



Esboços e modelos como ferramentas úteis no projeto arquitetônico na fase de concepção: contribuições da psicologia cognitiva e da abordagem BIM.

Drafts and models as helpful tools in architectural design at the conception phase: contributions from the cognitive psychology and from the BIM approach.

MARLY KIATAKE

JOÃO ROBERTO DIEGO PETRECHE

SERGIO LEAL FERREIRA

Arquiteta e Urbanista, graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Mackenzie, mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil e Urbana da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Professor Doutor do Depto. de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Graduado em Engenharia Naval e Oceânica pela Escola Politécnica, mestre e doutor em Engenharia Naval e Oceânica pela Universidade de São Paulo.

Professor Doutor do Depto. de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Graduado em Arquitetura, mestre e doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo.

marly.k@uol.com.br

petreche@usp.br

sergio.leal@poli.usp.br

Resumo

A partir da definição das formas de representação como instrumentos mediadores da criação, conceitua-se projeto como uma atividade essencialmente criativa e dependente de processamentos complexos de representações da mente. Os avanços tecnológicos têm permitido o uso de ferramentas inovadoras de auxílio ao processo de projeto também na fase de concepção. Este artigo discute essas ferramentas e faz uma classificação dos tipos de instrumentos voltados

ao suporte do projeto arquitetônico, focando especialmente a fase de concepção, onde a atividade projetual depende não apenas da representação gráfica como também de conteúdos conceituais.

Palavras-chave: Representação do Projeto, Processo de Projeto arquitetônico, Criatividade

Abstract

From the definition of representation forms as creation mediating instruments, design is conceptualized as an essentially creative activity and dependent on a complex mind processing that uses representations. Technological advances allow the use of innovative tools to aid the design process also in the conception phase. This article discusses the drawings and knowledge representation models and makes a classification of the tool types that specifically support architectural design, focusing on the conception phase, in which the activity depends not only on graphical representation but also on conceptual contents.

Keywords: Design Representation, Architectural Design Process, Creativity



Esboços e modelos como ferramentas úteis no projeto arquitetônico na fase de concepção: contribuições da psicologia cognitiva e da abordagem BIM.

1. Introdução

A atividade de projeto é essencialmente uma atividade criadora. Projetar envolve criar produtos, processos, recursos ou espaços. A criatividade é um elemento essencial em qualquer projeto, já que se trata de realizar algo que ainda não existe, portanto, novo. Embora essa afirmação possa parecer uma constatação óbvia, pouco se tem feito objetivamente para enfatizar e potencializar métodos criativos de projeção, o que resulta no uso dos esboços como a forma continuamente mais usual de exteriorização das ideias no início do processo de projeto. A causa dessa escassez de métodos pode ser atribuída a várias justificativas, mas fundamentalmente, embasa-se no aspecto misterioso da criatividade, normalmente relacionada a um evento repentino e introspectivo do projetista.

Pouco se conhece sobre a emergência de ideias, campo explorado pela Psicologia Cognitiva, que busca explicações para todos os aspectos ligados à inteligência humana – percepção, ação, visão, memória, raciocínio e linguagem. É esta área disciplinar que fornece subsídios para constatar que a criatividade é dependente do conhecimento disponível ao indivíduo, bem como de operações e processamentos aplicados para classificar e reestruturar esse conhecimento, a fim de melhor formular os problemas e buscar novas soluções. A estruturação do pensamento através de processos cognitivos como os de Guilford (1967) e Mumford, Reiter-Palmon, Redmond (1994) são chamados de modelos mentais, utilizados para construir e resolver problemas.

A extensa pesquisa sobre pensamento de projeto diversifica-se em várias abordagens. Boa parte da investigação é dedicada às formas de expressão dos projetistas. É o que Cao (1996) classifica como abordagem instrumental: o objetivo é disponibilizar instrumentos - tecnologias de processamento de informações, sistemas CAD (Projeto Auxiliado por Computador) e programas de edição, armazenamento e organização - que auxiliem o trabalho do projetista. Entretanto, a abordagem instrumental, apesar do indubitável progresso alcançado, não fornece o suporte total necessário à atividade projetual. O processo de projeto é composto de quatro estágios, segundo classificação de Pahl e Beitz (1996): esclarecimento da tarefa, projeto conceitual, projeto incorporado e detalhamento. Cada estágio requer o processamento de

diferentes tipos de informações. Apesar do indubitável suporte dos sistemas CAD na agilidade das fases de incorporação e detalhamento, a assistência às fases iniciais do processo é insuficiente ou nula.

Ramo dissidente da abordagem instrumental é a chamada abordagem CBR (*Case-Based Reasoning*), cujo postulado é a formação de ideias a partir de precedentes armazenados na memória (OXMAN, 1990). Assim, quanto mais informações armazenadas, maior a capacidade de gerar soluções. Muitos esforços têm sido dedicados a construir extensas bibliotecas de casos, a fim de serem utilizadas em novos projetos por adaptação dos casos armazenados nas bibliotecas ao caso específico. Em geral, a abordagem CBR aplica-se a rearranjos ou situações de tipologias padronizadas.

Outra abordagem no campo da metodologia de projeto reúne estudos que buscam capturar o conhecimento do projetista para construir os chamados *Sistemas Especialistas*. Trata-se de propostas pertencentes ao campo da *Inteligência Artificial* na construção de máquinas que projetam, através de sistemas que simulam os modelos mentais humanos (SOWA, 1984). Reunindo conhecimentos da psicologia, linguística e filosofia, muitos projetos, especialmente no campo da engenharia elétrica e eletrônica, beneficiam-se dos sistemas especialistas. A AI (*Artificial Intelligence*), entretanto, trabalha com o processamento de elementos discretos e precisos utilizando uma linguagem matemática e, principalmente, possui um objetivo claro e bem definido. Essas características são muitas vezes opostas às fases iniciais do projeto arquitetônico. Os problemas de projeto arquitetônico se aproximam mais aos que Rittel (1992) chama de *wicked problems*, que se diferenciam dos demais problemas por serem mal formulados e imprecisos, isentos de solução definitiva, únicos e de difícil avaliação.

Finalmente, a abordagem analítica (CAO; PROTZEN, 1999; MC LAUGHIN; GERO, 1989) reúne estudos que buscam construir *Sistemas Baseados em Conhecimento* para auxiliar a fase conceitual de projeto. Através da investigação do raciocínio do projetista via protocolos de projeto, tenta-se extrair a lógica estrutural, formal e conceitual que determina alguns padrões cognitivos. Estes, por sua vez, são formalizados em algoritmos e simulações, compondo propostas de ferramentas de suporte ao processo de projeto. O corpo de conhecimentos que vêm sendo construído por pesquisadores dessa área específica permite estabelecer o pressuposto de que a avaliação de um projeto é dependente dos modelos cognitivos utilizados, implícita ou explicitamente, durante o processo de projeto. Então, a formalização dos requisitos, parâmetros e graus de importância atribuídos aos problemas de projeto capacitam as tomadas de decisão realizadas durante o processo, permitindo a transmissão de experiências e

conhecimentos de um projeto para o outro. A abordagem analítica enfatiza a representação do conhecimento conceitual do projeto.

2. Representação do projeto

O projeto, dentro da construção civil, pode ser entendido como a mediação entre o projetista (homem) e a construção (objeto). Conseqüentemente, seu objetivo é a criação de uma representação, onde a possibilidade de refletir, questionar, ponderar, analisar - enfim, descobrir – produz um conhecimento do objeto arquitetônico a ser criado. Definir projeto como produção de uma representação implica caracterizar o sistema representativo através de dois ingredientes essenciais, como assinalado por Norman (1993):

1. O mundo representado: aquele que está sendo descrito. Na concepção de Bunge (1974), trata-se do *mundo real* ou *objeto-concreto*;
2. A representação do mundo: um conjunto de símbolos, cada qual se referindo a alguma coisa no mundo representado, denominadas por Bunge (1974) como *objetos-modelo*.

As **representações** ou **modelos** são definidos por Norman (1993) como artefatos cognitivos artificiais, que almejam idealmente:

- capturar o importante (as características críticas do mundo representado) e ignorar o irrelevante;
- serem apropriadas para os usuários, facilitando descobertas;
- serem apropriadas para as tarefas, aumentando a habilidade dos usuários de fazer julgamentos, a fim de descobrir heurísticas e estruturas relevantes.

3. Desenhos e o processo de projeto

Dentre os tipos de ferramentas para representação disponíveis, o esboço ou croquis é o instrumento básico do processo de criação utilizado pela maioria dos profissionais. O esboço é a representação mais comum de pensamento gráfico, que resulta em um diálogo contínuo para auxiliar a percepção de problemas e a descoberta de novas relações. Como assunto dos estudos sobre metodologia de projeto, a investigação sobre o significado dos esboços tem sido explorada através, principalmente, da análise de sessões de protocolos de projeto, desenvolvidos com uma objetividade cada vez maior e eficaz. Pesquisadores como Goldschmidt (1991), Schon e Wiggins (1992), Goel (1995), Cross et al. (1996) e Suwa e Tversky (1997) têm se dedicado a coletar e analisar experimentos de projeto, revelando o esboço como instrumento

essencial de representação e registro da imaginação para a cristalização das ideias iniciais no processo de projeção (ilustrado na figura 1).

Goldschmidt (1991) apresenta um argumento sobre os processos psicológicos subjacentes que induzem a várias características do processo de projeto. Ela afirma que provavelmente o problema central encarado pelo projetista é como gerar, desenvolver e testar formas físicas relevantes. Goldschmidt argumenta que a memória de longo prazo contém tanto conhecimentos relevantes conceituais quanto conhecimentos sobre exemplos previamente analisados e experimentados, ou precedentes. Propõe que estes exemplos de precedentes sejam usados para criar imagens de formas físicas possíveis e relevantes para o problema específico. Pela complexidade da maioria dos problemas de projeto e a necessidade de explorar a relação da imagem gerada na memória de longo prazo para um problema particular, torna-se difícil realizar as operações requeridas inteiramente no *olho da mente*. Assim, o ato de esboçar fornece um procedimento particularmente eficaz para exteriorizar o conteúdo de uma imagem e atuar como auxílio da memória externa, como proposto por Simon (1969).



FIGURA 1: Croquis de Frank Gehry (Arcspace, 2008)

Para Schon e Wiggins (1992) e Suwa e Tversky (1997), o assunto da experiência em projeto tem relevância preponderante. Profissionais experientes acessam diferentes tipos e quantidades de conhecimento e fazem uso mais intenso deste conhecimento durante episódios de exploração das implicações do projeto, trazidos ao processo pela reinterpretação. A interconexão entre as memórias de longo e curto prazo não acontece com profissionais novatos.

Em contraponto aos tradicionais esboços, outros instrumentos mais modernos de visualização tridimensional têm sido usados cada vez mais cedo no processo de projeto, como alguns sistemas CAD e a modelagem 3D, que possibilitam a externalização de formas complexas. Os modernos projetos do museu de Bilbao, de Frank Gehry (figura 2),

e a finalização da Catedral da Sagrada Família, de Gaudi (figura 3), exemplificam aplicações de desenvolvimento computacional no processo inicial de projeto arquitetônico, onde foram utilizados diversos sistemas CAD.

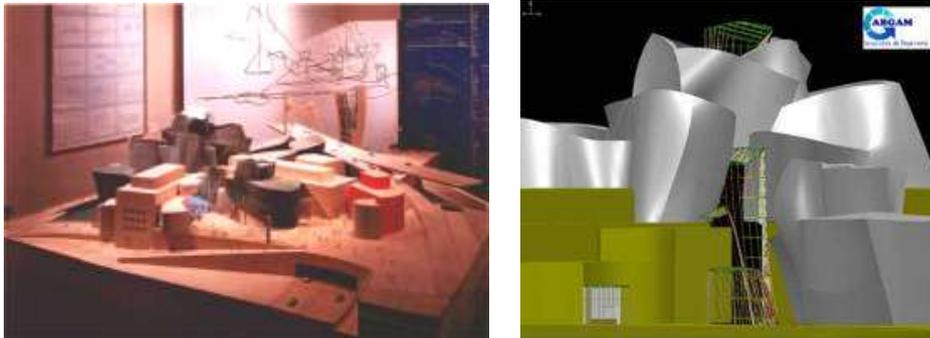


FIGURA 2: Modelo físico e digital do Museu Guggenheim de Bilbao (SPERLING, 2008)



FIGURA 3: Novas tecnologias usadas no projeto da Catedral da Sagrada Família (Temple Expiatori Sagrada Família, 2008)

Conforme Pucell e Gero (1998), suposições implícitas em muitos dos trabalhos sobre desenhos em projeto apontam para a busca das respostas para as seguintes questões:

- O desenho é parte inevitável e essencial do processo de projeto?
- Pode haver projetistas que fazem uso mínimo de desenhos porque desenvolveram significados efetivos de uso da imagem com o mesmo fim?
- É possível para os projetistas trabalharem inteiramente na base do conhecimento abstrato e conceitual?

Seja manual ou digital, trabalhar sem representações parece improvável, uma vez que a formação do arquiteto é visual, e os protocolos de projeto demonstram o uso de desenhos como a forma mais usual de comunicação entre o arquiteto e o seu próprio

pensamento. Conforme Purcell e Gero (1998), entretanto, é possível que projetistas que têm dificuldade de acessar o conhecimento conceitual tenham dificuldade de produzir um projeto totalmente resolvido somente a partir de desenhos.

4. Meios de Representação e Emergência de ideias

A emergência de ideias é um fenômeno central no processo criativo. Nos últimos anos, muitos pesquisadores do campo da Psicologia cognitiva têm devotado sua atenção ao estudo da emergência, na tentativa de entender e explicar esse fenômeno.

O estudo da emergência em projeto dividiu-se em várias direções. Uma tendência importante de pesquisa é a **emergência da forma**. Nesse tipo de pesquisa, a caracterização das formas é baseada principalmente nas propriedades geométricas e sua relação com uma subforma, geometricamente derivada das formas primárias. Pesquisas empíricas sobre a sintaxe das formas (emergência sintática) conduziram às análises de protocolos de projeto, buscando explorar o comportamento dos projetistas e detalhar os tipos de representações externas que estes desenham e redesenham, percebem e reformulam no papel. Esse tipo de exploração dá suporte a vários trabalhos de manipulações de formas e relações forma-entidade em desenhos de projeto. Pesquisadores como Gero e Damski (1997), Gero (2000) e Liu (1995, 2000) têm desenvolvido trabalhos na direção de implementação computacional de sistemas inovadores e criativos, através da introdução de variáveis diferenciadas ou operações matemáticas (transformação, analogia e combinação, dentre outros). São chamados modelos computacionais de processos de projeto criativos, que buscam novos espaços ao problema da forma em projeto (figura 4), através de sistemas baseados em conhecimento (*knowledge-based systems*).

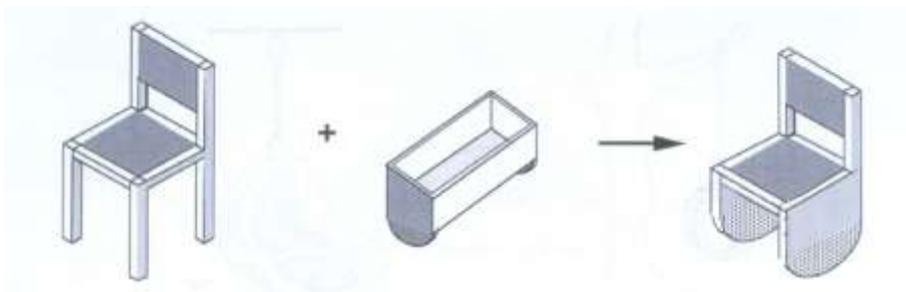


FIGURA 4: Exemplo de manipulação de formas utilizando o processo de combinação (GERO, 2000)

Outra direção de pesquisa relacionada ao surgimento das ideias é a **emergência cognitiva**. Segundo Oxman (2002), a *emergência cognitiva* concentra-se no estudo da



habilidade de generalizar o evento perceptivo, a fim de mapeá-lo em uma estrutura do conhecimento já armazenado na memória. Nesse sentido, do ponto de vista cognitivo, os projetistas entendem as formas e as suas relações como *estruturas subjacentes* e são capazes de interpretar configurações de projeto a um nível mais alto, conceitual. A abordagem CBR (*Case-Based Reasoning*) é fundamentada na *emergência cognitiva* (OXMAN, 1990). Nessa mesma linha, Cao e Protzen (1999) propõem uma ferramenta para auxiliar o projeto baseado em diagramas conceituais, que podem ser generalizados para serem utilizados como bancos de conhecimento. A figura 5 ilustra um diagrama do sistema IBIS-FRS (*Issue-based Information System - Fuzzy Reasoning System*). Exemplo de aplicação deste sistema para arquitetura pode ser encontrado em Kiatake; Cheng; Petreche (2005).

Os vários estudos sobre emergência de ideias em projeto têm conduzido ao reconhecimento da abstração conceitual como premissa de criação. As estruturas conceituais fomentam as estruturas cognitivas do projetista, que operam na geração do projeto. Dessa forma, um alto nível de abstração pode guiar ao conhecimento conceitual, possibilitando acesso ao fenômeno da emergência.

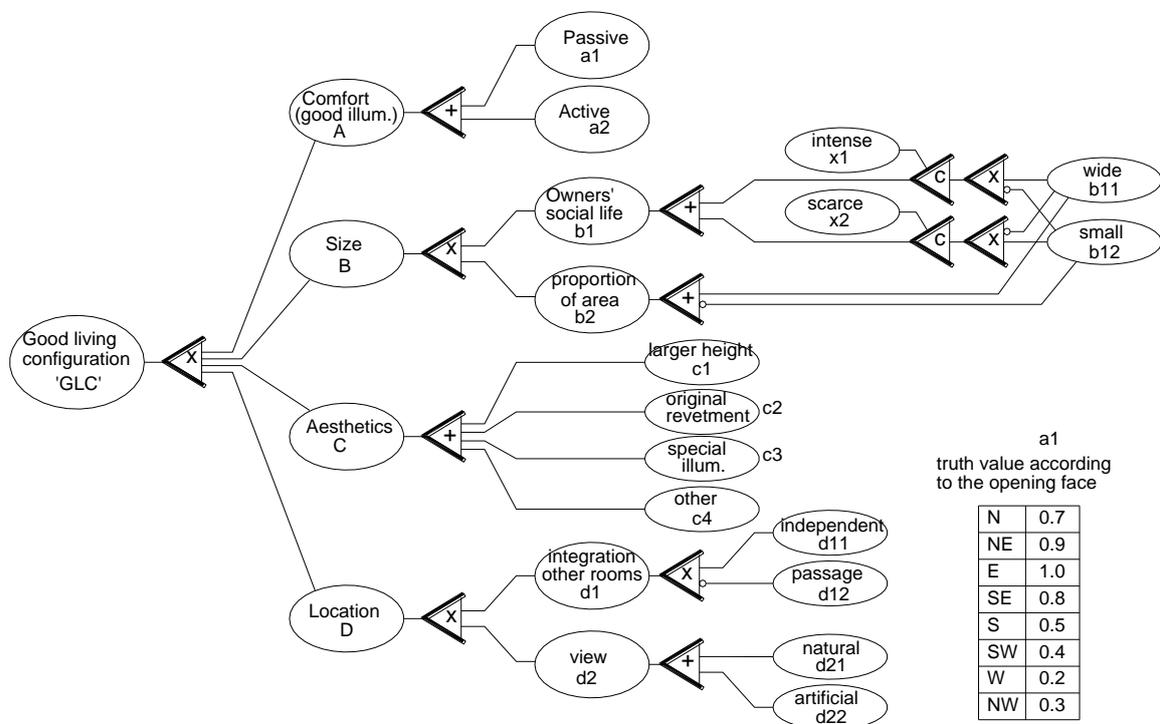


FIGURA 5: IBIS-FRS de um projeto residencial (KIATAKE, CHENG, PETRECHE, 2005)



5. Modelos de suporte à criatividade em projeto

Conforme Cao e Protzen (1999), o projeto é um processo iterativo entre duas fases: a *composição especulativa* ou *pré-construção* e a *previsão de avaliação* ou *exame*. O processo de *composição especulativa* busca conceitos inovadores, enquanto a *previsão de avaliação* examina a relevância específica. O uso eficaz de modelos como instrumentos de suporte à criatividade pode habilitar tanto a descoberta de novas relações, através de mecanismos cognitivos ou percepções visuais como a possibilidade de avaliação do produto resultante do processo criativo. Este trabalho não caracteriza modelo como técnica (habilidade), método (sequência passo a passo) ou metodologia (conjunto de métodos), mas como representação, onde a explicitação do conhecimento torna-se o instrumento mediador que facilita a descoberta de correlações e inferências.

A classificação dos modelos a serem investigados implica também a conceituação preliminar de criatividade em projeto, haja vista as inúmeras definições sem-consenso quanto ao seu significado, verificando-se aspectos até mesmo conflitantes (ALENCAR, 1995; KNELLER, 1998; RUNCO, 1994). Um desses aspectos é a discussão sobre criatividade versus inteligência, onde as referências acerca da primeira ora são enfocadas como um aspecto da segunda, ora como uma habilidade distinta. Há também a dificuldade em estabelecer critérios a que a solução de um determinado problema deve atender para que seja considerada criativa.

No projeto arquitetônico, a caracterização da criatividade implica considerar dois aspectos principais: inovação ou reelaboração e relevância ao fim específico; entende-se, assim, que criatividade é a descoberta de novas relações apropriadas. A utilização de modelos na concepção do projeto, portanto, visa ao aumento da capacidade relacional que gera associações, traduzidos através de um pensamento sistêmico.

6. Categorização de Modelos

A fim de evidenciar as vantagens do uso de modelos como suporte ao processo de projeto conceitual criativo, propõe-se, a seguir, uma classificação com quatro tipos de modelos que podem, conforme a abordagem, facilitar um ou outro aspecto do processo de projeto.

Modelos Estruturais são aqueles que explicitam as relações hierárquicas e funcionais entre os elementos de projeto, facilitando a descoberta dos problemas. A estruturação do problema de projeto é pré-condição para a abordagem sistemática do processo de projeto, como o método proposto por Pahl e Beitz (1996). Outro exemplo

deste tipo de modelo é a Metodologia de Projeto Axiomático (SUH, 2001), onde os procedimentos e técnicas visam à criação de um sistema, no qual as necessidades básicas do usuário são mapeadas, em diferentes domínios, para requisitos funcionais, parâmetros de projeto e variáveis do processo de fabricação. Aplicações de modelos estruturais em projetos de arquitetura podem ser encontradas em Monice e Petreche (2003) e Kowaltowsky et al. (2004).

Modelos Formais são classificados como aqueles que tratam o problema da emergência formal em projeto, baseados na relação entre o processo criativo e a sua forma de expressão através de desenhos. Alguns modelos computacionais são apresentados como ferramentas de suporte, visando aumentar o potencial de criação de projetos. Estes são os modelos de geração de formas, que introduzem mecanismos computacionais - chamados processos (combinação, transformação e analogia, entre outros) - para criar sistemas computacionais de reestruturação de formas. Exemplos desses modelos podem ser encontrados em Gero (2000); Soufi; Edmonds (1996). Os modelos formais, em geral, podem ser modelados em sistemas CAD, o que possibilita a utilização para qualquer área específica de projeto. Exemplos para arquitetura podem ser encontrados em Liu (1995; 2000).

Modelos Conceituais são aqueles que auxiliam a busca de inferências e analogias criativas através de princípios conceituais, buscando facilitar os processos cognitivos. Assim, são considerados modelos conceituais aqueles que buscam estruturar os problemas não através de uma forma hierárquica, mas pelas relações entre as ideias, visando possibilitar análises para posterior tomada de decisão. Os mapas cognitivos, redes semânticas e a TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) enquadram-se nesta classificação, podendo ser utilizados como instrumentos de apoio às tomadas de decisão. Em arquitetura, propostas de aplicação de suportes conceituais podem ser encontradas em Mann e Ó Cathain (2001); Kiatake e Petreche (2004); Kiatake et al. (2005).

Modelos de Análise são os sistemas construídos para avaliarem resultados do processo criativo. Em geral, todos os modelos precisam incluir uma forma de avaliação das soluções obtidas, considerando que o fator "relevância" é o que diferencia entre a criatividade de uma obra puramente artística (uma pintura ou uma música) de uma obra arquitetônica. Essa avaliação, em geral, depende dos critérios utilizados para nortear a proposta, cujo atendimento implica em maior ou menor aderência ao problema inicial e influencia diretamente o processo de escolha. O sistema IBIS-FRS proposto por Cao e Protzen (1999) exemplifica um modelo de análise voltado ao projeto de edificações. O

método AHP (SAATY, 1991) também busca auxiliar os processos de decisão através da ponderação de critérios e sua aplicação à arquitetura foi proposta em vários trabalhos (BOSE e CHAKBRABARTI, 2003; KLEMN et al., 2000; DETONI, 1996).

A tabela 1 resume a categorização dos modelos.

TABELA 1. Categorização de Modelos

MODELO	OBJETIVO	EXEMPLOS
ESTRUTURAL	ESCLARECER A DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	ABORDAGEM SISTEMÁTICA PROJETO AXIOMÁTICO
FORMAL	POTENCIALIZAR A EMERGÊNCIA DAS FORMAS	PROGRAMAS DE GERAÇÃO DE FORMAS
CONCEITUAL	POTENCIALIZAR ANALOGIAS E INFERÊNCIAS CONCEITUAIS	MAPAS COGNITIVOS REDES SEMÂNTICAS TRIZ
DE ANÁLISE	AVALIAR RESULTADOS RELEVANTES DO PROCESSO CRIATIVO	IBIS-FRS AHP METODOLOGIA DE VALOR

Os modelos podem ser analisados enquanto processos *sígnicos*¹. A abordagem analítica deste trabalho tem por objetivo fornecer uma reflexão sobre os meios de suporte aos projetistas, quanto ao tipo de associação proporcionado pela utilização dos modelos selecionados. O *Modelo Estrutural*, por exemplo, que objetiva hierarquizar conceitos e domínios em projeto, favorece a chamada associação por contiguidade, através da indução à organização do pensamento de forma sequencial e causal, buscando uma metodologia formalizada de projeto. Entretanto, deixa pouco espaço para a associação por similaridade, onde a percepção nova não segue uma trajetória linear, mas cíclica. Já os *Modelos Formais* em geral, tratam do problema da forma em projeto, através da criação de relações aleatórias – variáveis imprevistas incorporadas na programação do sistema. Apesar de possibilitar sintaxes criativas de formas geométricas, os modelos de geração de formas têm uma aplicação bastante restrita como suporte à criatividade em projeto, uma vez que na engenharia e arquitetura, a maioria das soluções criativas não se refere a um problema de forma, mas a conceitos culturais, funcionais e históricos. Os modelos *Conceitual* e *de Análise*, por sua vez, favorecem o processo de criação pela explicitação do conhecimento do projetista. Ambos, através de um processo de representação cognitiva, permitem trabalhar *indicialmente*² os conceitos, deixando espaço, assim, para a emergência da associação por similaridade, onde são



possibilitadas sínteses às relações de contradição permitidas nos sistemas, seja análoga, coordenada, sincrônica ou poeticamente.

7. Discussão e Conclusões

Conforme Kowaltowsky et al. (2006), o processo de projeto é um processo de aprendizagem.

“O projetista estuda o objeto e as condições de uso dele. Esse estudo necessita de suporte de vários tipos, como sistemas de informação (referências, códigos, manuais), desenhos, modelos, cálculos, simulações e discussões (opiniões de cliente, usuário, colaboradores). A qualidade desse sistema de suporte reflete diretamente no processo de projeto e espera-se influenciar positivamente na qualidade do produto”. (KOWALTOWSKY et al., 2006, p. 16).

Este trabalho de pesquisa procurou, a partir de uma abordagem analítica sobre as ferramentas de representação do projeto, mostrar que o processo de criação, como atividade inerente ao campo da Arquitetura, demanda diversas formas de suporte, tanto instrumentais (“desenhos”) quanto conceituais (“modelos”). Buscando auxiliar a complexa atividade de projetar, tenta-se cada vez mais construir sistemas de informação, a partir de modelos de projeto. Neste sentido, especialmente na fase inicial de concepção das ideias, ferramentas conceituais apresentam-se como alternativas à geração de ideias e podem facilitar as tomadas de decisão, aprimorando o processo e contribuindo para sua eficácia.

“Pode ser que a estrutura frequentemente observada de práticas de projeto, onde um pequeno número de indivíduos é responsável pelo projeto conceitual, enquanto muitos outros desenvolvem a ideia, é uma forma de dirigir esses assuntos. Diferentes estilos de projetar, quantos projetos podem ser feitos sem o uso de desenhos e a eficácia de tais estilos, são assuntos, portanto, que requerem atenção empírica.” (PURCELL; GERO, 1998, p 399-400, tradução nossa).

A qualidade dos modelos e desenhos, que são ferramentas úteis para o projeto conceitual, pode ser cada vez mais aprimorada pelas pesquisas teóricas. Atualmente, as pesquisas devem buscar adequar estas ferramentas às modernas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) voltadas para o setor da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção).

Nesse sentido, o BIM (Building Information Modeling: Modelagem de Informação da Construção) é um conceito que surgiu para salientar o processo de modelagem de informações especificamente voltado para empreendimentos de construção (EASTMAN et al., 2011). Nesse processo se gera um modelo que, simplificado, é um conjunto



de dados estruturados que descrevem elementos do empreendimento de edificação através de uma linguagem adequada. Uma das bases do BIM é a abordagem de *orientação a objetos* que conduz a um modelo com níveis de detalhamento compatíveis à quantidade de informação disponível. Por esse motivo, embora a aplicação do conceito BIM no processo de projeto não seja necessariamente feita desde as fases iniciais, isso seria muito vantajoso e altamente recomendável.

Um Modelo de Informação não está necessariamente associado a um processo de projeto, mas precisa ser harmônico e trabalhar em conjunto com diversos processos de projeto. Não é uma forma de expressão, mas um meio para se chegar a ela. Um dos maiores benefícios da utilização de um modelo de informações desde as fases iniciais é a possibilidade de usufruir os resultados das simulações computacionais como retroalimentação para a reflexão sobre as primeiras decisões. É certo que essas simulações apresentarão um nível de precisão menor, já que os dados disponíveis ainda são poucos e grosseiros nessa fase, mas já significará uma diretriz para esclarecer as primeiras dúvidas. O fato de o modelo ser evolutivo, ou seja, que se completa na medida em que há mais informações advindas das decisões dos projetistas, permite que essa interação com as simulações seja iterativa, o que garante respostas cada vez mais precisas. Esperar um modelo completo para fazer as simulações é quase um contrassenso, já que a resposta das simulações poderia indicar uma falha muito grande nas decisões de projeto que já atingiu um estágio de maturidade no qual um retorno ao início ou a fases muito anteriores não seria viável.

A utilização dos modelos como complementação ao esboço no processo de projeto, assim como a utilização de qualquer outro instrumento complementar, deve ser cuidadosa, de modo a não limitar, restringir ou conduzir as soluções. Por vezes, um instrumento mais complexo pode induzir a soluções que são mais adaptadas ao estilo do instrumento. Nesse sentido, o desenvolvimento de ferramentas computacionais de manipulação do modelo tem que levar isso em consideração. A interface dessas ferramentas deve ser o mais flexível e o mais adaptado ao usuário possível e deve estar em constante evolução. Incorporar idiosincrasias, metodologias, modelos mentais, etc. tem que ser uma meta constante no desenvolvimento dessas ferramentas, tanto do ponto de vista da interface com o usuário quanto do ponto de vista da estrutura do modelo. Em resumo, estudar o usuário e as suas formas de trabalhar e aplicar as conclusões desses estudos é essencial para produzir ferramentas efetivamente auxiliaadoras ao projeto, especialmente nas fases iniciais do seu desenvolvimento.



Referências

- ALENCAR, E.M.L.S. de. **Criatividade**. Brasília: ed. UNB, 1995.
- ARCSPACE. Architecture on line. **Frank O. Gehry & Partners Walt Disney Concert Hall**. Disponível em: <http://www.arcspace.com/architects/gehry/disney2/index.html>. Acesso em: 05 jul. 2011.
- BOSE, P.; CHAKRABARTI, R. **Application of Optimized Multi-Criteria Decision-Making in an Environmental Impact Assessment Study**. Civil Engineering and Environmental Systems, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 31-48, 2003.
- CAO, Q. **A knowledge-based analysis system of design**. Environment and Planning B: Planning and Design, London, v. 23, p. 353-367, 1996.
- CAO, Q.; PROTZEN, J. P. **Managing design information: Issue-Based Information Systems and Fuzzy Reasoning System**. Design Studies, Oxford, n. 20, p. 343-362, 1999.
- CROSS, N.; CHRISTIAANS H.; DORST, K. **Analysing design activity**. Chichester: John Wiley & Sons, 1996.
- DETONI, M.M.M.L. **Aplicação da Metodologia Multicritério de apoio à Decisão na definição de características de projeto de construção**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 22 e CONGRESSO LATINO IBERO AMERICANO DE PESQUISA OPERACIONAL E ENGENHARIA DE SISTEMA, 7, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1996.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**, 2nd Edition. 2011
- GERO, J.S.; DAMSKI, J.C. **A symbolic model for shape emergence**. Environment and Planning B: Planning and Design, London, n. 24, p. 509-526, 1997.
- GERO, J.S. **Computational Models of Innovative and Creative Design Processes**. Technological Forecasting and Social Change, New York, n. 64, p. 183-196, 2000.
- GOEL, V. **Sketches of Thought**. Cambridge: MIT Press, 1995.
- GOLDSCHMIDT, G. **The dialectics of sketching**. Creativity Research Journal, Philadelphia, v. 4, n. 2, p. 123-143, 1991.
- GUILFORD, J.P. **The nature of human intelligence**. New York: Mc-Graw-Hill, 1967. 538p.
- KIATAKE, M.; PETRECHE, J.R.D. **Aplicação da TRIZ ao processo de projeto arquitetônico**. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. CD-ROM.



- KIATAKE, M.; CHENG, L.Y., C.; PETRECHE, J. R. D. **Knowledge Representation of Architectural Design by using IBIS-FRS System.** Journal of Advanced Computational Intelligence, Japão, v. 9, n. 6, p. 677-683, 2005.
- KLEMN, K.; MARKS, W.; KLEMN, A. J. Multicriteria optimization of the building arrangement with application of numerical simulation. Building and Environment, Oxford, n. 35, p. 537-544, 2000.
- KNELLER, G. F. **Arte e Ciência da Criatividade.** Trad. J. Reis. São Paulo: Ibrasa, 1998.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K., PINA, S. A. M. G., RUSCHEL, R. C., SILVA, V. G. D., LABAKI, L. C. e MOREIRA, D. C. **Da pós-ocupação à avaliação de projeto:** diretrizes de implantação de conjuntos habitacionais de interesse social no estado de São Paulo, Brasil. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CLACS04), 1, e, ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC04), 10, 18-21 nov. 2004, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004, p. 11.
- KOWALTOWSKY, D.C.C.K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D. C.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G.; LABAKI, L. C.; PETRECHE, J. R. D. **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.
- LIU, Y-T. **Creativity or novelty?** Design Studies, Oxford, n. 21, p. 261-276, 2000.
- _____. **Some phenomena of seeing shapes in design.** Design Studies, Oxford, v.16, n. 3, p. 367-385, 1995.
- MANN, D.; Ó CATHAIN, C. **Computer-based TRIZ - Systematic Innovation Methods for Architecture.** In: COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 9, 2001, Eindhoven. **Anais...** London: Kluwer Academic, 2001. p. 561-575.
- MC LAUGHLIN, S; GERO, J. S. **Requirements of a reasoning system that supports creative and innovative design activity.** Knowledge-Based Systems, New York, v.2, n. 1, p. 62-71, 1989.
- MONICE, S.; PETRECHE, J.R.D. **O uso da Teoria de Projeto Axiomático para auxílio do processo de projeto.** In: SIBRAGEC - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3, 2003, São Carlos. Anais eletrônicos... São Carlos: ANTAC, 2003. Disponível em:
<<http://www.deciv.ufscar.br/sibragec/trabalhos/index.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- MUMFORD, M.D.; REITER-PALMON, R.; REDMOND, M. Problem Construction and Cognition: Applying Problem Representations in Ill-Defined Domains. In: RUNCO, M.A. (ed) **Problem Finding, Problem Solving, and Creativity.** New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1994. p. 3-39.

- NORMAN, D.A. **Things that make us smart: Defending human attributes in the age of the machine.** Massachusetts: Perseus Books, Reading, 1993.
- OXMAN, R. **Prior knowledge in design: a dynamic knowledge-based model of design and creativity.** Design Studies, Oxford, v.11, n. 1, p. 17-28, jan. 1990.
- _____. **The thinking eye: visual re-cognition in design emergence.** Design Studies, Oxford, v. 23, n. 2, p. 135-164, 2002.
- PAHL, G; BEITZ, W. **Engineering Design: a Systematic Approach.** Trad. Ken Wallace, Lucienne Blessing e Frank Bauert. London: Springer, 1996.
- PIGNATARI, D. **Informação. Linguagem. Comunicação.** São Paulo: Perspectiva, 1968.
- PURCELL, A.T.; GERO, J.S. **Drawings and the design process.** Design Studies, Oxford, v.19, n. 4, p. 389-430, out. 1998.
- RITTEL, H. **Issue-Based Information System.** In: GRANT, D. Argumentative information and decision systems. Design Methods: Theories, Research, Education and Practice, San Luis Obispo, n. 26, p. 1524-1588, 1992.
- RUNCO, M. A. Problem finding, problem solving, and creativity. New Jersey: Norwood, 1994.
- SCHON, D. A.; WIGGINS, G. **Kinds of seeing and their functions in designing.** Design Studies, Oxford, v. 13, n. 2, p. 135-156, 1992.
- SAATY, T.L. **Método de Análise Hierárquica.** São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.
- SIMON, H. A. **The sciences of the artificial.** Massachusetts: MIT Press, 1969.
- SOUFI, B.; EDMONDS, E. **The cognitive basis of emergence: implications for design support.** Design Studies, Oxford, v. 17, n. 4, p. 451-463, 1996.
- SOWA, J. F. **Conceptual Structures: information processing in mind and machine.** New York: Addison-Wesley, 1984.
- SPERLING, D. M. **O processo de Projeto Arquitetônico, novas tecnologias de Informação e o Museu Guggenheim de Bilbao.** In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3, 2002, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: PUCRS, 2002. Disponível em: <<http://www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A038.pdf>> Acesso em: 09 jul. 2011.
- SUH, N.P. **Axiomatic Design: Advances and Applications.** New York: Oxford University Press, 2001.
- SUWA, M.; TVERSKY, B. **What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis.** Design Studies, Oxford, n. 18, p. 385-403, 1997.
- TEMPLE EXPIATORI SAGRADA FAMÍLIA. **Novas Tecnologias.** Disponível em: <http://www.sagradafamilia.cat/docs_instit/proces3.php>. Acesso em: 01 jul. 2011.

Notas

¹ Na acepção de Peirce (Pignatari, 1968), signo é toda coisa que substitui a outra, representando-a para alguém, sob certos aspectos e em certa medida.

² Ao termo “indicial” refere-se à classificação dos signos na Semiótica, tratando-se dos casos em que este mantém uma relação direta com o seu referente, ou à coisa que produz o signo (Pignatari, 1968).