

# Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico

*A reflection on architectural design methodologies*

Doris Catharine Cornélie Knatz Kowaltowski  
Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Estadual de Campinas  
Avenida Albert Einstein, 951  
Cidade Universitária Zeferino Vaz, CP  
6021  
Campinas - SP - Brasil  
CEP 13083-852  
Tel.: (19) 3788-2306  
E-mail: doris@fec.unicamp.br

Maria Gabriela Caffarena Celani  
Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: celani@fec.unicamp.br

Daniel de Carvalho Moreira  
Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: damore@fec.unicamp.br

Silvia Aparecida Mikami G. Pina  
Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: smikami@fec.unicamp.br

Regina Coeli Ruschel  
Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: regina@fec.unicamp.br

Vanessa Gomes da Silva  
Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: vangomes@fec.unicamp.br

Lucila Chebel Labaki  
Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo  
Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: lucila@fec.unicamp.br

João Roberto D. Petreche  
Departamento de Construção Civil  
Universidade de São Paulo  
Av. Prof. Almeida Prado, nº. 83  
Edifício Paula Souza  
Cidade Universitária  
São Paulo - SP - Brasil  
CEP: 05508-900  
Tel.: (11) 3091-5468  
E-mail: joao.petreche@poll.usp.br

Recebido em 16/11/04  
Aceito em 24/01/06

Doris Catharine Cornélie Knatz Kowaltowski  
Maria Gabriela Caffarena Celani  
Daniel de Carvalho Moreira  
Silvia Aparecida Mikami G. Pina  
Regina Coeli Ruschel  
Vanessa Gomes da Silva  
Lucila Chebel Labaki  
João Roberto D. Petreche

## Resumo

**E**ste artigo discute métodos de projeto arquitetônico à luz das complexidades atuais do processo criativo, dos avanços tecnológicos e das mudanças sociais e econômica. Este panorama uma mudança de atitude e a aplicação de procedimentos mais sistemáticos durante o processo de projeto. Vários métodos de projeto são apresentados, os quais discutem a síntese, a análise e a avaliação de importantes fatores arquitetônicos. O potencial destes métodos é analisado. Técnicas e procedimentos para avaliação do desempenho de edifícios, avaliação de projetos e desenho são discutidos, assim como o uso de modelos físicos e virtuais. Assim, o artigo faz uma reflexão sobre as formas e meios pelos quais os arquitetos organizam a busca das soluções de projeto de alta qualidade, que satisfaçam as necessidades humanas.

**Palavras-chave:** processo de projeto em arquitetura, métodos de projeto

## Abstract

*This paper discusses architectural design methods in view of the present day complexities of the creative process, technological advances and social and economic changes. This scenario demands a change in attitude and the application of more systematic procedures during the design process. Various design methods are presented which discuss the synthesis, analysis and evaluation of the important architectural factors. The potential of these methods are shown. Techniques and procedures for building performance assessment, design evaluation, and drawing and drafting are presented, as well as the use of physical and virtual models. Thus, the paper reflects upon the ways and means of how architects organize the search for high quality design solutions which satisfy human needs.*

**Keywords:** design process in architecture, design methods

## Introdução

É objetivo deste trabalho, por meio de uma breve revisão do estado da arte em metodologia de projeto, apresentar uma discussão sobre o processo de projeto em arquitetura. As investigações em metodologias de projeto arquitetônico situam-se na transversalidade de várias áreas, tais como: qualidade do ambiente construído, conforto ambiental, psicologia ambiental, processo de projeto, informática aplicada e avaliações de projetos e obras em pós-ocupação.

Os avanços tecnológicos e as mudanças globais das relações sociais e econômicas influenciam os trabalhos em arquitetura. Nos últimos anos, a complexidade do projeto e a exigência da qualidade ambiental das construções de grande porte têm aumentado. Cinco razões podem ser citadas em relação a esse aumento: avanço rápido da tecnologia; mudança de percepção e de demanda dos proprietários de edificações; aumento da importância do prédio como facilitador da produtividade; aumento da troca de informações e do controle humano; e a necessidade de criação de ambientes sustentáveis, com eficiência energética. Evidenciam-se também uma intensificação competitiva e a necessidade crescente de colaboração dos agentes de um projeto para produzir com eficiência e qualidade. Essas exigências sobre o trabalho do arquiteto demandam um aprimoramento dos procedimentos adotados e a aplicação de metodologias mais sistemáticas de pesquisa e projeto.

## Processo de projeto

Em arquitetura, o processo de criação não possui métodos rígidos ou universais entre profissionais, muito embora possam ser atestados alguns procedimentos comuns entre projetistas. O processo é complexo e pouco externado pelo profissional. O campo projetivo arquitetônico situa-se numa área intermediária entre ciência e arte, tendo que responder a questões não perfeitamente definidas e permitindo múltiplas abordagens (DÜLGEROGLU, 1999; JUTLA, 1996). Há subáreas (representação da forma, história e teoria de construções e estudo das estruturas, entre outras) que se desenvolvem de maneira independente, cada uma com um tipo de dialeto, sendo necessário integrá-las na concepção do projeto. O campo também possui o conhecimento universal para fazer normas e padronizações e o conhecimento específico para cada caso. Assim sendo, todo problema é único e, portanto, cada solução está baseada em um conjunto diferente de critérios.

São grandes as dificuldades de enquadrar as características do processo projetivo em metodologias de projeto, uma vez que o processo de criar formas em arquitetura é, na maioria das vezes, informal, individual ou simplesmente pertence a escolas de regras estéticas (KOWALTOWSKI; LABAKI, 1993). Estudos do processo criativo indicam pelo menos cinco tipos de heurísticas aplicadas na solução de projetos (ROWE, 1992; LAWSON, 1997; HEARN, 2003):

- (a) analogias antropométricas: baseiam-se no corpo humano e nos limites dimensionais;
- (b) analogias literais: uso de elementos da natureza como inspiração da forma;
- (c) relações ambientais: aplicação com maior rigor de princípios científicos ou empíricos da relação entre homem e ambiente, tais como clima da região, tecnologia e recursos disponíveis;
- (d) tipologias: aplicação de conhecimento de soluções anteriores a problemas relacionados, podendo-se dividir em modelos de tipos de construção, tipologias organizacionais e tipos de elementos ou protótipos; e
- (e) linguagens formais: estilos adotados por grupos ou escolas de projetistas.

Pode-se considerar o processo de projeto como um conjunto de atividades intelectuais básicas, organizadas em fases de características e resultados distintos. Essas atividades são análise, síntese, previsão, avaliação e decisão. Na prática, algumas atividades podem ser realizadas através da intuição, algumas de forma consciente e outras a partir de padrões ou normas (LANG, 1974).

O projeto arquitetônico faz parte da família de processos de decisão. O processo de decisão em um projeto pode utilizar a descrição verbal, gráfica ou simbólica, isto é, vários mecanismos de informação, para antecipar analiticamente um modelo e seu comportamento (ROSSO, 1980). Podem-se ainda considerar as principais fases do modelo geral da tomada de decisão, que, traduzidas pela prática profissional dos projetistas, dividem-se em programa, projeto, avaliação e decisão, construção e avaliação pós-ocupação. Em cada fase, pode ser realizada uma série de atividades (LANG, 1974). Na rotina dos escritórios de arquitetura, observa-se ainda a divisão da fase de projeto em croquis, anteprojetos e projeto.

De acordo com Mumford *et al.* (1994), o pensamento criativo representa uma forma de solução de problemas. Os estudos da capacidade humana de buscar soluções de problemas enfocam

elementos cognitivos (TORRANCE, 1962; STEMBERG, 1988; BODEN, 1991). Podem existir barreiras que impeçam o florescimento da criatividade no indivíduo, que podem ser perceptivas, culturais, ambientais, emocionais e intelectuais. De outro lado, há meios de estimular as atividades criativas, como, por exemplo, os métodos chamados de *brainstorming* (HYMAN, 1998). Há ainda a *Theory of Inventive Problem Solving*<sup>1</sup>, conhecida por “TRIZ”, criada por Altshuller em 1946 e recentemente aplicada ao projeto arquitetônico (ALTSHULLER, 1984; MANN, 2001; KIATAKE, 2004). Esse método consiste essencialmente na reestruturação de um problema de projeto específico em um problema genérico cuja solução tenha princípios referenciais consolidados.

A complexidade do processo de projeto pode ser suportada mediante a utilização de métodos de controle e planejamento do processo cognitivo. É sabido que em arquitetura existem muitos aspectos conflitantes que necessitam de resolução. A maneira criativa de solucionar esses conflitos é aquela que encontra no próprio conflito impulso para gerar inovações e descobertas (KIATAKE, 2004). Métodos que auxiliam esse processo buscam restringir o espaço ou escopo do problema para reduzir o tempo no desenvolvimento do projeto e aumentar a sua qualidade. Nessa linha foram criados outros métodos, como, por exemplo, a “Metodologia Axiomática de Tomada de Decisão” desenvolvida por Suh (1990, 1998, 2001). Esse método apóia a busca de solução de problemas de projeto com aplicação de lógica. A teoria baseou-se na afirmação de Suh que projetar é um procedimento considerado solitário e que engloba conhecimento multidisciplinar, o que faz do projeto uma área em que a experiência é tão importante quanto uma educação formal.

No projeto de edificações, é papel do projetista apresentar não um universo de soluções, mas aquelas que, em princípio, atendam ao programa do cliente nos aspectos funcionais e técnicos e ao enfoque econômico que o mesmo cliente propõe (ROSSO, 1980). É característica dessas soluções respeitar uma das verdades absolutas no desenvolvimento do processo mental de criação do projeto: as idéias normalmente estão em diferentes estágios de definição e não seguem uma ordem linear de seqüência de decisão (BROADBENT, 1970). Os diferentes estágios de definição dos elementos que compõem o projeto obrigam o autor a trabalhar em ciclos simultâneos de decisão, de acordo com a parte do sistema analisada, o que particularmente estimula o desenvolvimento de

estudos para a utilização de métodos racionais no campo do projeto arquitetônico.

A metodologia de projeto, como um procedimento organizado para transportar o processo de criação a certo resultado, procura racionalizar as atividades criativas e apoiar o projetista para a solução de problemas cada vez mais complexos, uma vez que a tomada de decisão significa escolher um curso de ação entre muitas possibilidades. As metodologias de projeto que auxiliam o processo criativo podem ser vistas como abstrações e reduções utilizadas para compreender o fenômeno projetivo. Existe um consenso entre os teóricos de que a intuição é parte importante do processo e de que o modelo de projeto não é uma seqüência linear de atividades exatas, uma vez que o projetista não possui *a priori* amplo conhecimento da natureza do objeto de projeto, e seu processo de pensamento não pode ser considerado totalmente racional (LANG, 1974).

Durante o processo de criação são efetuadas avaliações constantes de vários tipos. Existem sistemas de avaliação abertos, os chamados métodos de argumentação, que enfocam e privilegiam certas soluções de projeto. O debate é influenciado por características pessoais, pela experiência do projetista em relação ao problema, bem como pelo enfoque de sua formação diante do projeto. Todos esses fatores, agora externados, moldam o partido do projeto. É valioso e útil para arquitetos explorar várias maneiras de obter soluções de projeto de um aspecto específico, adotando diferentes ênfases durante o processo de concepção da solução. Muitas vezes são aplicadas três abordagens para um projeto com o enfoque dirigido na avaliação por arguição. O fator imagem é aplicado quando a ênfase na abordagem é o visual, o intuitivo. O programa do projeto pode assumir ênfase na abordagem através do racional, do funcional, e o sítio tem ênfase na abordagem através do seu meio ambiente.

### **Avaliação Pós-Ocupação e a relação entre ambiente e comportamento humano**

Admitindo-se a falta de conhecimento total do problema a ser resolvido pelo projetista, as metodologias de projeto com participação do cliente/usuário são vistas como uma maneira de reduzir os erros de trajetória do processo. A inclusão da diversidade de opiniões e percepções amplia a base de conhecimento da natureza do objeto de projeto. Esse procedimento de projeto cria a necessidade de documentação profunda e comunicação clara das decisões projetuais para um entendimento dos diversos atores do processo.

<sup>1</sup> Teoria da solução inventiva de problemas.

Surgem métodos participativos de projeto, como os jogos, modelos em escala real (*mock-ups*) e a aplicação de recursos visuais mais realistas, como maquetes virtuais com passeios programados (SANOFF, 1991). Surgem também visitas a edifícios tipo, para a documentação de opiniões e satisfações, tendo as avaliações pós-ocupação (APO) um papel fundamental no processo de projeto.

Assim, as avaliações pós-ocupação de edificações devem fazer parte das metodologias de projeto, pois colaboram com as fases de síntese e correção das falhas de projeto. Métodos e técnicas de avaliação do ambiente construído são utilizados por pesquisadores vindos de diferentes áreas. A avaliação pelo próprio usuário de uma edificação é considerada importante no levantamento da complexidade do uso e da satisfação do ambiente construído.

A existência de diferentes pontos de vista entre pesquisadores, especialistas e usuários leigos levou os métodos APO a considerar que ambientes construídos sejam submetidos não só às avaliações comportamentais, mas também a avaliações físicas. Estas últimas utilizam instrumentos técnicos de medição, ensaios de componentes, protótipos em laboratórios e observações técnicas gerais. Podem ser feitos ainda cálculos e simulações, quando necessário, como balanço térmico e aferição de consumo de energia elétrica, entre outros (PREISER, 1988).

Destacam-se ainda os métodos e técnicas visuais, que permitem associar as informações obtidas por meio de diários ou listas de atividades, mapas comportamentais, registros fotográficos, registros em videotape, percepção visual e simulações (SANOFF, 1991; ITTELSON *et al.*, 1970). Nesses métodos, são aplicadas muitas vezes as escalas de diferencial semântico, criadas por Osgood, Suci e Tannenbaum (1957), em que se trabalha com extremos opostos, como interessante e cansativo, por exemplo, ou difícil e fácil.

A relação entre o ambiente construído e o comportamento humano está estreitamente ligada às estruturas sociais e culturais e às tecnologias de uma época. As condições geradas no ambiente alteram o modo de vida das pessoas, renovando-se com as próprias transformações, ante as necessidades do usuário (ORNSTEIN, 1995). O projeto arquitetônico deve responder mediante a criação das formas e do detalhamento de uma edificação para abrigar a relação entre ambiente e comportamento humano e contribuir com melhorias estéticas. É dentro desse universo que age a psicologia ambiental, definida como

interação entre indivíduos e as suas condições físicas (GIFFORD, 1997).

O conforto ambiental, nos seus aspectos térmicos, acústicos, visuais e de funcionalidade, é um dos elementos da arquitetura que mais influencia o bem-estar do homem. O processo de projetar deve criar ambientes que priorizem os aspectos de conforto, funcionalidade, economia e estética, aplicando os conhecimentos artísticos, científicos, técnicos e de psicologia ambiental. As constatações de falhas nas construções, especialmente no que diz respeito ao ajuste da função à forma, são freqüentes. O grande desafio nas pesquisas em arquitetura tem sido, nos últimos anos, a introdução sistemática de conhecimento de fatores comportamentais no processo criativo. Estabelecer regras com profundo conteúdo humanista e científico dentro de uma metodologia de projeto demonstra importante contribuição no enriquecimento conceitual do processo criativo.

A partir da análise dos dados coletados, as pesquisas de avaliação pós-ocupação podem gerar prescrições para a melhoria do ambiente já construído, parâmetros de projeto e conhecimentos diversos de tipologias edificadas e seus usuários. É percebida a existência de problemas que podem ser evitados com a utilização de parâmetros de projeto mais rigorosos. Existem tentativas na busca de métodos para o processo projetual e a garantia da qualidade dos seus produtos. Uma vertente é a especialização da profissão para projetos de tipologias específicas, tais como hospitais ou indústrias. As metodologias participativas de projeto, cujo objetivo é amenizar o autoritarismo do projetista no processo, são também contribuições positivas. Há ainda a criação de profissões novas, como os programadores de necessidades que atuam na preparação de material para o ato de projetar e na avaliação dos produtos com o intuito de criar um corpo de conhecimento apropriado para direcionar e alimentar o processo criativo (SANOFF, 1992).

Uma análise de trabalhos científicos da área de avaliação pós-ocupação publicados no Brasil mostrou que ainda há dificuldades nas contribuições desses trabalhos com possibilidade direta de aplicação no processo criativo (KOWALTOWSKI *et al.*, 2000). Os trabalhos analisados dividem-se de acordo com o seu objetivo, tipologia arquitetônica estudada, metodologias aplicadas e forma de apresentação de resultados.

Os resultados das avaliações no país apresentam listas ou mapas de atividades, avaliações gerais individuais do pesquisador, avaliações estatísticas, descrições técnicas, levantamento de satisfação e

de conforto pelo usuário, levantamentos de alterações em projeto, listas de problemas técnicos, listas de preferências e dimensionamentos de áreas. A qualidade dos dados gerados nessas pesquisas, para uma aplicação direta e universal no processo criativo, está relacionada às metodologias usadas nas práticas APO. A maioria dos trabalhos de APO no país ainda aplica o questionário e as observações pessoais do pesquisador como meio de coleta de dados e resiste em usar um universo mais amplo de metodologias disponíveis. Há ainda o problema da apresentação de resultados, que muitas vezes são descritivos ou muito específicos, o que dificulta a sua transferência ao processo de projeto em geral (KOWALTOWSKI *et al.*, 2000).

As técnicas que exigem medições com equipamento e aplicam métodos com rigor estatístico, bem como as metodologias consagradas tais como *behavior setting*<sup>2</sup> (BARKER *et al.*, 1964), demonstram resultados mais consistentes para uma aplicação universal em projeto. A análise dos trabalhos no país não está relacionada à confiabilidade dos dados, mas sim à sua potencialidade de tradução à prática em arquitetura. A confiabilidade está presente nos trabalhos de estudo de caso, cujos dados de *retro-fit* são os resultados principais<sup>3</sup>.

Recomenda-se uma divulgação mais consistente das metodologias, com maior rigor estrutural e estatístico, além das técnicas consagradas de pesquisas empíricas em conforto ambiental que usam equipamentos de medições. Essa divulgação deverá conter instruções detalhadas da prática da aplicação, com o intuito de aumentar o uso dessas metodologias de potencialidade de resultados mais adequados. O formato dos resultados deve ser um ponto de reflexão na direção de melhorar a relação entre pesquisas APO e o processo criativo em arquitetura. O ato de projetar apóia-se na sua comunicação, principalmente em representações gráficas, mas a análise dos trabalhos de APO em geral mostra que o desenho está presente apenas em um terço deles, e, em muitos casos, o conteúdo gráfico e técnico é pouco informativo para uma aplicação universal ao processo criativo. A falta de informações visuais precisas pode ser apontada com uma das causas principais do descompasso da

aplicação de descobertas técnicas aos projetos novos. As informações de falhas de projeto necessitam uma divulgação mais eficiente e em formato mais apropriado para a aplicação no processo projetual.

Existe também a demora na aplicação de conhecimentos novos. Métodos criativos de divulgação devem ser aplicados para reduzir esse tempo. Bancos de dados deverão ser criados e associados às ferramentas de projeto, os programas CAD. Um importante acervo de informações pode ser extraído das pesquisas APO, quando utilizadas com o objetivo de sistematização do processo projetual. A aplicação dos levantamentos de dados na relação entre homem e ambiente e seus resultados devem ser disponibilizados para novos projetos arquitetônicos também na *World Wide Web*, para um acesso mais ampliado. A realidade virtual e as simulações de ambientes com representação gráfica devem ser aplicadas com mais frequência, para criar um acervo de percepções e pesquisar reações controladas de usuários reais ou potenciais. A introdução de novos conhecimentos no processo de criação de um projeto arquitetônico também necessita de testes posteriores para verificação de sua confiabilidade e adequação específica.

Grandes bancos de dados, com mais de 20.000 resultados de medições, estão disponíveis atualmente. Algumas avaliações dos dados apontam para modificações nos modelos de conforto térmico, questionando o Voto Médio Estimado (VME) de Fanger e reforçando a necessidade de pesquisas no modelo adaptativo de conforto (JONES, B. W., 2004). Outros bancos de dados, como o do Governo dos Estados Unidos através da *US General Services Administration*, usam uma estrutura de avaliação chamada *Balanced Scorecard* (KAMPSCHROER, 2004). O método avalia a relação entre o espaço físico, o comportamento humano e mudanças organizacionais no processo de trabalho nas instituições federais dos Estados Unidos.

Uma das dificuldades em obter dados sobre uso e ocupação de edificações é a falta de registros de informações disponíveis na maioria das construções no país e no mundo. Para viabilizar e reduzir os custos de APOs em geral, recomenda-se, portanto, a introdução de *logbooks*, diários de bordo, introduzidos no “habite-se” das edificações e mantidos junto ao gerenciamento delas (JONES, P. G., 2004). Recentemente, algumas metodologias de APO foram adaptadas para ferramentas *WEB-based*. O *Center for the Built Environment* (CBE) da Universidade da Califórnia, em Berkeley, proporcionou a coleta de dados pela internet de maneira eficiente e sem grandes custos

<sup>2</sup> A metodologia *behavior setting*, também conhecida por “cenários comportamentais”, classifica o ambiente em categorias de acordo com o tempo de ocupação dos usuários, com o envolvimento e o comprometimento dos ocupantes em relação ao ambiente, com os aspectos comportamentais através da frequência, duração e intensidade de ações no local e com a variedade de comportamentos possíveis nesse cenário (BERNARDI, 2001, p. 13).

<sup>3</sup> A sequência de um estudo de caso inclui a obra, o ajuste da sua documentação (*as built*), a ocupação, APO e introdução de ajustes e melhorias (*retro-fit*).

(ZAGREUS, 2004). Sabe-se que, principalmente no Brasil, muitas pesquisas de APO não são conduzidas pelo custo na aplicação de questionários e pela necessidade de dispor de equipes e equipamento para as medições técnicas recomendadas. A nova possibilidade de conduzir pesquisas APO a distância deve melhorar esse quadro.

## Avaliação de projeto

Atualmente as pesquisas em APO concentram-se nas falhas do ambiente físico pelas suas próprias evidências, talvez pela maior familiaridade em lidar com fatores objetivos do que com a complexidade de avaliação do comportamento humano.

Enquanto a área de APO desenvolveu métodos e conceitos próprios, a avaliação de projetos arquitetônicos tem sido feita pela crítica arquitetônica e deve fazer parte da metodologia de projeto de cada profissional. Essa avaliação tem sido feita, de um modo geral, através de métodos que englobam listas de verificação (*checklists*), seleção de parâmetros, classificação e atribuição de pesos, especificações escritas e índices de confiabilidade. As listas de verificação permitem a utilização de conhecimentos sobre os requisitos que foram considerados relevantes em situações similares. As dificuldades de emprego de métodos que englobam *checklists* referem-se ao tempo necessário para a sua aplicação. O fato de as listas serem longas e o fato de basearem-se em suposições criam situações que podem distanciar o projetista de uma nova solução (JONES, 1970; AIA, 2004).

A seleção de parâmetros, que são utilizados durante o processo projetivo, permite reconhecer um projeto aceitável. Esses parâmetros são definições e exigências de projeto tais como legislação, acesso, orientação, modulação, técnicas construtivas e custos, entre outros. É importante lembrar que essa seleção partirá de enfoques e interpretações diferentes. Na seleção de parâmetros e na sua priorização, pode-se utilizar a atribuição de pesos. Esse método, no entanto, possui como dificuldade a rigidez numérica para representar zonas de incerteza, mas pode atenuar a subjetividade das decisões projetuais. Pode ser um processo demorado e com custos elevados. A classificação e a atribuição de pesos a certo número de objetivos são utilizadas para comparar um conjunto de projetos alternativos, utilizando-se uma escala de medidas. Esse não é considerado um método confiável, na medida em que se classificam ou se atribuem pesos a objetivos nem sempre comparáveis (SILVA, 2000).

As especificações são utilizadas a fim de descrever saídas aceitáveis na elaboração do projeto. É um procedimento pelo qual o cliente define soluções mínimas para a sua aceitação. Assume-se que as pessoas envolvidas na elaboração de tais especificações conhecem melhor as condições que devem ser satisfeitas. As dificuldades referem-se ao tempo de elaboração da relação dessas especificações e ao nível de seu detalhamento (JONES, 1970).

Os índices de confiabilidade permitem aos projetistas inexperientes identificar componentes incertos ou inseguros sem a necessidade de testes. No caso do projeto arquitetônico, pode-se, por exemplo, considerar como item de projeto as definições de orientação da fachada, tipos de janela, tipos de acabamento, forma do ambiente, entre outros. Nesse procedimento, o princípio que se apresenta é o mapeamento do julgamento humano para um modelo aritmético. Para isso, é preparada uma classificação descritiva que inclua todas as características ideais dos componentes do produto e todas as causas de inadequação. A partir dessa relação, é solicitada aos projetistas mais experientes uma estimativa do grau de inadequação dos elementos classificados, para que sejam selecionados e verificados em termos de inadequação. Os componentes com alta pontuação serão alterados. No entanto, com esse método não se pode garantir que, por exemplo, um produto constituído por grande número de componentes com índices baixos de segurança seja um produto seguro (JONES, 1970).

A obrigatoriedade da avaliação da qualidade ambiental das construções de grande porte tem aumentado. O uso do computador para a avaliação do desempenho dos prédios entrou no processo como ferramenta de suporte. Na fase de avaliação, as simulações permitem refletir sobre o impacto do projeto em diferentes campos. A maioria das ferramentas de simulação foi desenvolvida para uso específico, de modo a auxiliar o projetista na otimização de parâmetros prioritários. O processo é caracterizado pela verificação do desempenho do projeto em vários aspectos. Muitas vezes, as múltiplas hipóteses adotadas não são representativas da complexidade dos fenômenos envolvidos. Caso a proposta seja insatisfatória, são feitas alterações, e o processo de simulação se repete até ser encontrada uma solução satisfatória. As decisões sobre o que e como mudar, geralmente, dependem da experiência do projetista. É sabido que existem limitações no uso de programas de simulação. A maior deficiência é que as simulações produzem uma série de informações sobre o desempenho de apenas uma solução de projeto por vez e, desse modo, não

proporcionam informação de como comparar o desempenho de diversas soluções (KOWALTOWSKI; LABAKI, 1993).

No processo do projeto arquitetônico, a visualização de aspectos de conforto ambiental é tida como importante instrumento para uma clara transferência de conhecimento das áreas da física, engenharia e psicologia. Vislumbra-se, na área das pesquisas em conforto ambiental, a plena visualização dos conceitos e das sensações dos aspectos de conforto térmico, acústico, lumínico e funcional-ergonômico (KOWALTOWSKI *et al.*, 1998). Para que a conexão dos indicadores de conforto, oriundos da pesquisa científica, ocorra de fato no projeto, é fundamental visualizar os fenômenos atuantes por meio de imagens estimulantes ao processo criativo. Assim, cada aspecto do conforto necessita de tradução específica dos conceitos e indicadores em imagens gráficas adequadas ao processo projetual. Recentemente, a computação gráfica tem contribuído na facilidade de manipulação de dados científicos e na interpretação mais amigável de resultados. Simulações com visualizações realistas das variáveis de projeto já existem, principalmente na área do conforto visual. Por outro lado, representar graficamente calor, movimento de ar e ruído é mais complexo e exige novas formas e conceitos de visualização. O desenvolvimento da realidade virtual vislumbra a simulação da ocupação desse espaço onde o som pode ser ouvido, os impactos sentidos e a luz e as cores percebidas. Habitam-se os espaços virtuais com sensações térmicas através da simulação das trocas de calor do corpo humano com o ambiente. Na representação gráfica tradicional em projeto arquitetônico, no entanto, a tradução dos fenômenos do conforto ambiental ainda apresenta grande dificuldade. Ilustrações muitas vezes são criadas evocando sensações equivocadas não realistas.

A crescente preocupação com fatores ambientais fez surgir a avaliação de desempenho ambiental dos edifícios ou de sustentabilidade do empreendimento. Essa avaliação procura indicar medidas para a redução de impactos a partir de alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo (YEANG, 1995). O parâmetro de sustentabilidade não exige mudança de estilo ou de estilo de vida, mas sim uma mudança de paradigma. É uma construção alternativa da relação humana com o meio ambiente que, por definição, requer uma nova forma de expressão. Sustentabilidade implica oportunidades e acomodação a mudanças durante a vida da edificação. Também implica continuidade e

constância no uso dessa edificação (COOK, 2001). As avaliações ambientais dos edifícios compreendem pelo menos cinco categorias: utilização de recursos naturais; geração de poluição e emissões; comprometimento dos agentes e qualidade do monitoramento da operação do edifício; qualidade do ambiente interno; e contexto de inserção (SILVA, 2000).

## Desenho como ferramenta de projeto

Para apoiar o desenvolvimento do projeto são utilizados procedimentos e ferramentas específicos para externar o estágio de desenvolvimento do projeto, tais como desenhos e maquetes. Existem alguns procedimentos característicos que transparecem nos desenhos da criação, nos quais trabalhos em duas e três dimensões são usados com propósitos específicos. A manipulação do produto de criação diretamente em planta é comum no processo, usando-se ainda grelhas e elementos fixos como, por exemplo, escadas para uma visualização melhor da escala do projeto. No momento do desenvolvimento da planta, o projetista procura resolver os problemas funcionais, apresentados pelo programa de necessidades e pelas restrições vindas do local de implantação. A planta também serve para direcionar a opção formal do projeto. É nesse momento que a terceira dimensão é usada como referência de imagens, mas ainda sem preocupação de precisão. Os estudos volumétricos, comuns nessa fase, são um importante elemento, pois servem para a avaliação formal do projeto e verificação de interferências técnicas, das superfícies da cobertura, por exemplo. Os estudos em três dimensões também servem para estudos de conforto térmico do projeto, das condições de insolação e de sombreamento adequado.

A introdução do desenho no processo de criação distingue o projeto arquitetônico da criação artesanal ou da construção vernacular. Nesse processo a compreensão do problema e a solução emergem juntas. O ato de passar uma idéia da percepção visual, através do olho, para uma cognição mental e pela mão no desenho amplia o conhecimento. A simples contemplação de uma fotografia, ou de um objeto ou uma paisagem, não cria a mesma compreensão da complexidade do objeto analisado.

Fraser e Henmi (1994) analisaram desenhos arquitetônicos e sugerem o seguinte sistema de classificação: desenhos referenciais; diagramas; desenhos de projeto; desenhos de representação; e desenhos visionários. Os desenhos referenciais são os registros de idéias de projetos percebidas pelo projetista, não necessariamente associadas a um

projeto específico. De acordo com Hertzberger (1991), os desenhos de referência são importantes registros de conhecimento que cada projetista deve estabelecer. O desenho de observação, por essa razão, ainda faz parte da formação do projetista na maioria das escolas de Arquitetura. Os desenhos efetuados durante viagens por muitos arquitetos são bons exemplos dessa tipologia de desenho e demonstram a importância desses registros de observação para o desenvolvimento da arte de projetar.

Diagramas, chamados de “infográficos” por Tufte (2001), são muitas vezes abstrações de idéias sem preocupação de fielmente representarem o mundo real ou o projeto com precisão. O “diagrama de bolhas”, para expressar as relações de espaços, é um dos diagramas mais utilizados no início do processo de projeto para externar o entendimento do programa de necessidades. Muitos projetistas utilizam diagramas para a própria compreensão de um fenômeno no processo de projeto, e a sua interpretação por terceiros pode ser errônea.

Desenhos de projeto são os registros das soluções parciais encontradas. Os desenhos de projeto reduzem a escala do objeto e expressam a terceira dimensão no papel através das projeções ortogonais e perspectivas. O grande desafio no processo de projeto em arquitetura é a necessidade de considerar fatores multifacetados ao mesmo tempo. Assim, o desenho “congela” um número de fatores, enquanto a mente trabalha outros aspectos do projeto. São colocadas hipóteses sobre o estágio do projeto e são produzidos e reproduzidos desenhos que analisam suposições. Por exemplo, relações de ambientes são exploradas e o impacto das novas organizações sobre a forma do projeto é analisado. Estudos de desenhos de projeto mostram que essa expressão deve-se limitar aos problemas postos e que a precisão do desenho deve estar relacionada ao nível de certeza da resolução do problema (LAWSON, 1997). No ato do desenho existe uma interação entre o olho e a mão, entre a percepção e a criação. Schön (1983) descreveu essa atividade de “conversa” do projetista com o seu desenho. Quando o olho interpreta e reinterpreta as formas e linhas, surgem novas idéias e soluções projetuais.

Muitos arquitetos produzem o que pode ser chamado de desenhos visionários. Essa tipologia de desenho representa as qualidades que o projeto deve possuir (LAWSON, 1997). Às vezes, aspectos do projeto são exagerados como, por exemplo, a luminosidade dos ambientes previstos. Escalas variadas podem ser aplicadas aos componentes arquitetônicos para enfatizar elementos específicos. A superposição de vistas pode ser uma maneira de representar as várias

dimensões do projeto. Perspectivas com vários pontos de fuga podem expressar o ponto de vista conceitual do projetista. Os desenhos visionários devem ser usados com precaução, já que não representam o projeto com precisão e podem criar no observador entendimentos errôneos.

No processo de projeto são produzidos ainda desenhos de representação de dois tipos distintos, os desenhos de representação final, para o cliente ou para a venda do produto, e os desenhos de execução, para dar suporte à construção (execução da obra). Esses desenhos devem ser produzidos apenas após o desenvolvimento do projeto, quando terminado a contento da equipe de projetistas e colaboradores técnicos (como engenheiros estruturais e de sistemas prediais), bem como clientes e usuários. Na produção dos desenhos de execução, no entanto, o projeto ainda passa por avaliações e manipulações para elevar a qualidade do produto e facilitar a sua execução. Os desenhos de representação devem comunicar com precisão a intenção do projeto e como essa intenção se realizará. Nessa fase é de extrema importância coordenar os vários agentes de projeto. Os novos ambientes computacionais do projeto colaborativo contribuem muito para essa afinação (SIMOFF; MAHER, 2000). As apresentações finais para o cliente são menos precisas, mas devem criar uma imagem fiel do produto após sua execução no seu contexto real.

## Maquete como ferramenta de projeto

Desenhar, detalhar, analisar, descobrir, construir, testar e discutir são as atividades principais do processo de projeto em arquitetura. A maquete, assim como o desenho, tem um papel importante nesse processo. A maquete de escala reduzida, do objeto sendo projetado, é uma representação mais fiel do objeto em relação ao desenho, já que a terceira dimensão é real. O objeto pode ser contemplado de vários ângulos e à luz do sol. Existem vários tipos de maquetes que devem fazer parte do processo de projeto. Pode-se distinguir três objetivos para o uso da maquete que se relacionam aos estudos da forma, do “*fit*” (do encaixe dos elementos) e da função dos elementos na montagem (RYDER *et al.*, 2002).

Estudos tridimensionais diversos são importantes. A topografia deve ser estudada a partir de modelos para otimizar os ajustes ao terreno para uma nova intervenção construtiva. Na fase criativa são importantes os modelos de massa, para analisar o conjunto da volumetria e seu impacto em relação à implantação do novo objeto. Esse tipo de maquete alimenta a discussão (interior ou individual) do projetista com o objeto em criação. A maquete

nessa fase é útil para testar idéias globais formais e, assim, enriquece o processo do desenho no papel. A complexidade das relações espaciais muitas vezes demanda a construção de maquetes para melhorar a compreensão do sistema criado e das interferências indesejadas que porventura surjam. Em etapas mais avançadas do processo projetual, a maquete pode servir como elemento de estudo de detalhes específicos e sua execução.

A maquete é de grande importância na comunicação de idéias no processo projetual. Ela expressa mais diretamente a intenção de projeto, principalmente para o cliente e usuários com pouca experiência na leitura de desenhos. A discussão com o cliente ou os usuários é mais direta, evitando-se interpretações erradas ou equivocadas. Em processos projetuais participativos as maquetes aumentam a percepção espacial dos usuários e alimentam as discussões produtivas.

Maquetes permitem estudos de fenômenos específicos. As simulações de sombras com o uso de um heliodon são importantes para definir a orientação dos volumes e a localização das aberturas, bem como o detalhamento das proteções de insolação (*brises*).

Maquetes especiais para estudos dos sistemas estruturais são de extrema importância e podem ser evidenciadas na obra de projetistas como Da Vinci, Gaudí e, atualmente, Sir Nicholas Grimshaw. Em muitos casos, testes podem ser efetuados com modelos de escala reduzida auxiliando o cálculo estrutural. Outros testes podem ser efetuados em túnel de vento para avaliar a estabilidade da estrutura. *Mock-ups* (maquetes em escala real) de componentes estruturais também são comuns em projetos complexos. Esses modelos permitem testes de montagem de componentes do processo construtivo. O detalhamento das junções dos elementos estruturais também é facilitado, e moldes são criados para a fabricação das peças da estrutura. Tais maquetes de escala real são especialmente importantes para a produção em série ou para construções em locais de difícil acesso e podem evitar imprevistos no transporte e na montagem.

Na fase da execução de obras a maquete é raramente utilizada, mas poderá ampliar a compreensão do projeto pelo engenheiro ou mestre de obra, especialmente com projetos complexos. Surgem muitos problemas de execução na obra, como incompatibilidades e imprecisões dimensionais, que poderão ser evitados por meio de uma visão mais completa do projeto. A complexidade de coberturas, em especial, poderá ser mais bem comunicada por maquetes, já que a base de desenhos de execução são

predominantemente as projeções ortogonais dos objetos. A interpretação desses desenhos demanda grande experiência e conhecimento. Finalmente, a maquete como ferramenta de comunicação é usada para fins de apresentação do projeto ao público-alvo, cliente e usuários. Muitas vezes a maquete serve para a arrecadação de fundos para viabilizar a execução da obra ou serve como instrumento de marketing para estimular a venda de apartamentos, por exemplo.

## Projeto assistido por computador

A introdução do computador ou CAD (computer aided design) no processo de projeto em arquitetura trouxe nova atenção do papel dado ao desenho e maquetes no processo criativo. Os sistemas CAD foram aperfeiçoados em paralelo ao desenvolvimento dos estudos em metodologia de projeto (KOWALTOWSKI, 1992). A rápida adoção dessa nova ferramenta de projeto deve-se a vários fatores. A facilidade de manipular o objeto, sendo projetado com precisão, e a visualização direta em várias projeções melhoram o processo criativo. A detecção de interferências indesejadas é ampliada. A rápida criação de alternativas é um fator importante na adoção de sistemas de CAD no processo de projeto. Existe também a facilidade de criar maquetes eletrônicas em que é possível simular a realidade em uma representação detalhada e quase fiel do objeto. A maquete virtual serve para criar múltiplas vistas do objeto, cortes e ainda animações que simulam passeios dentro do edifício. Além das facilidades de comunicação gráfica, pode-se estudar aspectos de conforto ambiental, principalmente sistemas de iluminação variados com as maquetes virtuais.

Estudos do processo criativo com o uso de CAD mostraram que as habilidades de mão e olho usadas com papel e lápis, que deram a gerações de arquitetos um prazer especial no exercício da profissão, são substituídas, de certo modo, por diferentes prazeres. Esses estudos também mostram que o uso de CAD como ferramenta no ensino não alterou a qualidade dos trabalhos desenvolvidos nas disciplinas de projeto (KOWALTOWSKI *et al.*, 2001). Além disso, a experimentação da volumetria pode ser ampliada e a representação das idéias melhorada.

No desenvolvimento da arquitetura nos últimos anos, nota-se um aumento da complexidade de formas propostas. Pode-se concluir que o uso de sistemas CAD contribuiu para a experimentação de formas mais complexas, já que a sua representação e manipulação foram facilitadas. O aumento em complexidade nos projetos arquitetônicos ampliou o uso de sistemas de CAD no processo de projeto e

paradoxalmente também impulsionou um retorno ao uso de modelos físicos nesse processo por profissionais. Nos escritórios de arquitetos como Frank Gehry e Sir Norman Foster, por exemplo, há atualmente um espaço novo, o *atelier* da experimentação da forma (KJELDSEN; KISER, 1998). São produzidos modelos físicos que são interpretados por *scanners* tridimensionais e especialistas em representação digital das formas complexas. As formas, às vezes, são parametrizadas para sua manipulação mais eficiente. Em seguida manipulam-se e interpretam-se as formas para garantir que as estruturas físicas e edifícios baseados nesses modelos possuam viabilidade construtiva maior. São criados novos modelos físicos para estudos da complexidade, funcionalidade e estética da forma. Assim, são efetuadas várias passagens do papel (esboço) para o modelo físico, para a interpretação geométrica da forma em CAD e de volta para modelos físicos para avaliação e aprovação (SHELDEN, 2002).

A técnica de prototipagem rápida cria novas possibilidades de projeto em arquitetura e influencia o processo criativo e a atividade profissional. Adicionam-se velocidade, versatilidade e precisão à manufatura de modelos físicos. Novos avanços tecnológicos devem diminuir o preço da aplicação dessa tecnologia em arquitetura e ampliar o seu uso. Os fatores de custo e tempo, que limitaram o uso da maquete física no projeto, devem ser superados.

O uso exclusivo de CAD pode influenciar o projetista com pouca experiência na criação de formas simplificadas, devido à limitação do software usado ou à dificuldade de modelagem digital (CELANI, 2003). O retorno do modelo físico, através da prototipagem rápida, auxilia e estimula a experimentar formas de maior complexidade. A captura digital da forma de modelos físicos, através de *scanners* 3D, deve ainda contribuir para enriquecer o processo de projeto.

Mesmo que as possibilidades do CAD na concepção, representação e desenvolvimento do projeto arquitetônico ainda sejam questionadas por profissionais e no ensino, é inegável o potencial dessas ferramentas no processo de projeto. O domínio dos recursos se faz cada vez mais presente para um uso criativo e eficiente na prática arquitetônica. São muitas as possibilidades de simulação do projeto, estrutura de colaboração entre os diversos profissionais envolvidos, experimentação de formas inovadoras e complexas, representação e ensaios estruturais que devem ser exploradas.

## Conclusões

Os estudos do processo de criação em arquitetura, na sua maioria, concentram a atenção sobre os processos cognitivos do projetista e as várias sistemáticas aplicadas para resolver problemáticas urbano-funcionais e estéticas (AKIN, 1989; ROWE, 1992; MITCHELL, 1996; LAWSON, 1997; BRAWNE, 2003). As teorias da cognição discutem a natureza do processo mental na criação e demonstram que há entendimento mediante a interpretação do objeto de maneira intuitiva e lógica (COYNE; SNODGRASS, 1991). Nos estudos desse processo é demonstrada a importância do desenho para facilitar a interpretação sem, no entanto, detalhar a importância da terceira dimensão dentro das várias fases de elaboração de um projeto. Os estudos também pouco se debruçam sobre o impacto da maquete no processo, seja ele virtual ou físico (real).

A discussão do processo de projeto demonstra a complexidade inerente ao processo. O objeto (projeto), seja ele uma edificação, cadeira ou parque, não é definido no ato, mas se constrói através da evolução do processo de projeto. A descrição parcial (no programa de necessidades) do objeto é transformada em desenhos. A manipulação incremental do desenho do objeto adiciona informação e refina o produto. Nesse sentido, 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, entre outros), desenhos, modelos, cálculos, simulações e discussões (opiniões de cliente, usuário, colaboradores, entre outros). A qualidade desse sistema de suporte reflete diretamente no processo de projeto e (espera-se) na qualidade do produto (projeto).

As pesquisas em metodologias de projeto nos últimos trinta anos procuram estruturar a introdução do conhecimento científico e do comportamento humano no processo criativo em arquitetura (BROADBENT, 1973). Estudos mais recentes, no entanto, mostram ainda uma resistência dos profissionais ao enquadramento metodológico, provavelmente consequência de um ensino de projeto incipiente nessa área (ANAIS, 1999). Recomenda-se que seja aplicada uma combinação de várias ferramentas. Com isso, coloca-se um maior número de exigências sobre o projeto, e assim é aprofundada a análise durante o desenvolvimento do produto. A concepção que viaja várias vezes do papel para modelos digitais e físicos deve ser estimulada com impactos positivos

sobre o processo de projeto e sobre o produto final nas tendências em arquitetura. Vislumbra-se uma nova arquitetura, que abriga um ser humano, “conectado” através dos sistemas *wireless* (sem fio), em ambientes mais criativos, confortáveis e belos.

## Referências

AIA. **Checklist of best practice**. Disponível em: <<http://www.aia.org/bestpractices/list.asp>>. Acesso em: 14 jun. 2004.

AKIN, Ö. **Psychology of architectural design**. London: Pion Limited, 1989.

ALTSHULLER, G. S. **Creativity as an exact science: the theory of the solution of inventive problems**. Tradução de A. Williams. Netherlands: Gordon and Breach, 1984.

DESIGN THINKING RESEARCH SYMPOSIUM – DESIGN REPRESENTATION, 4. **Anais...** Massachusetts Institute of Technology, 1999.

BARKER, R.; GUMP, P. V. **Big school, small school, high school size and student behavior**. Stanford, California: Stanford University Press, 1964.

BERNARDI, N. **Avaliação da interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares: estudo de caso em Campinas, SP**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

BODEN, M. **The creative mind: myths and mechanisms**. New York: Basic Books, 1991.

BRAWNE, M. **Architectural thought and the design process: continuity, innovation, and the expectant eye**. New York: Architectural Press, 2003.

BROADBENT, G. **Design in architecture: architecture and the human sciences**. London: John Wiley & Sons, 1970.

CELANI, G. **CAD criativo**. São Paulo: Campus, 2003.

COOK, J. Millennium measures of sustainability. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 18. **Proceedings...** Florianópolis, 2001.

COYNE, R.; SNODGRASS, A. Is designing mysterious?: challenging the dual knowledge thesis. **Design Studies**, v. 12, n. 3, p. 124-131, jul. 1991.

DÜLGEROGLU, Y. Design methods theory and its implications for architectural studies. **Design methods: theories, research, education and practice**, California: Design Methods Institute, v. 33, n. 3, p. 2870-2879, 1999.

FRASER, I.; HENMI, R. **Envisioning architecture: an analysis of drawing**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

GIFFORD, R. **Environmental psychology: principles and practice**. 2. ed. Boston: Allyn and Bacon, 1997.

HEARN, M. F. **Ideas that shaped buildings**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2003.

HERTZBERGER H. **Lessons for students in Architecture**. Rotterdam: Uitgeverij, 1991.

HYMAN, B. **Fundamentals of engineering design**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

ITTELSON, W.; PROSHANSKY, A.; RIVLEN, L.; WINKLER, G. **An introduction to environmental psychology**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1974.

JONES, B. W. Adaptation and occupant thermal comfort: a second look. In: CLOSING THE LOOP: POST OCCUPANCY EVALUATION THE NEXT STEPS. **Proceedings...** Windsor UK, 29th April, 2nd May, 2004.

JONES, P. G. Making post occupancy evaluation easier using building logbooks. In: CLOSING THE LOOP: POST OCCUPANCY EVALUATION THE NEXT STEPS. **Proceedings...** Windsor UK, 29th April, 2nd May, 2004.

JONES, J. C. **Design methods: seeds of human failures**. New York: John Wiley, 1970.

JUTLA, R. An inquiry into design methods. **Design methods: theories, research, education and practice**, California: Design Methods Institute, v. 30, n. 1, p. 2304-2308, 1996.

KAMPSCHROER, K. Strategic post occupancy evaluation. In: CLOSING THE LOOP: POST OCCUPANCY EVALUATION THE NEXT STEPS. **Proceedings...** Windsor UK, 29th April, 2nd May, 2004.

- KIATAKE, M. **Modelo de suporte ao projeto criativo em Arquitetura:** uma aplicação da TRIZ – teoria da solução inventiva de problemas. 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- KJELDTSEN, K.; KISER, K. (Ed.). **The Architect's Studio:** Frank O. Gehry. Louisiana: Museum of Modern Art, 1998.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia. In: ENTAC – ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo, **Anais...**, 1993. v. 2. p. 785-794.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MIKAMI, S. A.; PINA, G.; PRATA, A. R.; FACCIN DE CAMARGO, R. C. Ambiente construído e comportamento humano: necessidade de uma metodologia. In: ENTAC 2000, ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, **Anais...** 26-28 de abril, Salvador, 2000.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Metodologia e CAD no Projeto Arquitetônico. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: COMPUTAÇÃO, ARQUITETURA E URBANISMO. **Anais...** FAU/USP, dez. 1992. p. 51-57.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; GOUVEIA, A. P. S.; DA SILVA, V. G.; FÁVERO, E.; BORGES FILHO, F. Ensino do projeto arquitetônico: a teoria traduzida em exercícios no processo criativo. **REM:** Ver. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 1, p. 51-56, jan. 2001.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; PINA, S. M. G.; BERTOLLI, S. R. A. Visualização do conforto ambiental no projeto arquitetônico. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, 7. **Anais...** 27-30 de abril, Florianópolis, SC, 1998. p. 371-379.
- LANG, J. T. **Design for human behavior:** architecture and behavioral sciences. Pennsylvania: Dowden, Hutchinsons & Ross, Inc., 1974.
- LAWSON, B. **How designers think:** the design process demystified. Oxford, UK: Architectural Press, 1997.
- MANN, D. Computer-based TRIZ: Systematic Innovation Methods for Architecture. In: COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FURTURES, 9., 2001. **Proceedings...** Eindhoven, 2001b, London, Kluwer Academic. p. 561-575.
- MITCHELL, W. **The logic of architecture:** design, computation and cognition. Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.
- MUMFORD, M. D.; REITER-PALMON, R.; REDMOND, M. Problem construction and cognition: applying problem representation in Ill-Defined Domains. In: RUNCO, M. A. (Ed.). **Problem finding, problem solving and creativity.** New Jersey: Ablex Publishing Corp., 1994.
- ORNSTEIN, S. W. **Ambiente construído & comportamento:** avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental. São Paulo: Nobel, 1995.
- OSGOOD, C. E.; SUCI, G. J.; TANNENBAUM, P. F. **The measurement of meaning.** Urbana, III: University of Illinois Press, 1957.
- PREISER, W.; RABINOWITZ, H. Z.; White, E. T. **Post-occupancy evaluation.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.
- ROSSO, T. **Racionalização da construção.** São Paulo: FAUUSP, 1980.
- ROWE, P. G. **Design thinking.** Cambridge, MA: The MIT Press, 1992.
- RYDER, G.; ION, B.; GREEN, G.; HARRISON, D.; WOOD, B. Rapid design and manufacture tools in architecture. **Automation in Construction**, n. 11, p. 279-290, 2002.
- SANOFF, H. **Integrating programming, evaluation and participation in design:** a theory Z Approach. Avebury, 1992.
- SANOFF, H. **Visual research methods in design.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- SCHÖN, D. A. **The reflective practitioner:** how professionals think in action. London: Temple Smith, 1983.
- SHELDEN, D. R. **Digital surface representation and the constructibility of gehry's architecture.** 2002. Tese (Doutorado em Arquitetura) - MIT, 2002.
- SILVA, V. G. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. **Revista Qualidade na Construção**, SindusCon/SP, São Paulo, n. 25, ano III, 2000.

SIMOFF, F. J.; MAHER, L. Analysing participation in collaborative design environments. **Design Studies**, v. 21, n. 2, p. 119-144, mar. 2000.

STEMBERG, R. J. (Ed.). **The nature of creativity**. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1988.

SUH, N. P. Axiomatic Design theory for systems. **Research in Engineering Design**, v. 10, p. 187-209, 1998.

SUH, N. P. **The principles of design**. New York: Oxford University Press, 1990.

SUH, N. P. **Axiomatic design**: advances and applications. New York: Oxford University Press, 2001.

TORRANCE, E. P. **Guiding creative talent**. New Jersey: Prentice Hall, 1962.

TUFTE, E. R. **The visual display of quantitative information**. 2. ed. Cheshire, CT: Graphics Press; 2001.

YEANG, K. **Design with nature**: the ecological basis for architecture design. New York: McGraw-Hill Inc, 1995.

ZAGREUS, L. A Web-based POE Tool for Measuring Indoor Environmental Quality. In: CLOSING THE LOOP: POST OCCUPANCY EVALUATION THE NEXT STEPS. **Proceedings...** Windsor, UK, 29th April, 2nd May, 2004.