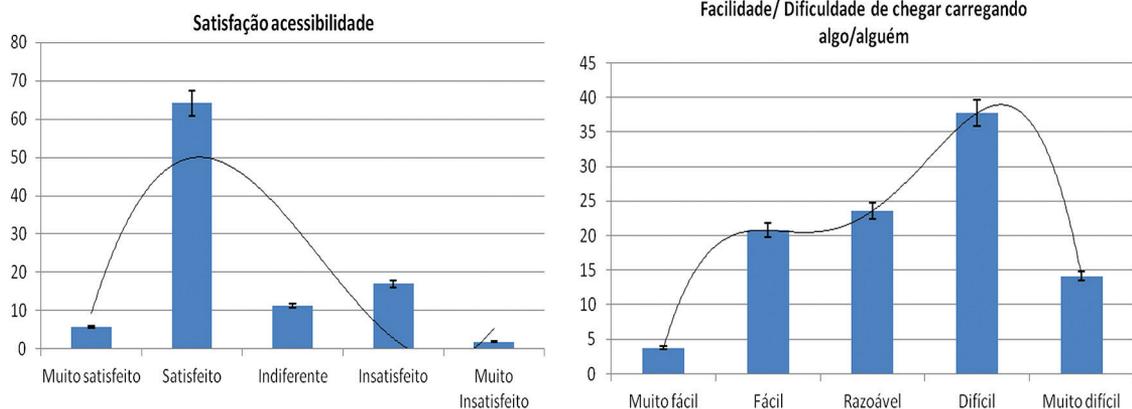


Figura 8. Resultados da APO no Conjunto habitacional Campinas-F quanto a acessibilidade ao apartamento. Fonte: Fujimori (2012).

Quanto aos materiais utilizados na construção e no acabamento dos apartamentos, os moradores entrevistados mostraram-se insatisfeitos. A quase totalidade realizou alguma reforma em seu apartamento. A Figura 9 exemplifica este resultado. Este resultado demonstra que se o objetivo estruturador da solução de projeto foi baixo custo da construção, este teve impacto negativo para o usuário.

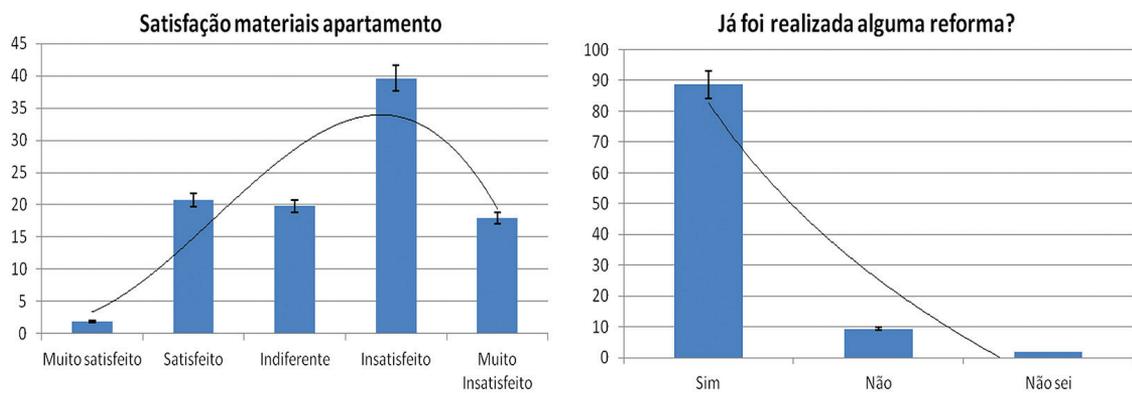


Figura 9. Resultados da APO no Conjunto habitacional Campinas-F quanto ao desempenho dos materiais. Fonte: Fujimori (2012).

Avaliando-se a condição de atendimento aos parâmetros de projeto associados aos objetivos de desempenho acústico, térmico e de acessibilidade estabelecidos (Quadro 3) entre os parâmetros inter-relacionados verifica-se favorecimento ao objetivo de desempenho térmico em detrimento dos demais. Esta análise é coerente com os níveis de satisfação observados no estudo de APO.

Quadro 3. Condições de atendimento do Campinas-F aos objetivos estruturados.

PARÂMETRO	CONDIÇÕES DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS POR MEIO DOS PARÂMETROS		
	ACÚSTICO	TÉRMICO	ACESSIBILIDADE
ABERTURAS (AB)	DESAVORÁVEL para minimizar o desconforto causado por ruídos da rodovia e de áreas de lazer e convivência	FAVORÁVEL para melhorar o conforto térmico natural no interior da edificação por meio da ventilação	
GEOMETRIA (GE)	DESAVORÁVEL para minimizar o desconforto causado por ruídos da rodovia e dos vizinhos		DESAVORÁVEL para inserir o indivíduo no ambiente pelas distâncias mínimas percorridas

Quadro 3. Continuação...

PARÂMETRO	CONDIÇÕES DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS POR MEIO DOS PARÂMETROS		
	ACÚSTICO	TÉRMICO	ACESSIBILIDADE
ORIENTAÇÃO (OT)	DESFAVORÁVEL para minimizar o desconforto causado por ruídos da rodovia e área de lazer	FAVORÁVEL para melhorar o conforto térmico natural no interior da edificação por meio da ventilação	
MATERIAIS (MT)	DESFAVORÁVEL para minimizar o desconforto causado por isolamento ou absorção de sons	FAVORÁVEL para melhorar o conforto térmico natural no interior da edificação por meio de texturas adequadas e absorção da térmica	Não foi observado na APO
ESPAÇO ENTRE EDIFÍCIOS (EEF)	DESFAVORÁVEL para minimizar o desconforto por proximidade entre edificações	FAVORÁVEL para melhorar o conforto térmico nos espaços externos pelas distâncias adequadas	
VOLUMETRIA (VL)	DESFAVORÁVEL para minimizar o desconforto causado por ruídos externos pela altura das edificações, por áreas de lazer pela forma do prédio	FAVORÁVEL para melhorar o conforto térmico no interior das edificações por meio da ventilação nas distâncias máximas entre os vãos das aberturas e alturas mínimas de pés-direitos	DESFAVORÁVEL para permitir acesso universal

CONCLUSÕES

Em situações de projeto com o envolvimento de muitos intervenientes, com valores distintos e interesses muitas vezes conflitantes, é fundamental a utilização de um mecanismo que auxilie na compatibilização dos objetivos de projeto.

O presente estudo propôs a incorporação de um método de apoio à decisão multicritério ao processo de projeto. No estudo de campo desenvolvido, observou-se que a etapa de estruturação do problema de decisão provê, além das bases para uma avaliação quantitativa de soluções de projetuais, a identificação das inter-relações entre dimensões de desempenho.

Partindo-se da ideia de que uma solução de projeto não é formada pela soma de subsoluções de suas partes, a identificação destas inter-relações facilita a tomada de decisão sobre parâmetros de projeto que se associam a diversas soluções de desempenho. Por meio da identificação de tais parâmetros, então, pode-se chegar a uma solução global de projeto que seja consensualmente válida para as dimensões de desempenho envolvidas. Ou seja, em situações de projeto, após serem identificados de modo sistematizado os parâmetros críticos, estes devem ser discutidos entre os especialistas a fim de se identificar a solução de projeto que melhor atenda a todas as dimensões de projeto afetadas por tais parâmetros.

Para o caso do conjunto habitacional estudado na presente pesquisa identificou-se que os parâmetros “Materiais” e “Volumetria” são os que influenciam as três dimensões de desempenho consideradas no estudo. Assim, espera-se que as soluções de projeto adotadas para ambos sejam as mais favoráveis possíveis.

Entretanto, constatou-se que a solução adotada para o parâmetro “Materiais” não foi favorável para a dimensão de conforto acústico e que

o mesmo é alvo de insatisfação entre os usuários entrevistados. Quanto ao parâmetro “Volumetria”, constatou-se que a solução foi desfavorável para as dimensões de conforto acústico e acessibilidade.

Desta forma, concluiu-se que, para o caso estudado, foram privilegiadas soluções de projeto que atendessem favoravelmente ao desempenho térmico em detrimento das outras dimensões de desempenho consideradas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos especialistas que participaram da aplicação desta pesquisa; à FAPESP, pelo apoio à pesquisa de doutorado associada a este artigo (Processo 2011/17302-4); e à FINEP e ao CNPq, pela concessão de bolsa de iniciação científica para suporte ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C. **Notes on the synthesis of form**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- ARCHER, L. B. Systematic method for designers, 1965. In: CROSS, N. (Ed.) **Developments in design methodology**. Chichester: John Wiley & Sons, 1984. p. 57-82. PMID:10268545.
- BANA E COSTA, C.; BEINAT, E. **Estruturação de modelos de análise multicritério de problemas de decisão pública**. Lisboa: Centro de Estudos de Gestão, Instituto Superior Técnico, 2010. (Working Paper, n. 3).
- BRÍGITTE, B. T. N. **Integração de desempenho na avaliação de projeto: modelo de informação e simulação computacional na etapa de concepção**. 2013. 255 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade)- Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
- CROSS, N. (Ed.) **Developments in design methodology**. Chichester: John Wiley & Sons, 1984.
- DYER, J. S. MAUT: Multiattribute utility theory, 2005. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Ed.) **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. Boston: Springer Science + Business Media, 2005. p. 265-275.
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.
- FUJIMORI, M. I. B. **Resultados da avaliação pós-ocupação no conjunto habitacional Campinas - F**. Campinas, 2012. 84 f. Monografia (Iniciação Científica)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- HOLZER, D. **Sense-making across collaborating disciplines in the early stages of architectural design**. 2009. 300 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Design)-RMIT University, Melbourne, Australia, 2009.
- KALAY, Y. E. **Architecture's new media: principles, theories, and methods of computer-aided design**. Cambridge: MIT Press, 2004.
- KAINUMA, Y.; TAWARA, N. A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 101, n. 1, p. 99-108, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.05.010>
- KEENEY, R. L. **Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking**. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- KHOSROSHAHI, F.; HOWES, R. A framework for strategic decision-making based on a hybrid decision support tools. **IToon**, n. 10, p. 111-124, 2005.
- KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. **Performative architecture: beyond instrumentality**. New York: Spon Press, 2005.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Creating an axiomatic evaluation method of low income housing projects in the State of São Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON METHODOLOGIES IN HOUSING RESEARCH, 2003, Stockholm, Sweden. **Proceedings...** 2003. 18 p.

LAWSON, B. **How designers think:** the design process demystified. Oxford: Architectural Press, 2005.

LIMA, M. M. X.; RUSCHEL, R. C. Proposition of an architectural design process model based on a constructivist decision support approach. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION - IGLC, 21., 2013, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: Federal University of Ceara, 2013. p. 399-407. (v. 1).

LINKOV, I.; STEEVENS, J. Multi-criteria decision analysis. In: KENNETH, H. H. (Ed.) **Cyanobacterial harmful algal blooms:** state of the science and research needs. New York: Springer, 2008. (Advances in Experimental Medicine and Biology, v. 619).

LUCKMAN, J. An approach to the management of design, 1967. In: CROSS, N. (Ed.) **Developments in design methodology.** Chischester: John Wiley & Sons, 1984. p. 85-97.

MALKAWI, A. M. et al. Decision support and design evolution: integrating genetic algorithms, CFD and visualization.

Automation in Construction, Amsterdam, n. 14, p. 33-44, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2004.06.004>

ROSEN, S. L. **Automated simulation optimization of systems with multiple performance measures though preference modeling.** 2003. 178 f. Tese (Doutorado)-Pennsylvania State University, Pennsylvania, 2003.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding.** Dordrecht: Kluwer, 1996. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-2500-1>

SAMPAIO, J. C. S. **Proposição de um modelo de retroalimentação da gestão do processo de projeto a partir de medições de satisfação de clientes.** Dissertação (Mestrado)-Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

Correspondência

Mariana Monteiro Xavier de Lima, marimxl@yahoo.com.br
Giovanna Tomczinski Novellini Brigitte, giovanna.novellini@gmail.com
Nádia Dutra Campos, nadiadceng@gmail.com
Regina Coeli Ruschel, uschel@fec.unicamp.br

A COORDENAÇÃO DE PROJETOS SUBCONTRATADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

The Outsourced Design Coordination in Civil Construction

Patricia Seiko Okamoto¹, Mario Sergio Salerno², Silvio Melhado¹

RESUMO: Este trabalho de caráter qualitativo tem como finalidade destacar, por meio de um estudo de caso, as vantagens estratégicas e a importância da atividade de Coordenação de Projetos de Edifícios (CPE) em uma empresa incorporadora e construtora de edifícios dentro de um contexto de desenvolvimento de projetos subcontratados. Frente a este objetivo e procurando demonstrar a prática da atividade de CPE, realizou-se uma pesquisa de campo, na qual informações foram coletadas com a análise de documentos utilizados pela coordenação de projetos e com a realização de entrevistas em uma empresa especializada em empreendimentos residenciais. Verificou-se, neste estudo de caso, que a CPE possui grande relevância, uma vez que interfere na organização do trabalho, estimulando uma maior integração, colaboração e redução de prazos no desenvolvimento de projetos, propiciando um maior alinhamento das atividades de projeto e dos projetistas subcontratados com os interesses e necessidades da empresa contratante. Entretanto, ao final da pesquisa, concluiu-se que o desempenho de projetos terceirizados e as vantagens estratégicas potencialmente propiciadas pela CPE podem ser comprometidos pela maneira como as contratações de projetistas são formuladas e conduzidas.

PALAVRAS-CHAVE: Organização do trabalho, processo de projeto, subcontratação, estratégia.

ABSTRACT: This qualitative work aims to highlight, through a case study, the strategic advantages and the importance of the activity called Building Design Coordination to a real estate and construction company in a context of outsourced design development. Facing this goal and trying to demonstrate the Building Design Coordination activity, a field research was carried out in a company specialized in residential projects. In this sense, information was collected with the analysis of documents used by the design coordination and interviews were conducted. It could be verified in this case study that the Building Design Coordination is very relevant once it interferes in the work organization, encouraging more integration, collaboration and reducing the time requested for the design development providing a better alignment between design tasks, outsourced designers and the clients' interests and needs. However, at the end of this study, it was concluded that the performance and the strategic advantages potentially offered by the Building Design Coordination can be compromised by the way the contracts are prepared and conducted.

KEYWORDS: Work organization, design process, outsourcing, strategy.

¹Departamento de Engenharia de Construção Civil - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Poli-USP, São Paulo, SP, Brasil

²Departamento de Engenharia de Produção - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Poli-USP, São Paulo, SP, Brasil

How to cite this article:

OKAMOTO, P. S.; SALERNO, M. S.; MELHADO, S. A coordenação de projetos subcontratados na construção civil. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 123-142, jan./jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.68149>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver.
Conflito de interesse:
Declararam não haver.

Submetido em: 26 nov., 2013
Aceito em: 03 ago., 2014

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as empresas têm buscado novas formas de gestão e organização do trabalho, visando aumentar sua produtividade e competitividade. Esta situação não se mostra diferente para as empresas da Construção Civil.

Conforme estudos de Sexton e Barrett (2005), a estratégia competitiva de oferecer produtos com melhor desempenho, impulsionada pela vigência da NBR-15.575- Edificações habitacionais – Desempenho (ASSOCIAÇÃO..., 2013a, b, c, d, e, f), abre espaço para a introdução de inovações tecnológicas e para alterações nas organizações e nas relações interorganizacionais, propiciando maior eficiência e eficácia ao desenvolvimento de projetos e na produção de empreendimentos (NEVES; GUERRINI, 2010).

No entanto, na Construção Civil, são grandes as dificuldades em se gerar inovações tecnológicas e edifícios com maior desempenho, valor agregado e em menores prazos, sob um contexto no qual há a falta de cooperação e muitos empasses no compartilhamento e na transferência do conhecimento entre os envolvidos no desenvolvimento de projetos de edificações (CHEUNG et al., 2003; FABRÍCIO; MELHADO, 2002).

Kim e Wilemon (2003) apresentam que a complexidade interorganizacional é propícia para gerar dificuldades quanto à terceirização relacionadas à comunicação e à gestão dos relacionamentos no contexto de desenvolvimento de produtos. Segundo seus estudos, existem empecilhos quanto à consideração das contribuições de parceiros e quanto ao compartilhamento de informações, desempenho e de resultados dos projetos entre as empresas envolvidas.

Neste sentido, parte-se da hipótese de que, na subcontratação de empresas de projetos, diversos problemas relacionados à terceirização são evidenciados, como também são originados conflitos, os quais podem possivelmente comprometer o adequado desenvolvimento do projeto, o desempenho do edifício e os interesses da empresa contratante. Desta forma, torna-se um grande desafio para as empresas empreendedoras a conquista do alinhamento e do comprometimento de toda a equipe terceirizada de projetos frente aos seus ideais.

O presente trabalho possui o objetivo de apresentar e demonstrar, por meio de um estudo de caso, as vantagens estratégicas e a importância da atividade de Coordenação de Projetos de Edifícios (CPE) para uma empresa incorporadora e construtora paulistana de edifícios dentro de um contexto de desenvolvimento de projetos subcontratados.

Justifica-se um trabalho desta natureza pela importância estratégica do desenvolvimento da atividade de CPE em um ambiente cada vez mais desafiador para as empresas incorporadoras e construtoras, no qual crescem as exigências por edificações com maior desempenho e no qual se reforça ainda mais a necessidade da colaboração e da comunicação mais estreita entre os membros da equipe de projeto.

Considera-se que as informações coletadas e as conclusões formuladas neste trabalho possam contribuir para um melhor desempenho das atividades de coordenação de projetos em um contexto de subcontratação de empresas projetistas, apresentando-se pontos bastante importantes e significativos a serem considerados no desenvolvimento destas atividades, por quaisquer organizações que estejam atuando em um contexto semelhante, o qual, segundo Brandli et al. (1999), encontra-se cada vez mais comum.

Este artigo foi estruturado da seguinte maneira: inicialmente abordaram-se os seguintes temas: (1) subcontratação na produção de edifícios, (2) relação entre contratações e o desenvolvimento de projetos e (3) a coordenação e o desenvolvimento de projetos de forma colaborativa e

integrada. Em um segundo momento, o estudo de caso é relatado, incluindo a descrição do método de pesquisa e a discussão dos resultados. O trabalho é finalizado com a apresentação das conclusões.

A SUBCONTRATAÇÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Como afirma Salerno (1999), um modelo de organização ou empresa deve ser adequado a cada caso, articulando questões técnicas, sociais, econômicas e estratégicas da produção, dependendo do nicho de mercado em que atua e de suas necessidades de interação e flexibilidade.

Neste sentido, Porter (2004) apresenta o conceito de integração vertical dos negócios, definindo-o como a combinação de processos de produção, distribuição, vendas e/ou outros processos econômicos tecnologicamente distintos dentro das fronteiras de uma mesma empresa.

No trabalho de Serra (2001), afirma-se que os conceitos de desintegração vertical (ou desverticalização), terceirização e subcontratação estão fundamentalmente relacionados a um dos aspectos mais importantes da estratégia de uma grande empresa, ou seja, às decisões de produzir seus insumos, componentes e serviços ou comprar.

De acordo com Brandli et al. (1999), pode ser observada uma tendência generalizada quanto à redução da integração vertical nas empresas com a descentralização produtiva caracterizada pela terceirização e subcontratação de atividades. Muitos são os motivos que justificam a subcontratação e todos estão intimamente ligados ao grau de flexibilidade de resposta às incertezas do mercado de Construção Civil.

Segundo Melhado et al. (2006), as empresas e os profissionais da Construção Civil possuem a necessidade de se organizarem por projetos, atuando em contextos de riscos e incerteza, nos quais se faz necessário reagir e rever estratégias rapidamente. Sob este panorama, os autores afirmam que a terceirização de atividades passou a ser cada vez mais frequente como um recurso de gestão.

Meng (2012) apresenta que novas relações de trabalho são criadas com base em relações de confiança, com a presença de parcerias, de subcontratação e de desenvolvimento em equipes, nas quais se atribui grande importância às relações pessoais e às formas de cooperação, que podem ser aprimoradas com uma eficaz gestão de relacionamentos.

Em seus estudos, Quinn e Hilmer (1994) caracterizam a terceirização ou subcontratação como uma medida estratégica e organizacional, uma vez que a empresa pode terceirizar atividades que não sejam estrategicamente críticas ou que, para sua realização, não possua capacitação específica. Permite-se, desta forma, que a empresa concentre seus recursos em atividades a serem desempenhadas internamente que possivelmente possam diferenciar sua imagem frente aos clientes.

No entanto, Aguiar e Monetti (2002) afirmam que a empresa deve estar atenta em relação às vantagens da subcontratação para lidar com as dificuldades encontradas no segmento de edificações habitacionais (como, por exemplo: o aumento do conteúdo técnico das obras, a escassez de recursos financeiros para produção e a falta de qualificação da força de trabalho), de forma a obter vantagem competitiva frente a seus concorrentes.

Embora trate mais especificamente da indústria automobilística, Amato Neto (1995) apresenta conclusões em seu trabalho que podem ser transferidas para um âmbito mais generalizado. De acordo com sua pesquisa, as razões e as justificativas que têm induzido as empresas a adotarem algum tipo de estratégia de desintegração vertical ou terceirização são: (1) propiciar à

empresa como um todo um maior grau de flexibilidade em suas operações e atividades, (2) o objetivo de melhorar a qualidade do produto final pelo aumento da qualidade de cada um dos subprodutos e (3) a redução dos custos fixos e de custos de mão-de-obra.

Girardi (1999) afirma que entre os fatores que dificultam a terceirização nas organizações destacam-se: (1) a dificuldade de se encontrarem parceiros que possam atender às condições de qualidade e produtividade, exigidas para determinadas atividades e (2) as diferenças culturais entre contratante e fornecedores.

No Brasil, tem-se observado um crescente emprego da subcontratação como uma das estratégias adotadas pelas empresas de construção de edificações desde a década de 80. Esta mudança estratégica conduz a um movimento de enxugamento das atividades das empresas da Construção Civil, que procuram contratar parte significativa de suas atividades junto a terceiros, incluindo o desenvolvimento de projetos (FARAH, 1993).

De acordo com Mesa et al. (2013), a terceirização de projetos constitui-se em uma opção importante para que empresas incorporadoras e construtoras possam suprimir a falta de competências e habilidades internas relativas ao desenvolvimento de projetos, incluindo a apresentação de soluções que por conta própria não conseguiriam alcançar.

A RELAÇÃO ENTRE CONTRATAÇÕES E O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Ibrahim, Costello e Wilkinson (2013) e Russel e Taylor (1995), afirmam que, tradicionalmente, no processo de desenvolvimento de projetos de edifícios, há fragmentação, ausência de inter-relacionamento entre os agentes do processo, falta de comunicação e de mecanismos de coordenação entre as atividades, cuja necessidade foi abordada nos trabalhos de Veltz e Zarifian (1993) e Mintzberg et al. (2006).

Esta problemática se origina no tipo de relação contratual entre incorporadora, construtora, projetistas, fornecedores e usuários, no qual é adotado um modelo de organização sequencial do trabalho presente e prevalente no setor da Construção Civil, que não estimula a colaboração e não conjuga o conhecimento profissional advindo dos diversos agentes, refletindo-se em falhas no processo e no produto final (MELHADO, 2005).

Como consequência, o processo de projeto ainda é visto, em muitas ocasiões, como uma etapa a ser realizada em prazos curtos e sem maior comprometimento por parte dos projetistas em relação ao acompanhamento da execução, operação e manutenção do edifício.

Segundo Grilo e Melhado (2003), esta situação infelizmente perdura e ocorre por conta de interesses particulares de alguns incorporadores, construtores e projetistas em relação aos clientes, pela falta de implementação de sistemas de gestão e controle, por conta de pressões para a entrega e pela carência de habilidades gerenciais dos profissionais envolvidos no desenvolvimento e gestão de projetos.

Neste sentido, pressupõe-se que novas relações contratuais são requisitos essenciais para que mudanças do processo de projeto sejam possíveis de ocorrer, visando melhor uma qualidade nas edificações. Para tanto se considera necessário atentar-se às relações existentes entre diferentes empresas e não somente às relações entre departamentos de uma mesma organização, promovendo alterações culturais e a formação de equipes multidisciplinares melhor integrando projetos e produção.

Pode-se constatar que as relações interorganizacionais têm sido bastante estudadas nos últimos anos por diversas áreas do conhecimento como fizeram Gulati (1998) e Das e Teng (2000), por exemplo. Segundo Mohr e Spekman (1994) um elemento central neste tipo de relação é a forma com a qual as diferentes organizações colaboram entre si e coordenam suas ações para se atingir objetivos em comum.

De acordo com os estudos de Gerwin (2004) e Mora, Montoro e Guerras (2004) a coordenação tem se mostrado como um fator chave para as relações interempresariais, principalmente em um contexto de subcontratações e parcerias. Tem se apresentado como uma atividade especialmente relevante no estabelecimento de acordos e alianças estratégicas (HAKANSSON; LIND, 2004; REUER; ARIÑO, 2002).

Bensaou e Venkatraman (1995) apresentam três tipos de mecanismos para a coordenação entre atividades desenvolvidas por diferentes empresas: (1) estrutural, (2) de processo e (3) de Tecnologia da Informação. De acordo com estes autores, os mecanismos estruturais são as possíveis combinações que se fazem através dos canais de informação entre as empresas, relacionadas à frequência e a formalização de troca de informações. Os mecanismos de processo fazem referência a fatores comportamentais das empresas nas alianças estratégicas. Finalmente, os mecanismos de Tecnologia da Informação referem-se a vínculos eletrônicos entre as empresas, facilitando a troca de informações.

Entende-se que esses mecanismos podem ser complementados por aqueles apresentados por Mintzberg (2003) e Mintzberg et al. (2006): (1) Ajuste Mútuo, (2) Supervisão Direta, (3) Padronização do Trabalho, (4) Padronização dos Resultados, (5) Padronização das Habilidades e (6) Padronização de Normas.

Ibrahim, Costello e Wilkinson (2013) afirmam que diferentes tipos de organizações devem ser capazes de coordenar e cooperar utilizando seu conhecimento e experiência a fim de garantir que as informações poderão ser compartilhadas e transferidas de forma eficaz durante todo o ciclo de vida do projeto.

No contexto do desenvolvimento de projetos de edifícios, segundo Baiden et al. (2006), as equipes já trabalham sob diversos tipos de modelos de contratação diferentes. No entanto, demonstrou-se que, em uma estrutura tradicional e sequencial de projetos, não importa o quão bom é o desempenho individual de cada empresa projetista, a equipe do projeto, como um todo, demonstra desempenho abaixo de seu potencial.

COORDENAÇÃO, INTEGRAÇÃO E COLABORAÇÃO EM PROJETOS

Thorpe et al. (2007) afirmam que, quando uma equipe de projeto é constituída por representantes de diferentes empresas, um desafio-chave para a gestão de projetos é o de gerir as relações entre eles. As interfaces organizacionais têm sido sempre problemáticas na construção civil e são muitas vezes fontes de controvérsia.

Luo et al. (2010) afirmam que o envolvimento de parceiros externos no processo de desenvolvimento de um produto implica investimentos em coordenação e desafios de integração entre os envolvidos.

Neste âmbito, Melhado (2005) apresentam o conceito de Coordenação de Projetos de Edifícios (CPE), que se trata de uma atividade gerencial de suporte ao desenvolvimento de projeto de edificações, direcionada à integração das necessidades e das decisões envolvidas neste processo, fomentando a

interatividade na equipe e maior comunicação para a geração de produtos com melhor qualidade.

Gerwin (2004) relaciona o grau de coordenação de um projeto, desenvolvido por uma variedade de empresas, com a habilidade para se utilizar diferentes mecanismos de coordenação e com a concentração de esforços por parte destas empresas para se aperfeiçoar a troca de informações.

Neste contexto, Novaes (2001) acredita que, na elaboração dos projetos, é necessária a presença de um **representante da construtora**, com vistas a contribuir para a verificação da conformidade das soluções em relação aos parâmetros característicos da empresa contratante. Da mesma forma, a **presença de um representante da empresa incorporadora** assume grande importância na verificação da conformidade das soluções e no conteúdo das informações relativas ao empreendimento. Considera-se, desta forma, que ambos os representantes, tanto da empresa incorporadora, quanto da empresa construtora, podem ser traduzidos na figura de um coordenador de projetos.

Adesse e Melhado (2003) afirmam que, em empresas construtoras de grande porte, é interessante a presença de um coordenador interno, funcionário contratado, porque a empresa tem capacidade financeira para isso, volume de obras e até mesmo cultura. Neste tipo de coordenação há a predisposição para uma maior integração entre elaboração dos projetos, cultura construtiva da empresa e a produção. A CPE pode ser realizada por um profissional ou por uma equipe empregados pela empresa construtora, caso esta possua domínio tecnológico de suas obras e volume de empreendimentos que justifique esta escolha.

Segundo Silva e Novaes (2008), é essencial que os responsáveis pela coordenação de projetos tenham uma visão ampla de todo o processo de projeto. Necessitam de elevado conhecimento técnico para poder analisar e avaliar, de forma crítica, as soluções de projeto de diferentes especialidades e organizar e controlar o grande fluxo de informações.

O coordenador de projetos deve possuir habilidade gerencial de forma a integrar os diversos agentes envolvidos no processo de projeto. Constitui-se em um agente fomentador da interação e cooperação entre os agentes envolvidos no processo de projeto na busca de bons resultados do processo e soluções. (NOBREGA JUNIOR; MELHADO, 2013).

Adesse (2004) apresenta que é função da coordenação permitir que as soluções técnicas desenvolvidas pelos projetistas de diversas especialidades estejam compatíveis entre si, conforme as necessidades e objetivos do empreendedor/investidor e, sempre que possível, alinhadas com a cultura da empresa construtora responsável pela produção de um determinado edifício.

Caiado e Salgado (2006) reforçam a necessidade de integração entre todos os projetistas envolvidos em um empreendimento, o que somente ocorre se estes forem contratados de forma coordenada, garantindo que as decisões sejam disseminadas entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento do projeto.

Brady (2011) cita em seu trabalho que diante da complexidade dos projetos de construção e dos requisitos e dos cronogramas mais enxutos, os desafios para a integração e gestão dos membros da equipe do projeto tornaram-se maiores, porque passou a ser necessária uma coordenação e uma colaboração mais interativa entre eles.

No entanto, considera-se que para que os projetos de edificações sejam desenvolvidos de forma integrada, é necessário um alinhamento entre as atividades de projetos, de forma que os produtos das diferentes especialidades, com grau de amadurecimento parecido, sejam tratados em paralelo.

Na atividade de CPE, segundo Pala et al. (2014) e Walker, Hampson e Peters (2002), a integração e a colaboração entre contratante e contratado na construção civil dependem e são consequências de um bom acordo de negócios. Segundo os autores, Tecnologias de Informação e Comunicação (ITC – Information and Communication Technologies) podem se constituir em poderosas ferramentas auxiliares na gestão do processo, visando maior colaboração e dependência entre os agentes envolvidos.

Neste sentido, a tecnologia ITC mais frequentemente utilizada é a Building Information Modelling (BIM), que, segundo Wong e Fan (2013), é composta de informações que representam todo o edifício e todo o conjunto de documentos de projeto armazenados em um banco de dados integrado.

Koch e Firmenich (2011) afirmam que as empresas de ponta utilizam a tecnologia BIM como uma valiosa ferramenta gerencial que traz grandes benefícios, uma vez que estimula o trabalho colaborativo em uma equipe de desenvolvimento de projetos.

Entretanto, segundo Palos et al. (2014), de forma geral, há uma transição lenta do processo de troca de informações da maneira tradicional para a troca de informações detalhadas do produto com uso de BIM. Muitas vezes, uma versão simplificada em BIM é encaminhada ao contratante que frequentemente prefere receber informações genéricas para que possa apresentar propostas de produtos e equipamentos mais baratos e sem a influência dos projetistas.

A fim de se obter vantagens competitivas, além da abordagem da utilização da tecnologia como aliada do desenvolvimento de produtos de forma colaborativa, observam-se outros trabalhos que apresentam o envolvimento colaborativo entre empresas de especialidades diferentes:

- Segundo Bhalla (2014), no mercado global, empresas líderes de mercado têm desenvolvido processos, ferramentas e tecnologias visando a Cocriação, isto é, a criação de produtos de forma colaborativa com a participação de agentes externos à empresa líder que contribuem com ideias e agregando valor ao produto. Segundo o autor, empresas líderes envolvem outras empresas na Cocriação, porque visam promover a descoberta de interesses e valores do cliente, a fim de gerarem inovação e vantagem competitiva. Em outras palavras, a Cocriação pode ser compreendida como a utilização de forma colaborativa do conhecimento específico adquirido por cada organização no desenvolvimento de produtos que provocam um maior interesse de clientes.
- Figueiredo e Silva (2012) e Kanters e Horvat (2012) apresentam o conceito de Integrated Design Process (IDP), traduzido como Processo de Projeto Integrado (PPI), o qual é desenvolvido por equipes multidisciplinares desde as primeiras etapas de concepção e utiliza um processo de coordenação bem definido, incluindo discussões conceituais e gerenciais, visando um melhor desempenho do produto e do processo.

A seguir é apresentado um estudo de caso no qual se procurou identificar atividades da CPE que encorajam a elaboração de projetos de forma integrada e colaborativa em um contexto de subcontratação de projetos, isto é, de projetos desenvolvidos por equipes formadas por empresas terceirizadas.

ESTUDO DE CASO

Com este estudo de caso, procurou-se identificar como a atividade de CPE é desempenhada por uma empresa incorporadora e construtora que subcontrata toda sua equipe de projetos, exceto a figura do coordenador.

Em um primeiro momento foi realizado um levantamento bibliográfico, denominado por Tachizawa e Mendes (2006), como etapa de “coleta de dados secundários”, no qual foram selecionados conceitos e aspectos importantes a serem abordados e sistematizados neste trabalho de pesquisa.

Em um segundo momento, utilizou-se o método de estudo de caso apresentado por Yin (2005), no qual é realizada uma investigação empírica em relação aos processos organizacionais e/ou individuais no contexto da vida real, de forma a contribuir com o conhecimento. De acordo com este autor, o método constitui-se basicamente em coleta de dados, análise e apresentação dos resultados.

Para a escolha do objeto deste estudo de caso, considerou-se (1) a facilidade em se obter informações para a pesquisa, (2) a representatividade da empresa no setor da Construção Civil, (3) a realização da atividade de CPE por meio de funcionários empregados pela própria empresa e (4) a presença de subcontratação de projetistas.

A coleta de informações ocorreu com base em entrevistas não estruturadas e a análise dos seguintes materiais:

- documento validado pelo Sistema de Gestão da Qualidade da empresa “R” com a descrição detalhada dos procedimentos de coordenação e contratação de projetos, no formato impresso tamanho A4;
- 31 listas de verificação de projetos (*checklists*) em formato eletrônico extensão .xls, utilizadas como ferramentas de verificação e compatibilização de projetos nas etapas de Desenvolvimento de Produto e Projetos Executivos. Estas listas são por especialidade de projeto ou relativas a outras atividades que a CPE desenvolve;
- 20 propostas comerciais para contratação de projetistas, em formato eletrônico extensão .pdf;
- 12 contratos de projetos, em formato eletrônico extensão .pdf, incluindo anexos, os quais incluem forma de pagamento e escopos de entregas relativos a cada fase de projeto, seguindo modelos padronizados;
- quadro com avaliação de projetistas exposto em mural do departamento de Projetos, formato impresso tamanho A2;
- 21 *checklists* de avaliação de projetistas em formato impresso tamanho A4, utilizados pela CPE para alimentação do quadro fixado no mural, mencionado acima;
- 3 emails com retorno de projetistas sobre avaliação de desempenho realizada no ano de 2013;
- 15 cronogramas de entregas de projetos em formato eletrônico, *Microsoft Project*, sendo 2 referentes a empreendimentos com estrutura reticulada de concreto e 3 referentes a empreendimentos em alvenaria estrutural;
- “Caderno de detalhes executivos padronizados”, formato impresso A4 e A3, contendo 174 folhas (uma para cada detalhe construtivo);
- 3 “Fichas de histórico de projetos” em formato eletrônico, extensão .xls., no qual são registradas informações importantes de cada projeto;
- 48 arquivos eletrônicos em formato Autocad 2000, cujo conteúdo constituía-se de projetos com comentários realizados pela CPE;
- “Cronograma estratégico da engenharia”, em formato *Microsoft Project*, formulado pelo departamento de Planejamento e que orienta as ações dos departamentos de Projetos e Suprimentos;
- 03 arquivos em formato *Microsoft Powerpoint*, utilizadas pela Coordenação de Projetos Executivos para apresentação do projeto às equipes de obra e departamento de contratação de suprimentos;
- 02 exemplares da lista de verificação utilizada para verificação do apartamento/andar modelo;

- 02 relatórios com comentários realizados sobre a vista de validação do apartamento/andar modelo em formato de correio eletrônico;
- gerenciador de arquivos presente em meio *extranet*, contendo todos os projetos em desenvolvimento e coordenados pela CPEX;
- 05 atas de reuniões presenciais em formato eletrônico .pdf, nas quais foram registrados apontamentos e questões importantes discutidas em reuniões de compatibilização e coordenação de projetos.

As informações coletadas nestes materiais foram complementadas com as entrevistas e analisadas sob um aspecto qualitativo, visando à apresentação de conclusões frente aos objetivos propostos.

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ENTREVISTADA

A empresa selecionada como objeto de estudo, a qual foi denominada neste trabalho como empresa “R”, é especializada na incorporação e construção de empreendimentos. Frigieri Júnior (2002) afirma que, neste tipo de empresa, coexistem negócios imobiliários e de construção dada à necessidade da parte construtora atender às necessidades de qualidade e custo do negócio imobiliário.

A referida organização atua no subsetor de edificações residenciais de padrão econômico em diversas cidades do estado de São Paulo e do Rio Grande do Norte. Possui como um dos principais valores a fidelidade aos seus clientes. Iniciou-se no mercado imobiliário e da construção civil há 15 anos, mas em 2006, associou-se ao uns dos maiores grupos de incorporação e construção de empreendimentos da América Latina, consolidando definitivamente sua participação no mercado de empreendimentos residenciais. De acordo com a Inteligência Empresarial da Construção (2014), organização que elenca anualmente as cem maiores construtoras do Brasil, a empresa “R” esteve entre as 30 empresas que mais construíram no país ao longo do ano de 2013.

Na pesquisa de campo, detectou-se que, para um determinado empreendimento, ambas as atividades de incorporação e construção são realizadas pela própria empresa estudada. Entretanto há algumas exceções: existem casos em que a incorporação de imóveis, atividade caracterizada pela geração e promoção de negócios imobiliários (BRASIL, 1964), é realizada pela empresa líder do grupo no qual a empresa “R” está inserida, ou por outra empresa empreendedora. Nestes casos, a empresa “R” apenas se responsabiliza pela atividade de construção. Por outro lado, há casos em que a atividade de incorporação imobiliária é realizada pela empresa “R”, mas a execução das obras é atribuída à outra empresa construtora.

Atualmente a empresa em questão possui mais de 800 funcionários contratados e registrados conforme a Consolidação das Leis do Trabalho. Está executando simultaneamente 23 obras e possui 30 projetos em desenvolvimento, sendo que 12 produtos estão em fase de concepção (pré-lançamento) e 18 estão em fase de detalhamento ou projeto executivo (pós-lançamento).

Por se tratar de uma empresa focada em empreendimentos econômicos, as relações entre estudos de viabilidade arquitetônica, planejamento e projeto estão muito ligadas a estudos de custos que, por sua vez, procuram respaldar e permear todas as etapas do processo de projeto.

A COORDENAÇÃO DE PROJETOS NA EMPRESA “R”

O departamento “Projetos” é composto por: um gerente, duas coordenadoras de Projeto do Produto, duas coordenadoras de Projeto Executivo e quatro arquitetos. Os projetos são elaborados totalmente por empresas terceirizadas.

A coordenação de projetos na empresa entrevistada é realizada em dois momentos distintos e sequenciais pelo departamento denominado “Projetos”: (1) antes do lançamento - Coordenação de Projeto do Produto (CPPR) e (2) após o lançamento do produto - Coordenação de Projetos Executivos (CPEX).

Segundo as entrevistas realizadas e analisando o documento validado pelo Sistema da Qualidade da empresa “R”, no qual são atribuídas as responsabilidades de cada cargo no departamento de Projetos, detectou-se que às coordenadoras cabem as seguintes responsabilidades:

- análise crítica na formatação do projeto quanto a aspectos técnicos e soluções construtivas;
- liberação de projetos no sistema de armazenamento de arquivos eletrônicos;
- elaboração e acompanhamento de cronogramas;
- participação em reuniões técnicas com projetistas e/ou fornecedores;
- compatibilização de projetos;
- aprovação do apartamento-modelo na obra visando à qualidade do produto final;
- resolução de conflitos de interesses;
- avaliação do desempenho de projetistas;
- fomento à integração e cooperação entre os diversos agentes envolvidos no processo de projeto, quer sejam representantes de outros departamentos da empresa ou de empresas de projeto terceirizadas.

Algumas atividades são particulares a cada uma das coordenações:

- **Coordenação de Projetos do Produto (CPPR):** análise do material publicitário do produto (maquetes, apartamento decorado, perspectivas, plantas de contrato, plantas de corretagem, folhetos de divulgação e plantas de proprietário); liberação de pagamentos a empresas de maquete, de perspectivas ilustrativas e de projeto; coordenação dos projetos a serem apresentados aos órgãos públicos. A CPPR é responsável pela coordenação durante as seguintes etapas de projeto: Estudo preliminar, Anteprojeto, Projeto básico e Projeto legal.
- **Coordenação de Projetos Executivos (CPEX):** coordenação de projetos para produção; elaboração de detalhes construtivos padronizados em conjunto com a equipe de obras; realização de apresentações de projeto e atendimento à equipe de obras visando à elucidação dos projetos; recebimento de *feedback* das equipes de produção e de manutenção com o conseqüente reestudo de soluções técnicas; liberação de pagamentos aos projetistas e contratação de projetos especiais que se fizerem necessários ao longo do desenvolvimento. A CPEX é responsável pela coordenação durante as seguintes etapas de projeto: Pré-executivo, Projeto executivo, Projeto liberado para obra e Assistência à obra.

Verificou-se que, enquanto a CPPR relaciona-se mais com os diversos departamentos da própria empresa - Marketing, Incorporação, Viabilidade Arquitetônica, Viabilidade Financeira, Aprovações (de projetos em órgãos públicos), Novos Negócios – e poucos projetistas, a CPEX está mais envolvida em seu cotidiano com os departamentos de Obras, Assistência Técnica, Suprimentos e Relacionamento com o Cliente e com um número maior de projetistas terceirizados.

Na transição da CPPR para a CPEX é realizada uma reunião entre coordenadoras de ambas as partes onde são reforçados aspectos considerados na conceituação de um determinado empreendimento, utilizando um documento auxiliar denominado “Ficha de histórico de projeto”, o qual contém particularidades e itens importantes a serem incorporados nas etapas posteriores de projeto, tais como padrão de acabamentos e de custos

a ser considerado, verba destinada à decoração estipulada em estudos de viabilidade e a ser ratificada no projeto Pré-executivo e em etapas posteriores, aspectos legais importantes, entre outros.

Após a apresentação de projetos da CPPR para a CPEX, é organizada pela CPEX outra reunião com toda a equipe de projetistas para início da fase Pré-executivo de projeto. A partir daí o projeto é desenvolvido e detalhado, passando para a fase de Projeto Executivo e Emissão Liberada para Obra.

Cerca de dois meses antes do início das obras, as coordenadoras de projeto executivo realizam reuniões de apresentação às equipes de produção, tendo como objetivo a sua perfeita compreensão. Para isso, as coordenadoras de CPEX elaboram e realizam apresentações em formato *Microsoft Powerpoint*, nas quais são indicados pontos importantes a serem considerados na execução da obra e na contratação de fornecedores de materiais, sistemas construtivos e mão de obra. São também indicadas as situações de cada especialidade de projeto quanto ao seu nível de amadurecimento e são apresentadas datas para conclusão daqueles projetos que ainda porventura estiverem em andamento.

Além disso, as coordenadoras de CPEX alegaram estarem disponíveis para solucionar dúvidas em relação ao empreendimento ou em relação aos projetos que a equipe de produção possa ter. Realizam algumas visitas às obras em momentos estratégicos, como na validação do apartamento/andar modelo, por exemplo, na qual são confirmadas informações importantes presentes nos projetos antes de serem reproduzidas em todo o empreendimento. Algumas questões abordadas neste momento são: paginação de áreas molhadas e secas, instalação de forros em alguns ambientes, passagens de instalações, instalação de baguetes e soleiras, entre outros. Ao término destas visitas, emitem relatórios contendo validações e eventuais solicitações de correções, tendo em vista a entrega do empreendimento, conforme o produto comercializado.

Em se tratando do planejamento e controle do processo de projeto, a CPEX elabora e revisa constantemente um cronograma de entregas, elaborado no software *MS Project*, disponibilizado a toda equipe.

Segundo a análise realizada sobre exemplos destes cronogramas, o projeto na etapa de Pré-executivo é realizado de forma mais sequencial do que na etapa de Projeto executivo e Emissão liberada para a obra. Isto ocorre principalmente em projetos de empreendimentos em alvenaria estrutural, pois os projetos de modulação definitivos ocorrem somente no início do projeto Pré-executivo. Em outras palavras, o projeto de arquitetura desenvolvido anteriormente à fase Pré-executivo de projeto não contempla uma compatibilização com a estrutura e com outras especialidades, tais como Ar-condicionado, pressurização de escadas e instalações, por exemplo. Até este ponto, o projeto de arquitetura considera apenas diretrizes destas especialidades presentes em forma de relatórios e croquis, mas não projetos formalmente entregues.

No fechamento da fase Pré-executivo de projeto, a arquitetura emite uma base de projeto na qual compatibiliza os projetos de todas as especialidades envolvidas, configurando uma referência comum a todas estas especialidades para o desenvolvimento do Projeto Executivo. A partir deste momento, o desenvolvimento das diferentes especialidades de projeto ocorre de forma mais paralela, permitindo um cronograma de entregas de projetos com prazos mais reduzidos, de forma coerente com estudos realizados por Fabrício e Melhado (1998).

Segundo os entrevistados, há a tentativa de sempre adequarem os prazos de projeto ao “Cronograma estratégico da engenharia”, formulado pelo departamento de Planejamento, possibilitando que os suprimentos

necessários à execução da obra sejam contratados com antecedência e com maior eficácia.

Esta maneira de conduzir o processo implica em uma coordenação bastante ativa, de monitoramento e de supervisão. Neste sentido, as coordenadoras de CPEX alegaram realizar constantes cobranças e lembretes por meio de *e-mails* e telefonemas aos projetistas terceirizados. A cobrança por entregas foi descrita como rotineira.

Tanto na CPPR quanto na CPEX, o processo de **coordenação** se mescla com o de **compatibilização** de projetos, embora segundo Melhado (2005) ambas não sejam sinônimos. As coordenadoras são responsáveis pela atividade de compatibilização, tanto nas etapas iniciais de concepção de projetos, quanto ao longo do desenvolvimento dos projetos executivos. Para o desenvolvimento desta atividade, listas de verificação para cada especialidade de projeto (no total de 31) são utilizadas como ferramentas. Estas listas são enviadas também aos projetistas de forma que se tenha pelo menos duas verificações - uma do contratado e outra da coordenação - em cada fase de projeto.

Segundo as coordenadoras entrevistadas, estas listas de verificação são frequentemente revisadas, pois todas as informações relativas à retroalimentação do processo de projeto advindas das equipes de obras e assistência técnica são registradas nestes documentos, de forma que falhas de projetos não voltem a ocorrer.

Além das listas de verificação, arquivos eletrônicos com comentários realizados pelas coordenadoras, em formato Autocad 2000, são enviados aos projetistas, de forma que em uma próxima revisão (ou fase de projeto) as alterações e correções necessárias sejam providenciadas. Para a realização destes comentários, a coordenação utiliza um método no qual os arquivos de diferentes especialidades são sobrepostos àqueles que estão sendo analisados de forma que se permita identificar incompatibilidades de projeto.

Verificou-se, no entanto, que para o desenvolvimento da atividade de CPPR e CPEX, os representantes da empresa “R” não utilizam a tecnologia BIM, como facilitadora da coordenação e da compatibilização de projetos, confirmando o trabalho apresentado por Palos et al. (2014).

Questionou-se aos entrevistados o porquê da não utilização deste tipo de tecnologia nas atividades de coordenação e compatibilização, uma vez que de acordo com a literatura, trata-se de uma ferramenta que possui o potencial de trazer grandes benefícios para a gestão do processo de se projetar (KOCH; FIRMENICH, 2011). Como retorno, obteve-se a resposta de que os projetistas subcontratados não estão ainda preparados ou não receberam ainda treinamentos adequados para a utilização do BIM, devido aos custos envolvidos nos treinamentos e na necessidade de contratação de profissionais com maior conhecimento técnico. Há a conscientização por parte dos entrevistados que, para a utilização da tecnologia BIM como facilitadora do processo de projeto, são necessárias alterações na maneira de se projetar como um todo. De acordo com os entrevistados, não há sentido em utilizarem a tecnologia BIM somente na coordenação e compatibilização de projetos, uma vez que seus parceiros projetistas não a utilizam para o desenvolvimento e elaboração dos projetos.

Entretanto, apesar do uso da tecnologia BIM ainda não estar efetivamente implementada pela CPE do estudo de caso em questão, os entrevistados afirmaram que duas coordenadoras já realizaram cursos preparatórios para a utilização deste tipo de tecnologia e algumas empresas projetistas parceiras isolada e paralelamente estão investindo em treinamentos. Porém, a fim de que seja possível o uso efetivo desta tecnologia em todo seu potencial, todos os envolvidos na equipe de projeto deveriam utilizá-la.

A aplicação do BIM, por permitir a elaboração de projetos colaborativos, implicaria necessariamente em alterações na forma com a qual os contratos são realizados. Na forma de se projetar mais comumente praticada pelo departamento de Projetos da empresa entrevistada, os contratos são firmados somente entre incorporadora/construtora e projetista de uma determinada especialidade. Com a utilização da tecnologia BIM, os contratos dos diversos projetistas deveriam estar mais vinculados uns aos outros e ao contratante, uma vez que, ao término do processo de projeto, pretende-se gerar um modelo único, fruto do trabalho de todos os envolvidos.

Embora não utilizem a plataforma BIM, foi constatado que a atividade de CPE desempenhada na empresa analisada possui participação ativa quanto ao estímulo à troca de informações, de forma a intermediar uma maior integração e colaboração na equipe de projetos. Neste sentido:

- verificou-se que a CPEX utiliza frequentemente recursos de Tecnologia da Informação, como gerenciadores de arquivos eletrônicos em meio *extranet*, objetivando maior eficácia e eficiência na comunicação entre os diversos agentes envolvidos;
- foi identificado que os entrevistados organizam reuniões presenciais para evitar equívocos no desenvolvimento dos projetos e conseguir agilidade na resolução de conflitos nas interfaces entre diferentes disciplinas;
- identificou-se que a CPE da empresa entrevistada utiliza mecanismos para se evitarem incertezas, como o estabelecimento de diretrizes de projetos (representado pelo “Caderno de detalhes executivos padronizados” e pelas listas de verificação de projetos), evidenciando o mecanismo de coordenação com base na Padronização de Resultados (MINTZBERG, 2003; MINTZBERG et al., 2006), induzindo que os projetos terceirizados sejam apresentados conforme determinados padrões construtivos estabelecidos em comum acordo entre os Departamentos de Projetos e de Obras, confirmando os estudos de Novaes (2001), o qual apresenta a padronização de soluções padronizadas para o produto como um mecanismo de coordenação;
- pôde ser verificado que a CPE desempenhada na empresa estudada ocorre muitas vezes por meio do mecanismo de Supervisão Direta (MINTZBERG, 2003; MINTZBERG et al., 2006), uma vez que as coordenadoras de Projeto Executivo gerenciam a equipe de projetos com uso de instruções e ordenações (implícitas no aceite ou não aceite nas validações), visando garantir os interesses da empresa “R” pelo monitoramento e controle do processo de projeto.

A SUBCONTRATAÇÃO DE PROJETOS NA EMPRESA “R”

Segundo Frigieri Júnior (2002) a relação das construtoras com a cadeia fornecedora é articulada em torno de preços, tecnologia, flexibilidade e relaciona-se a três diferentes tipos de contratados: projetistas, subempreiteiros de mão-de-obra e indústria de materiais. Na empresa analisada, ocorre a subcontratação dos três tipos de fornecedores. Entretanto, com base nos objetivos deste trabalho, realizou-se apenas a análise quanto à terceirização de empresas de projetos.

Conforme as entrevistas realizadas, verificou-se que em média são de quinze a vinte e duas disciplinas de projeto subcontratadas a serem coordenadas para cada empreendimento. Esta situação condiz com os estudos de Melhado (2005), os quais apresentam que podem chegar a mais de vinte o número de disciplinas envolvidas no processo de projetos de edificações.

No estudo de caso desenvolvido neste presente trabalho, os diversos projetistas envolvidos na realização de um empreendimento

residencial - Arquitetura, Estrutura, Instalações Prediais, entre outros - são contratados pelo gerente do departamento de Projetos, uma vez que a empresa “R” optou estrategicamente por não possuir estrutura própria para o desenvolvimento de projetos. A maior parte das contratações de projetistas ocorre antes da disponibilização do produto para vendas por um processo de Seleção Restrita (ASSOCIAÇÃO..., 2000); porém, não somente do escritório de arquitetura.

Em uma fase inicial, são contratados para cada empreendimento: um arquiteto, um paisagista, uma decoradora, um projetista de estrutura, um projetista de instalações prediais, um topógrafo e um consultor de fundações. Segundo os entrevistados, estes profissionais são essenciais para a fase de concepção do produto, para a realização de estudos de viabilidade financeira do empreendimento e para o seu lançamento.

Verificou-se, entretanto, que nem todos os projetistas são envolvidos no processo ao mesmo tempo. Há casos em que alguns projetistas são contratados após o lançamento do produto e no início da fase de projeto Pré-executivo. Outros embora contratados no início do processo, participam do desenvolvimento do produto emitindo apenas alguns relatórios de diretrizes, mas não realizando entregas formais de pranchas de desenhos desde o início do processo que, potencialmente, possibilitariam uma compatibilização mais assertiva com a da apresentação de pranchas de projetos.

Segundo os entrevistados, esta situação ocorre pois na fase de concepção do produto há uma grande urgência da empresa quanto aos trâmites para o lançamento dos empreendimentos frente à concorrência. Este cenário faz com que seja inviável a concepção de um produto integrando todas as especialidades de projeto, o que demandaria tempo, então considerado como não disponível nesta fase do processo. Esta informação confirma os estudos de Grilo e Melhado (2003).

Além disso, na empresa entrevistada, o dispêndio de verba destinada a projetos em etapas iniciais de concepção é minimizado. Como premissa do gerente de projetos e do departamentos de Custos e Viabilidade, ainda é preferível não envolver todos os projetistas desde o início da concepção de um empreendimento, do qual não se possui a certeza de lançamento no mercado e de obtenção de retorno financeiro.

Apenas quando se há a certeza de que um determinado produto será disponibilizado para comercialização, todas as especialidades de projeto são envolvidas. Neste momento, a coordenadora de projetos executivos verifica quais as contratações de projetistas foram realizadas e inicia as solicitações de propostas comerciais para projetistas já parceiros das especialidades de projetos que ainda não foram contratadas.

O fechamento dos acordos de projetos entre as empresas “R” e seus parceiros é de responsabilidade do gerente do departamento de Projetos, que deve utilizar para tanto, um modelo de contrato padronizado, segundo o documento validado pelo Sistema de Gestão da Qualidade que descreve os procedimentos para coordenação e contratação de projetos.

Entretanto, ao se questionar aos entrevistados como ocorrem os acordos entre o departamento Projetos e os projetistas, verificou-se que na prática são realizados:

- com a utilização de um modelo de contrato padronizado, no qual variam somente os anexos referentes a escopo e plano de pagamento;
- mediante assinaturas sobre propostas comerciais simples, situação incoerente com o procedimento de contratação de projetos validado pelo Sistema de Gestão da Qualidade da empresa.

Analisando exemplares destes documentos, verificou-se que, nas duas formas de se fechar o acordo entre as partes interessadas, não estão devidamente explicitados os deveres e direitos da contratante e do contratado e não são estipuladas penalidades no caso de descumprimento parcial ou total do contrato. Verifica-se, portanto, que estas contratações são, na realidade, acordos baseados na confiança mútua e de parcerias não formalizadas.

Isto ocorre, conforme os entrevistados, porque a confiança da empresa contratante em relação à competência técnica dos profissionais e a política de bom relacionamento com estes projetistas se sobrepõem a qualquer exigência mais burocrática. Trata-se este de um reflexo da visão da diretoria quanto à condução das contratações de projeto. Esta situação condiz com os estudos de Barros Neto (1999), os quais indicam que, na falta de modelos globais, as construtoras formam suas práticas a partir de modelos pessoais elaborados pelos donos da empresa.

Constatou-se, no entanto, que esta forma de conduzir a contratação de projetistas tem ocasionado problemas bastante significativos no processo de projeto da empresa “R”. Embora em praticamente todos os casos os pagamentos a estas empresas estejam vinculados às conclusões de cada uma das etapas do processo de projeto (quer sejam nos contratos formais ou nas propostas técnicas), identificou-se que atrasos nas entregas do projeto são bastante frequentes. Pôde-se constatar que estes atrasos são refletidos nas alterações e revisões de cronogramas de projetos que chegam à vigésima terceira revisão, conforme exemplares analisados e entrevistados.

Estes atrasos são agravados quando na contratação do projetista para o desenvolvimento de um determinado projeto não foi analisada sua capacidade real de desenvolvê-lo. Esta capacidade depende da expertise, de conhecimento técnico e também da disponibilidade em realizar ajustes organizacionais pelo escritório de projeto.

Segundo as coordenadoras entrevistadas, houve uma situação no ano de 2013 na qual foi contratado apenas um único escritório projetista, composto por 15 funcionários, para desenvolver cinco projetos de instalações simultaneamente. Na época da contratação, foi realizada uma reunião com os diretores desta empresa projetista que alegaram estarem dispostos a atenderem a demanda apresentada.

No entanto, com receio de uma possível instabilidade do mercado da construção de empreendimentos residenciais, esta empresa projetista acabou limitando sua estrutura organizacional, resultando no não atendimento das necessidades de prazos da contratante, culminando em atrasos não só no desenvolvimento individual de cada projeto, mas no desenvolvimento global de projetos da contratante. Neste caso a coordenação de projetos também se desestruturou, impactando no atraso de outras atividades da empresa contratante, como a contratação de mão de obra e suprimentos. Trata-se da confirmação dos estudos de Girardi (1999) sobre as dificuldades existentes na terceirização de atividades.

Como consequência do acúmulo destes atrasos de projeto, contratações de suprimentos e a produção da obra também atrasaram, gerando um ambiente de urgência e de grande tensão na empresa, acarretando negociações e execução de obras com qualidade inferior ao que potencialmente poderiam ser realizadas, além de atrasar, por consequência, a entrega de empreendimentos aos clientes finais.

Na empresa “R”, a contratação dos especialistas de projeto baseia-se na sobreposição dos seguintes critérios: (1) reputação da empresa no mercado, (2) indicações, (3) disponibilidade e capacidade do projetista para o desenvolvimento de determinado projeto e (4) avaliações realizadas pela

CPE sobre o desempenho de projetistas em empreendimentos anteriores realizados pela empresa “R”.

Conforme estudos de Fiore e Alencar (2011), indicadores de desempenho auxiliam na tomada de decisões, fornecendo informações para que se possa decidir em manter, modificar ou abortar ações. Pode-se apontar o sucesso das estratégias já implementadas, avaliando uma possível necessidade de replanejamento.

Observou-se que, ao término de cada um dos projetos e com uma periodicidade anual, as coordenadoras da empresa entrevistada realizam uma avaliação do desempenho das empresas de projetos terceirizadas com base em critérios relacionados à qualidade, prazos e atendimento, como apresentado na literatura por Melhado (2005), de forma que possam continuar ou não no quadro de seleção restrita do departamento de projetos (CAIADO; SALGADO, 2006). Um quadro-resumo com a avaliação de todos os projetistas do ano anterior é fixado em uma das paredes do departamento de projetos, no mês de abril, para visualização coletiva.

Além disto, estas avaliações são enviadas aos projetistas via correio eletrônico como um meio de retroalimentá-los sobre os serviços prestados e sobre os projetos entregues, relativos aos empreendimentos nos quais tiveram participação. Neste retorno procura-se demonstrar sob quais aspectos cada um dos projetistas obteve melhores ou piores desempenhos. Alguns projetistas retornam o contato, questionando as notas atribuídas e alguns preferem discutir mais profundamente sobre o que devem melhorar.

Os projetistas que na média de todos os serviços prestados (muitas vezes projetaram para mais de um empreendimento) obtêm nota inferior a “7.0” de “10.0”, são considerados como não aptos a desenvolverem projetos no próximo ano para a empresa “R”.

No entanto, nota-se que há certa tolerância da empresa “R” antes de eliminar definitivamente projetistas de seu quadro de fornecedores. Segundo o gerente de projetos, é atribuída mais uma chance em uma oportunidade futura à empresa que obteve um desempenho abaixo do esperado em um determinado ano, uma vez que esta empresa consiga demonstrar por meio de reuniões que se reestruturou ou se reorganizou para melhor atender as exigências relacionadas aos serviços prestados e aos projetos entregues.

CONCLUSÕES

Com a descentralização produtiva, a terceirização (ou subcontratação) emergiu como medida estratégica empresarial. Neste sentido, a coordenação torna-se fundamental na organização do trabalho, de forma que encoraja o alinhamento das atividades e equipes na busca de objetivos comuns entre empresa empreendedora e demais agentes envolvidos.

No âmbito do estudo de caso desenvolvido neste presente trabalho, foi constatado que a coordenação favoreceu a resolução de interfaces de projeto, fomentando a integração e o trabalho colaborativo na equipe composta por projetistas terceirizados, com uso dos mecanismos apresentados por Mintzberg (2003) e Mintzberg et al. (2006) de Supervisão Direta e Padronização dos Resultados e conforme apresentados em diversos estudos relacionados à coordenação de projetos, como os de Melhado (2005), Adesse (2004), Grilo e Melhado (2003), Gerwin (2004), Mora, Montoro e Guerras (2004), entre outros.

Verificou-se, conforme os estudos de Bensaou e Venkatraman (1995), que recursos de Tecnologia da Informação são utilizados como auxiliares na coordenação de atividades que envolvem diferentes empresas.

Além disso, pôde-se identificar que:

- a CPE possui papel bastante importante nas interfaces conceituação-projetos e projetos-obra, uma vez que foi possível identificar a grande importância desta atividade na garantia da correta implantação e execução dos projetos pela equipe de produção;
- a atividade de CPE pode estimular um maior alinhamento dos projetos e das empresas terceirizadas com os interesses e necessidades da empresa contratante, corroborando com os estudos realizados sobre as vantagens da atividade de Coordenação de Projetos.

A CPE constitui-se uma atividade de grande importância na garantia de que o edifício seja entregue em conformidade com o que foi comercializado e prometido pela incorporadora e construtora aos seus clientes.

Embora a atividade de CPE permita uma otimização dos prazos de projeto, planejando e elaborando cronogramas, nos quais se permite o desenvolvimento paralelo de projetos com graus de amadurecimento parecidos, no contexto do estudo de caso em questão, constatou-se que o desempenho e as vantagens estratégicas da CPE podem ser potencialmente comprometidos pela maneira com a qual as contratações são formuladas e conduzidas. Neste sentido, concluiu-se que:

- falhas contratuais podem culminar em atrasos nas entregas de projeto que podem se acumular, impactando em prejuízos nos prazos de contratação de suprimentos, de produção, financeiros e de satisfação do cliente;
- são de grande importância a seleção e a diversificação de projetistas nas contratações. É interessante se ter um quadro de fornecedores com diversas opções para uma mesma especialidade de projeto. Poucos projetistas podem resultar em problemas no atendimento das necessidades, em momentos críticos;
- o estabelecimento de parcerias comerciais entre contratantes e projetistas é bastante interessante, contanto que neste relacionamento haja realmente clareza e comprometimento. Este fator envolve também flexibilidade na apresentação de soluções de projetos e disponibilidade para ajustes organizacionais necessários, (reforço na estrutura organizacional, realização de treinamentos, entre outros);
- o fato de todas as especialidades de projetos não serem contratadas e envolvidas desde o início da conceituação do produto, pode implicar em modificações técnicas que se fazem necessárias após o lançamento do empreendimento, descaracterizando o produto comercializado, originando problemas à reputação da organização e o descontentamento de seus clientes finais.

Sob um contexto de coordenação e subcontratação de projetos, recomenda-se considerar estas observações, uma vez que se mostraram como pontos críticos e de atenção para o sucesso do processo de projeto.

REFERÊNCIAS

ADESSE, E. A liderança do coordenador no processo de projeto. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2004. p. 1-6.

ADESSE, E.; MELHADO, S. B. A coordenação de projetos externa em empresas construtoras e incorporadoras

de pequeno e médio portes. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: DEMC-EE-UFGM/EPUSP/EESC-USP, 2003. 1 CD-ROM.

AGUIAR, A.; MONETTI, E. **Subcontratação**: uma opção estratégica para a produção. São Paulo: Escola

Politécnica da USP, 2002. 12 p. (Boletim Técnico, n. 311).

AMATO NETO, J. Reestruturação industrial, terceirização e redes de subcontratação. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 33-42. 1995. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-75901995000200006>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - ASBEA. **Manual de contratação dos serviços de Arquitetura e Urbanismo**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575: edificações habitacionais: desempenho. Parte 1: requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013a. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575: edificações habitacionais: desempenho. Parte 2: requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro, 2013b. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575: edificações Habitacionais: desempenho. Parte 3: requisitos para os sistemas de pisos internos**. Rio de Janeiro, 2013c. 42 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575: edificações habitacionais: desempenho. Parte 4: sistemas de vedações verticais externas e internas**. Rio de Janeiro, 2013d. 63 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575: edificações habitacionais: desempenho. Parte 5: requisitos para os sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2013e. 73 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.575: edificações habitacionais: desempenho. Parte 6: sistemas hidrosanitários**. Rio de Janeiro, 2013f. 32 p.

BARROS NETO, J. P. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. 1999. 326 f. Tese (Doutorado em Administração)-Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 1999.

BAIDEN, B. et al. The extent of team integration within construction projects. **International Journal of Project Management**, Guildford, v. 24, n. 1, p. 13-23, 2006.

BENSAOU, M.; VENKATRAMAN, N. Configurations of interorganizational relationships: a comparison between U.S. and Japanese automakers. **Management Science**, Providence, v. 41, n. 9, p. 1471-1492, 1995. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.41.9.1471>

BHALLA, G. How to plan and manage a project to co-create value with stakeholders. **Strategy & Leadership**, Bradford, v. 42, n. 2, p. 19-25, 2014. <http://dx.doi.org/10.1108/SL-01-2014-0006>

BRADY, T. Creating and sustaining a supply network to deliver routine and complex one-off airport infrastructure projects. **International Journal of Innovation and Technology Management**, Brighton, v. 8, n. 3, p. 469-481, 2011.

BRANDLI, L. L. et al. Estratégias de terceirização e subcontratação na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Santa Catarina: ABEPRO, 1999. 1 CD-ROM.

BRASIL. Lei ordinária nº 4.591, de 16 de dezembro de 1964. Dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Poder Executivo. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4591.htm>. Acesso em: 30 set. 2012

CAIADO, V.; SALGADO, M. A gestão de contratos e sua influência na qualidade do processo de projeto: estudo de caso em construtoras do Rio de Janeiro. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 58-75, 2006.

CHEUNG, S. O. et al. Behavioral aspects in construction partnering. **International Journal of Project Management**, Guildford, v. 21, n. 5, p. 333-343, 2003.

DAS, T. K.; TENG, B. S. A resource-based theory of strategic alliances. **Journal of Management**, Stillwater, v. 26, n. 1, p. 31-61, 2000.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. Impactos da tecnologia da informação nos conhecimentos e métodos projetuais. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Construbusiness Paraná, 2002. 1 CD-ROM.

- FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. Projeto simultâneo e a qualidade na construção de edifícios. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU 98: ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAU-USP, 1998. 1 CD-ROM.
- FARAH, M. F. S. Estratégias empresariais e mudanças no processo de trabalho na construção habitacional no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC, 5., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 1993. p. 17-19.
- FIGUEIREDO, F.; SILVA, V. Processo de projeto integrado e desempenho ambiental de edificações: os casos do SAP Labs Brazil e da Ampliação do CENPES Petrobras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 97-119, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212012000200007>
- IORE, A.; ALENCAR, L. Identificação e análise dos indicadores de desempenho para gestão de projetos na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** 1 CD-ROM.
- FRIGIERI JÚNIOR, V. **Proposta de um modelo de análise da integração operacional em empresas de construção civil**. 2002. 138 f. Tese (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- GERWIN, D. Coordinating new product development in strategic alliance. **Academy of Management Review**, Mississippi, v. 29, n. 2, p. 241-257, 2004.
- GIRARDI, D. M. A importância da terceirização nas organizações. **Revista de Ciências da Administração**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 23-31.1999.
- GRILO, L. M.; MELHADO, S. B. Alternativas para a melhoria na gestão do processo de projeto na indústria da construção de edifícios. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: DEMC-EE-UFGM/EPUSP/EESC-USP, 2003. 1 CD-ROM.
- GULATI, R. Alliances and networks. **Strategic Management Journal**, Sussex, v. 19, n. 4, p. 293-317, 1998. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199804\)19:4<293::AID-SMJ982>3.0.CO;2-M](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199804)19:4<293::AID-SMJ982>3.0.CO;2-M)
- HAKANSSON, H.; LIND, J. Accounting and network coordination. **Accounting, Organizations and Society**, Oxford, v. 29, n. 1, p. 51-72, 2004. [http://dx.doi.org/10.1016/S0361-3682\(02\)00058-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0361-3682(02)00058-2)
- IBRAHIM, K.; COSTELLO, S. B.; WILKINSON, S. Key practice indicators of team integration in construction projects: a review. **Team Performance Management**, Bradford, v. 19, n. 3-4, p. 132-152, 2013. <http://dx.doi.org/10.1108/TPM-10-2012-0033>
- INTELIGÊNCIA EMPRESARIAL DA CONSTRUÇÃO - ITC. **Ranking 10 ITC**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.http://itc.etc.br.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2014.
- KANTERS, J.; HORVAT, M. The design process known as IDP: a discussion. **Energy Procedia**, Austin, v. 30, p. 1153-1162, 2012.
- KIM, J.; WILEMON, D. Sources and assessment of complexity in NPD. **R&D Management**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 15-30, 2003.
- KOCH, C.; FIRMENICH, B. An approach to distributed building modeling on the basis of versions and changes. **Advanced Engineering Informatics**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 297-310, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2010.12.001>
- LUO, C. et al. Collaborative product development: exploring the role of internal coordination capability in supplier involvement. **European Journal of Innovation Management**, Bingley, v. 13, n. 2, p. 244-266, 2010.
- MELHADO, S. B. (Coord.). **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 120 p.
- MELHADO, S. B. et al. Uma perspectiva comparativa de gestão de projetos de edificações no Brasil e na França. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2006.
- MENG, X. The effect of relationship management on project performance in construction. **International Journal of Project Management**, Guildford, v. 30, n. 2, p. 188-198, 2012.
- MESA, A. et al. Design management capability and product innovation in SMEs. **Management Decision**, York, v. 51, n. 3, p. 547-565, 2013. <http://dx.doi.org/10.1108/00251741311309652>
- MINTZBERG, H.; et al. **O processo da estratégia: conceitos, contextos e casos selecionados**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 496 p. PMid:16908900 PMCid:PMC1534100.

- MINTZBERG, H. **Criando organizações eficazes**: estruturas em cinco configurações. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 334 p. PMID:14619151.
- MOHR, J. J.; SPEKMAN, R. E. Characteristics of partnership success: Partnership attributes, communication behavior, and conflict resolution techniques. **Strategic Management Journal**, Sussex, v. 15, n. 2, p. 135-152, 1994. <http://dx.doi.org/10.1002/smj.4250150205>
- MORA, E. M.; MONTORO, M. A.; GUERRAS, L. A. Determining factors in the success of R&D cooperative agreements between firms and research organizations. **Research Policy**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 17-40, 2004. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(03\)00087-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(03)00087-8)
- NEVES, F.; GUERRINI, F. Modelo de requisitos e componentes técnicos para a formação e gerência de redes de cooperação entre empresas da construção civil. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 1, p. 195-206, 2010.
- NOBREGA JUNIOR, C.; MELHADO, S. Coordenador de projeto de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 1, n. 8, p. 69-89, 2013.
- NOVAES, C. C. Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2001. 1 CD-ROM.
- PALA, M. et al. Contractor practices for managing extended supply chain tiers. **Supply Chain Management: An International Journal**, Bradford, v. 19, n. 1, p. 31-45, 2014. <http://dx.doi.org/10.1108/SCM-04-2013-0142>
- PALOS, S. et al. Future perspectives on product data management in building information modeling. **Construction Innovation**, Bingley, v. 14, n.1, p. 52-68, 2014. <http://dx.doi.org/10.1108/CI-12-2011-0080>
- PORTER, M. E. **Estratégia competitiva**: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 409 p.
- QUINN, J. B.; HILMER, F. G. Outsourcing strategic. **Sloan Management Review**, Cambridge, v. 35, n. 4, p. 43-55, 1994.
- REUER, J. J.; ARIÑO, A. Contractual renegotiations in strategic alliances. **Journal of Management**, Stillwater, v. 28, n. 1, p. 47-68, 2002.
- RUSSEL, R. S.; TAYLOR, B.W. **Production and operations management**: focusing on quality and competitiveness. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. 944 p.
- SALERNO, M. S. **Projeto de organizações integradas e flexíveis**: processos, grupos e gestão democrática via espaços de comunicação-negociação. São Paulo: Atlas, 1999.
- SERRA, S. M. B. **Diretrizes para gestão dos subempreiteiros**. 2001. 360 f. Tese (Doutorado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- SEXTON, M.; BARRETT, P. Performance-based building and innovation: balancing client and industry needs. **Building Research & Information**, London, v. 33 n. 2, p. 142-148, 2005. <http://dx.doi.org/10.1080/0961321042000323789>
- SILVA, M.; NOVAES, C. A coordenação de projetos de edificações: estudos de casos. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 3, n. 1, p. 44-78, 2008.
- TACHIZAWA, T.; MENDES, G. **Como fazer monografia na prática**. 10. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 150 p.
- THORPE, S. et al. Integrated collaborative design. **Journal of Engineering, Design and Technology**, South Africa, v. 5, n. 1, p. 7-22, 2007.
- VELTZ, P.; ZARIFIAN, P. Vers de nouveaux modèles d'organisation? **Sociologie du Travail**, Paris, v. 35, n. 1, p. 3-25, 1993.
- YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.
- WALKER, D.; HAMPSON, K.; PETERS, R. Project alliancing vs project partnering: a case study of the Australian National Museum Project. **Supply Chain Management: An International Journal**, Bradford, v. 7, n. 2, p. 83-91, 2002 <http://dx.doi.org/10.1108/13598540210425830>
- WONG, K.; FAN, Q. Building information modelling (BIM) for sustainable building design. **Facilities**, Bingley, v. 31, n. 3-4, p. 138-157, 2013.

Correspondência

Patricia Seiko Okamoto, patriciaseiko@usp.br
Mario Sergio Salerno, msalerno@usp.br
Silvio Melhado, silvio.melhado@usp.br