

OS TRÊS MOMENTOS DO USO DA TECNOLOGIA COMPUTACIONAL GRÁFICA EM ARQUITETURA

Bruno Ribeiro Fernandes, Alice Theresinha Cybis Pereira, Américo Ishida

Professor substituto | Universidade Federal de Juiz de Fora
bruno.fernandes@ufjf.edu.br

Professora adjunta IV | Universidade Federal de Santa Catarina
alice@ava.ufsc.br

Arquiteto | mestre pela FAU-USP
Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal de Santa Catarina | *ishida@arq.ufsc.br*

OS TRÊS MOMENTOS DO USO DA TECNOLOGIA COMPUTACIONAL GRÁFICA EM ARQUITETURA¹

OS TRÊS MOMENTOS

O processo de projeto de arquitetura e o seu ensino passaram por várias mudanças ao longo do tempo, sendo condicionados por fatores como contexto tecnológico, cultural, social e econômico, além de dependerem de suas diversas particularidades. Atualmente, a busca incessante pelo melhoramento do processo de projeto e do ensino aliados às inovações tecnológicas da informática e da construção civil vêm trazendo importantes avanços para a área da arquitetura.

Desde a invenção e o aperfeiçoamento da tecnologia computacional gráfica na década de 1950 que suas aplicações têm sido testadas e discutidas como instrumento de auxílio ao processo de projeto de arquitetura. Os sistemas de computadores foram primeiro desenvolvidos e utilizados na arquitetura para facilitar a representação gráfica de um edifício (Sydney & Catanese, 1984). Na década de 1980, e mais intensamente na década de 1990, com o desenvolvimento dos computadores pessoais e dos programas computacionais gráficos conhecidos como programas CAD (Computer Aided Design – projeto auxiliado por computador), as aplicações de computadores para trabalhos de arquitetura foram muito disseminadas e trouxeram grandes vantagens econômicas aos ateliês (Santos, 2005a). Com possibilidades de facilitar, agilizar e aumentar a precisão e a racionalidade na execução, impressão e transmissão dos desenhos via internet, o computador tornou-se peça constante e fundamental no

escritório de arquitetura, substituindo desenhistas e pranchetas, parte que se tornava extremamente onerosa no projeto.

A evolução, a simplificação, o barateamento e a especialização da tecnologia computacional gráfica em relação às necessidades do processo de projeto e às novas experimentações em projetos de arquitetura têm permitido aumentar a gama de meios que podem ser utilizados na expressão de uma idéia. Esse conjunto de fatores tem contribuído com novas possibilidades de criação, visualização e edição de modelos tridimensionais, e aumentado conseqüentemente a capacidade de compreensão e análise do projeto arquitetônico.

O estudo desses fatores resultou na identificação dos três momentos do uso da computação gráfica em arquitetura. No primeiro momento, o uso de programas computacionais gráficos se restringia a representar um edifício em projeção ortográfica e perspectiva, substituindo a prancheta na criação dos desenhos técnicos do projeto de arquitetura. O segundo momento é caracterizado pelo uso da computação gráfica na viabilização construtiva de modelos físicos experimentais, convertendo a sua geometria em parâmetros tridimensionais digitais. O terceiro momento caracteriza-se pelo processo de projeto que toma partido das virtudes tecnológicas da computação gráfica e do ciberespaço na sua concepção.

A seguir são apresentadas possibilidades do uso de técnicas de computação gráfica e no próximo item são mostrados exemplos de projetos que marcaram o uso da computação gráfica no processo criativo do projeto de arquitetura.

NOVAS POSSIBILIDADES NO PROCESSO CRIATIVO DE PROJETO

Segundo Duarte (2003), o uso de modelos de representação no projeto é veículo tanto no processo como na apresentação de um resultado final ou parcial, e seu modo de uso durante o processo criativo também se relaciona com o método de obtenção de uma forma que exprima a solução encontrada para um projeto. Desse modo, uma ferramenta que sugere novas possibilidades de representação poderá sugerir também possibilidades de novos processos.

Para entender o ambiente gráfico digital característico do computador como um ambiente de auxílio ao projeto, é preciso conhecer o que os programas podem ajudar a criar, quais características esses modelos digitais trazem e como eles podem ser desenvolvidos. Depois, essas técnicas poderão ser experimentadas em um processo de projeto, e somente aí suas vantagens e desvantagens serão realmente conhecidas.

Segundo Jacobs (1991), como o processo de projeto envolve uma grande quantidade de informações que precisam ser absorvidas e alternativas diversas que precisam ser exploradas profundamente, o processamento de dados deve ser assimilado. A computação gráfica pode fornecer um significativo meio de gerenciamento dessa complexidade, e, apesar de esses programas continuarem crescendo em poder e facilidade de uso, a estrutura fundamental de trabalho com os modelos digitais permanece inalterada,

mesmo com a atual diversidade de ferramentas gráficas. O modelo digital pode servir para uma análise sistemática de dados, testar alternativas e examinar resultados em programas aplicativos de uso específico, como análise estrutural, simulação do desempenho da luz natural e artificial, modelagem e especificação dos projetos de paisagismo, renderização de imagens, entre outros.

Sobre o impacto do uso dos modelos digitais no processo de projeto, Jacobs (1991) ressaltou o ganho em exatidão, racionalidade e agilidade proporcionada pelos processos matemáticos complexos realizados pelos programas computacionais. O modelo digital aumenta o entendimento do projetista e o controle sobre os elementos do projeto ao permitir identificar a estrutura interna de um problema. A mudança no projeto pelo método tradicional tem conseqüências muitas vezes não imaginadas, mas, com a representação do projeto em vários pontos de vista, o modelo digital torna essas mudanças mais aparentes. Por meio de uma representação tridimensional integrada, Jacobs (1991) defende que o modelo digital coloca ênfase no projeto em si, em vez de o arquiteto se prender a visões fragmentadas que não mostram o projeto como um todo, estabelecendo rapidamente um modo de pensamento e trabalho que se livra inteiramente das desvantagens do uso exclusivo do desenho tradicional.

O uso de modelos digitais pode ser válido em qualquer estágio de desenvolvimento do projeto, por apresentar ambas as características de precisão matemática e visualização da forma geométrica. No estudo volumétrico, sua flexibilidade formal permite a geração de uma vasta gama de possibilidades compositivas. Versões alternativas de idéias anteriores estão disponíveis para revisão e adaptação, resultando em um processo de grande fluidez. Desse modo, ao se trabalhar a partir do modelo tridimensional para depois gerar os desenhos de rebatimento, o processo de projeto pode se tornar mais dinâmico e flexível com a geração automática de plantas, cortes e fachadas (Jacobs, 1991).

Reforçando a teoria de Martinez (2000) sobre a passagem do geral ao particular no desenvolvimento do processo criativo do projeto de arquitetura, Jacobs (1991) afirmou que, no primeiro momento, baseado em sua experiência, o projetista cria combinações alternativas de vários elementos fundamentais e, no segundo momento, uma idéia mais compreensível é sugerida e testada. Em ambas as explorações, técnicas de computação gráfica podem ser efetivamente utilizadas, pois, além de gravar e apresentar formas arquitetônicas precisas, o modelo digital facilita uma gama de operações geométricas que podem transformar idéias iniciais em possibilidades alternativas e tem a vantagem de ser facilmente modificado em resposta à crítica.

O diálogo resultante entre a idéia e a representação objetiva dessa idéia, desenvolvida por meio do computador, pode expandir as técnicas tradicionais de projeto. Os componentes resultantes da combinação de formas podem ser combinados de novas maneiras a partir da forma original ou com componentes de outros elementos, sugerindo novas justaposições e relações. A flexibilidade do modelo digital encoraja experimentações

que permitem que novos componentes sejam mais facilmente colocados em contexto, testados e modificados, sem o grau de compromisso imposto pelos métodos tradicionais (Jacobs, 1991).

As imagens geradas durante a construção do modelo digital são representações visualizadas na tela do monitor ou impressas que remetem a projeções bidimensionais de objetos tridimensionais e, ao contrário dos modelos físicos, não podem se aproximar das qualidades esculturais da forma arquitetônica. Essas imagens, contudo, podem conter um nível de detalhamento e de realismo difícil de ser obtido no modelo físico em escala. Desse modo, o ideal é que o projetista desenvolva métodos híbridos que aproveitem os benefícios de croquis, modelos físicos e modelos digitais, organizados para facilitar a experimentação no processo criativo.

Um projeto completo de construção civil pode ser desenvolvido com o auxílio de uma interface computacional gráfica, desde os projetos de arquitetura, estrutura, hidráulico e elétrico, até os documentos de aprovação na prefeitura, projetos executivos e detalhamentos, em um processo colaborativo envolvendo vários profissionais com o uso expansivo de portais AEC na internet criados para tal finalidade, como o brasileiro Construtivo e o norte-americano Buzzsaw da AutoDesk.

Quanto mais o projeto se torna detalhado, mais o modelo digital fica muito denso para ser entendido, o que pode trazer problemas de comunicação. Para dinamizar esse processo, pode-se organizar o modelo digital em submodelos apresentados separadamente e podem-se criar sistemas adicionais. Segundo Jacobs (1991), a interface CAD possui capacidades de gerenciamento que permitem um poderoso suporte na identificação e ordenação de informações gráficas essenciais, e, assim, métodos convenientes e padronizados de organização do modelo podem ser estabelecidos.

A habilidade de selecionar combinações de elementos do projeto para visualização simultânea permite um grande controle sobre as informações gráficas em estudo. A associação de elementos em grupos ou blocos permite a modificação de componentes em qualquer escala. Com a possibilidade de incorporar facilmente ao modelo o material gráfico de outras fontes, uma biblioteca de componentes deve ser desenvolvida e padronizada para que o material gerado no processo de projeto corrente esteja disponível a um trabalho futuro (Jacobs, 1991).

Geralmente, os programas CAD possuem boa compatibilidade, mas são necessários alguns ajustes ao se migrar de um programa a outro de diferentes fabricantes. Outro problema observado no mercado de trabalho é o método variado de uso dos programas pelos profissionais. Segundo Corbioli (2002), o desconhecimento da utilidade de uso dos *layers*, da inserção de dados na forma de arquivos referenciados e a grande variedade de denominações usadas para definir cada elemento do projeto trazem dificuldades operacionais quando o projeto passa de um profissional a outro e a integração do trabalho é prejudicada.

Para proporcionar uma integração entre projetistas, construtoras e clientes, a Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (Asbea) elaborou em 2002 diretrizes gerais para intercambialidade de projetos em CAD. Essas diretrizes sugerem a padronização de *layers*, diretórios, arquivos, nomenclatura e uma identificação dos responsáveis em todas as atividades, o que pode ser um valioso instrumento de integração para o trabalho colaborativo de projeto e construção com uso de técnicas de computação gráfica.

PROJETOS DE ARQUITETURA COM USO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA NO PROCESSO CRIATIVO

Como dito anteriormente, o primeiro momento é marcado pelo uso de programas CAD em substituição à prancheta, sem uso efetivo no processo criativo. Assim, não foram identificados projetos de arquitetura expressivos que tenham marcado esse momento, mas sabe-se que a partir da década de 1950, com a invenção da tecnologia computacional gráfica, diversas aplicações foram testadas (Sydney & Catanese, 1984).

No segundo momento, o projeto do Museu Guggenheim de Bilbao (1997), obra do arquiteto norte-americano Frank O. Gehry, pode ser considerado um marco da utilização da computação gráfica em arquitetura. Em seu processo de concepção, Gehry reafirmou sua abordagem da arquitetura como expressão artística, sugerindo formas esculturais e magnitude espacial.

O processo de projeto do Museu de Bilbao foi marcado pelo uso de maquetes físicas experimentais, que permitiu a Gehry explorar diversas possibilidades esculturais da arquitetura, articulando diferentes materiais e formas complexas. A viabilidade construtiva da maquete experimental só foi possível com o apoio do programa computacional gráfico CATIA.

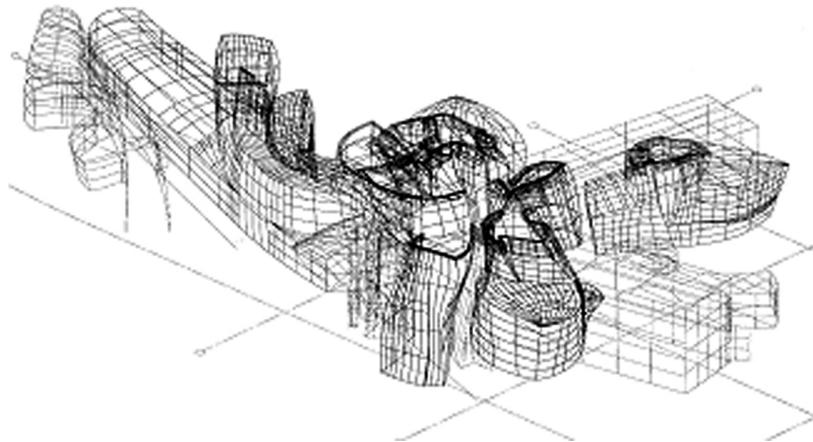
Frank Ghery, conjugando a sua própria tendência para a arte – especialmente a escultura – a um instrumento de informática de grande potência, abre novos horizontes. Onde dantes a economia de fabrico impunha aos arquitetos planos geométricos e lineares, o aparecimento da tecnologia da informação e as capacidades de realização daí resultantes fazem que quase todos os tipos de projetos sejam possíveis (Jodidio, 1996).

Apesar de a tecnologia computacional gráfica ter servido somente como um instrumento de resolução das formas volumétricas desenvolvidas na maquete física e na sua viabilização construtiva, o reconhecimento de suas potencialidades no auxílio ao processo criativo de projeto se deu em aplicações como essa e abriu maior espaço para a sua exploração no campo da arquitetura. Jodidio (1996) afirmou que, além do talento dos arquitetos contemporâneos e da abertura de espírito dos seus clientes, a tecnologia CAD teve um papel fundamental na realização dessas obras.

A utilização generalizada do CAD (projeto assistido por computador), que já começou a alterar substancialmente o tipo de construção, é outro elemento significativo da mudança. Essa tecnologia, cada vez mais acessível e cômoda, facilita não só o



Figuras 1 e 2 –
Modelo digital e foto
do Museu Guggenheim
de Bilbao.



estabelecimento dos planos nos seus aspectos técnicos, mas também permite aos arquitetos a exploração de possibilidades inéditas de novas formas. Essa revolução tecnológica irá ter uma influência crescente na arquitetura dos próximos anos (Jodidio, 1996).

Para Jodidio (1996), esses projetos representam não só uma nova linguagem arquitetônica, mas também uma ruptura com o processo de projeto vigente no passado, que não mais se baseia em uma preocupação extremamente racionalista, modulada e bidimensional, que se beneficia e atende à produção em série industrializada, mas busca uma exploração inédita de possibilidades por meio de abordagens pluralistas, heterogêneas e tridimensionais, por vezes consideradas individualistas, mas que demarcam o inconformismo e a busca de um caminho próprio.

Não há dúvidas de que a utilização dos programas CAD permitiu auxiliar essa busca e esse direcionamento experimental. A tecnologia computacional gráfica se desenvolveu junto com experimentações como essas, ora auxiliando ora sendo aperfeiçoada em um amplo processo de desenvolvimento. Alguns projetos que fizeram uso dessa tecnologia têm sido atualmente caracterizados como portadores de uma estética digital, como ressaltado por Garcia Alvarado et al. (1998):

os arquitetos de vanguarda, habitualmente contidos no “deconstrutivismo” como Gehry, Eisenman, Hadid, Portzamparc, Morfoso etc. são evidentemente tributários de uma estética digital [García, 1997]. Em alguns casos, eles surgiram longe das tecnologias computacionais, mas suas geometrias com expressões complexas e agudas os forçaram a usar sistemas avançados de representação. Até mesmo no momento vários deles exibem modelos computacionais iniciais ou pregam uma gestação absoluta do projeto no computador.

No terceiro momento, o processo de projeto que toma partido da computação gráfica e suas características. O resultado dessa abordagem pode ser observado em projetos que apresentam geometria computacional, engenharia estrutural avançada, desenvolvimento e uso de novos materiais, novas técnicas construtivas e uma arquitetura dinâmica, não mais reconhecida por formas estáticas.

Deve-se observar, porém, que não é somente em inovações formais que a informática tem exercido influência. Mudanças no modo de vida, nas relações de trabalho, na cultura e na sociedade, condicionadas pelas facilidades de comunicação proporcionadas pela internet, são discutidas em todo o mundo. O meio digital, não-material, e a importância da imagem na sociedade vêm ganhando destaque e provocando questionamentos e reflexões sobre a transformação da materialidade real e o seu significado.

O presente estado de nossa situação urbana não pode ser somente guiado por sua infra-estrutura e orientação física. Nosso ambiente deve ser entendido como um organismo em crescimento, influenciado por cada vetor definindo nossa sociedade. Novas tecnologias, assim como a viabilidade global e instantânea da informação, não somente

transformam nossa vida diária e rotina, como também redefinem a própria noção de cidade. Reconhecendo as estruturas urbanas como orientadas ao processo, não-estáticas, esses ambientes fluidos requerem uma arquitetura experimental e que atenda todos, que é física, virtual e dinâmica (Holleim, 2002).

Segundo Santos (2005b), as demandas impostas pelas diversas formas da tecnologia digital vêm alterando a arquitetura e o urbanismo, desde o surgimento de novas tipologias e configurações dos edifícios que incorporam os espaços destinados ao acesso à internet, passando por alterações no processo de projeto e modo de produção do espaço, até a descentralização de atividades como o trabalho, que irá trazer a longo prazo um maior impacto no ambiente urbano e no seu planejamento. Esse novo cenário vem impondo reconhecidamente novas demandas à arquitetura.

Os impactos no processo de projeto têm sido notados em iniciativas de escritórios de arquitetura que criaram projetos que se destacaram por incorporarem a tecnologia digital em uma abordagem processual, além do instrumento de representação, admitindo suas características, seus potenciais e projetando a partir deles.

O arquiteto Lars Spuybroek, diretor do escritório holandês NOX, projetou em 1997 a instalação Fresh Water Pavillion, um exemplo que marcou a descoberta dessa nova maneira de pensar a arquitetura. O Pavilhão da Água é um espaço construído na ilha artificial de Neeltje Jan na Holanda, destinado a alojar uma exposição permanente sobre a importância da água no planeta Terra, apresentando de maneira não-didática as várias possibilidades de experiência da água e de seus efeitos sensoriais e estéticos.

Os profissionais envolvidos no projeto concluíram que o edifício da exposição e a exposição em si deveriam ser um único objeto, uma arquitetura constituída por ambientes ativados sensorialmente, completamente informatizados e interativos, onde a forma e o conteúdo estivessem intimamente relacionados. O planejamento arquitetônico resultou em dois espaços distintos, porém interligados: o Pavilhão da Água Doce, projetado pelo grupo NOX, e o Pavilhão da Água Salgada, projetado pelo escritório Oosterhuis (Silva, 2005).

Os arquitetos do NOX conceberam uma arquitetura de volumetria disforme, alongada e fluida, que em conjunto com o outro pavilhão faz lembrar um microorganismo gigante avançando em direção ao mar. Constituído de ambientes informatizados, o espaço envolve completamente os sentidos do visitante, e com a sua interação ele é alterado temporalmente, incluindo o fator tempo e comportamento nas dimensões do espaço. Sua geometria não é caracterizada por linhas horizontais ou verticais e está em um constante estado de transformação e variação. A interação com os usuários ocorre por meio de sensores de presença que ativam elementos móveis como o piso, superfícies curvas e ondulantes, dispositivos de projeção de imagens aquáticas animadas, efeitos luminosos especiais e som eletrônico, simulando o efeito de ondas que variam com a passagem dos visitantes (Silva, 2005).



Figura 3 – Fresh Water Pavillion, do grupo NOX.

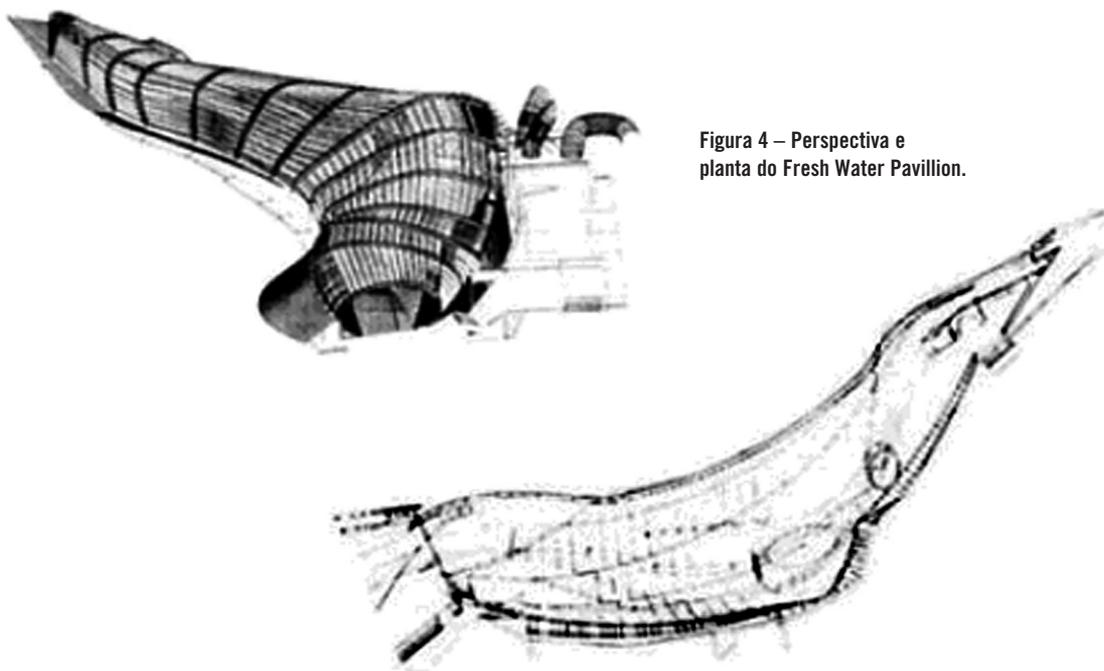
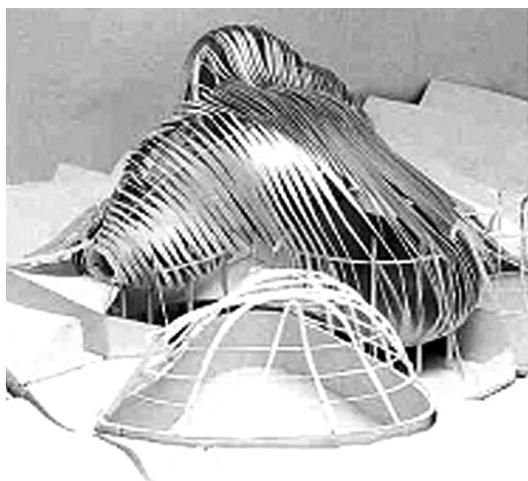


Figura 4 – Perspectiva e planta do Fresh Water Pavillion.

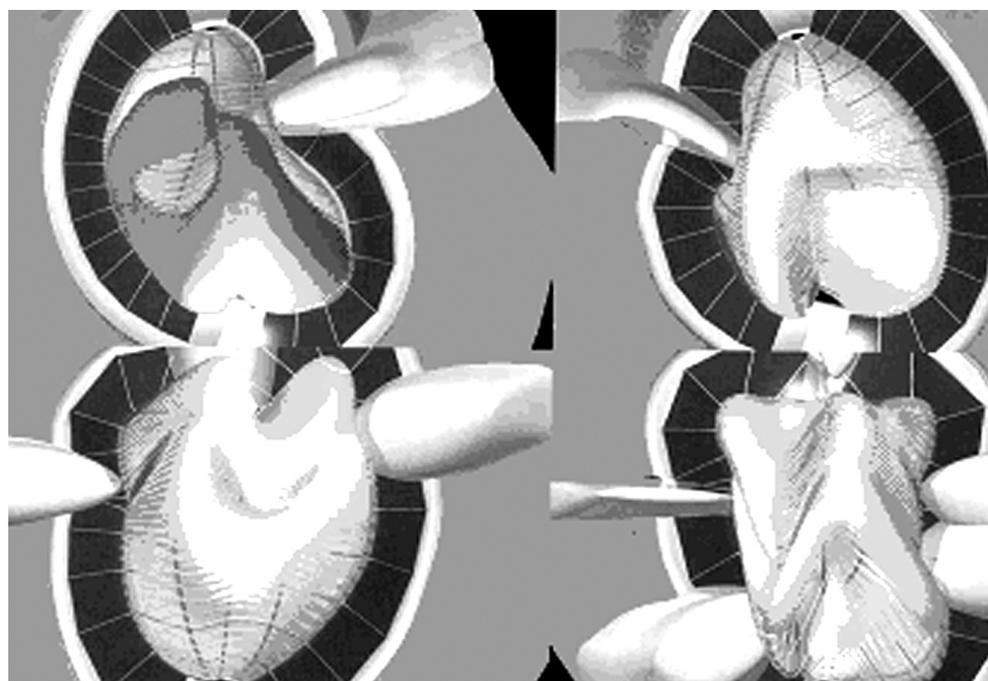
Segundo Silva (2005), a formação profissional dos integrantes do NOX está vinculada ao desenvolvimento das tecnologias de comunicação e informação e do uso de programas computacionais gráficos no planejamento arquitetônico. Com o advento da computação gráfica, eles começaram a utilizar as técnicas de animação infográfica digital, proporcionando mudanças nos procedimentos de representação e de criação do espaço arquitetônico fundamentadas em princípios e procedimentos projetuais que entendem a arquitetura como um espaço animado e interativo. Além de projetos de arquitetura, o grupo produz interiores, objetos, instalações multimidiáticas, vídeos e textos diversos, compondo uma produção híbrida que explora diversas possibilidades de criação no campo da arquitetura e em seu cruzamento com outras linguagens.

NOX tem uma das abordagens mais inovadoras e bem-sucedidas de processo de projeto. Já com uma grande experiência de uso do *software* MAYA, eles trabalham com a

animação do programa arquitetônico, o que Spuybroek chama de “*machine diagram*”, considerando que o arquiteto toma decisões com base visual, porém, se ele experiencia o diagrama de movimento, essa decisão visual vai ser seguramente influenciada pela experiência “corporal” dinâmica, e não apenas pela experiência tridimensional estática. Spuybroek enfatiza a necessidade de considerar no processo tanto extensividades quanto intensividades (Santos, 2005a).



Figuras 5 e 6 – Modelo digital e protótipo da Casa Embriológica.



Outro projeto que se destacou pelo uso inovador da tecnologia em sua concepção foi a proposta da Casa Embriológica, de Greg Lynn, bacharel em arte, filosofia e *design* com especialização em arquitetura, que procurou superar o conceito da casa genérica concebida como uma montagem de *kit* de partes padronizadas e predefinidas produzidas em massa pela indústria da construção civil. Segundo Greg Lynn (Holleim, 2002), a saturação progressiva do uso desses modelos e o avanço tecnológico geraram buscas por temas como identidade e variação, personalização e continuidade, fabricação e montagem flexível, presentes no pensamento contemporâneo.

Técnicas de computação gráfica foram utilizadas no processo de projeto da Casa Embriológica para definir as variações de forma e de tamanho das superfícies. Ela é composta por mais de 2.048 painéis que estão interligados, de maneira que as mudanças em um dos painéis são transmitidas para todos os outros. Assim, cada painel possui forma e tamanho únicos com possibilidades de variações infinitas, mas mantém uma relação direta com os painéis vizinhos. Por meio desse sistema rigoroso de limites geométricos, é possível explorar variações diversas, proporcionando uma sensibilidade genérica comum a qualquer Casa Embriológica, enquanto ao mesmo tempo nunca duas casas são idênticas (Holleim, 2002).

Essa característica permitiu criar um objeto que responderá formalmente às informações particulares das situações que envolvem o projeto, adaptando-se ao local, ao clima, às funções, aos materiais e métodos construtivos, aos efeitos espaciais, aos efeitos estéticos especiais e ao estilo de vida de seus habitantes. O resultado é um volume definido por superfícies curvas de geometria suave. As aberturas de portas e janelas respeitam a curvatura dos painéis, e cada protuberância ou concavidade é discretamente integrada na superfície. O processo de manufatura das peças é gerado por meio de computação robótica, que coordena máquinas de corte e modelagem (Holleim, 2002).

A inovação no processo criativo desenvolvido por Lynn ultrapassou o uso de técnicas de computação gráfica na representação do projeto, criando um diálogo entre o modelo físico e o digital permitido pelo uso da tecnologia de prototipagem rápida. Essa abordagem marcou uma nova atitude ante o processo criativo, com a utilização das inovações tecnológicas desde a representação das idéias iniciais até as técnicas construtivas. A possibilidade de controlar variações dentro de um mesmo sistema gráfico e espacial põe em discussão o uso exclusivo das técnicas tradicionais no processo criativo e mostra os benefícios do investimento em novas experimentações.

CONCLUSÃO

Com a pesquisa do uso de técnicas de computação gráfica em arquitetura, foi possível identificar os três momentos marcantes da sua aplicação, as novas possibilidades de apoio ao processo criativo e os projetos que marcaram esse uso, um conjunto de fatores importantes na afirmação de suas potencialidades no auxílio ao processo de projeto.

A tecnologia computacional gráfica não foi, entretanto, facilmente absorvida pelo processo de projeto no âmbito geral, e no caso do Brasil o processo é bem mais lento. O computador foi apropriado por um processo de projeto já consolidado, baseado nos métodos tradicionais de representação e análise, sem aproveitar as reais possibilidades de apoio ao processo criativo. A possibilidade de mudança é vista no mercado de trabalho e no ensino como problemática porque representa alterações em práticas já consolidadas no processo criativo e pedagógico do projeto de arquitetura, as quais ainda requerem um alto investimento em equipamentos e profissionais habilitados.

Essa situação, porém, está se alterando por meio de pesquisas e experimentações que abrem novos caminhos no processo de projeto com o uso híbrido da tecnologia computacional gráfica e maquetes de estudo. Com a verificação das novas possibilidades surgidas a partir do uso da computação gráfica em projetos de arquitetura e tendo em vista o cenário brasileiro de desconfianças e pouco uso efetivo, é ainda necessário um maior número de pesquisas, debates e experimentações pelos profissionais, professores e alunos, para que haja um melhor aproveitamento das atuais tecnologias computacionais em benefício do processo de projeto de arquitetura.

NOTA

1. Este artigo baseia-se na dissertação *Estratégias pedagógicas de uso de técnicas de computação gráfica como instrumento de apoio ao processo criativo de projeto de arquitetura*, de Bruno Ribeiro Fernandes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTODESK – AUTODESK BUZZSAW. Disponível em: <<http://www.autodesk.com/buzzsaw>>. Acesso em: 31 mar. 2005.
- CAMBIAGHI, H. et al. *Diretrizes gerais para intercambiabilidade de projetos em CAD: integração entre projetistas, construtoras e clientes*. São Paulo: Pini, 2002.
- CONSTRUTIVO. Disponível em: <<http://www.construtivo.com.br>>. Acesso em: 31 mar. 2005.
- CORBIOLO, N. CAD: para resgatar convenções. *Revista Projeto Design*, São Paulo, n. 263, jan. 2002.
- DUARTE, R. B. Uma investigação sobre as diversas aproximações entre o computador e o processo de ensino/aprendizado do projeto arquitetônico. In: *Anais do I Seminário Nacional sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura, Projetar 2003*. Natal: Editora da UFRN, p.73, 2003.
- GARCIA ALVARADO, R. PARRA, J. C.; REYS, M. Creacion virtual: uso de tecnologías de realidad virtual en la fase creativa del diseño arquitectónico. In: *Anais da I Conferência Latino-americana de Informática no Ensino de Arquitetura – Coinfa 98*. Florianópolis: USFSC, 1998.
- HAMIT, F. *Realidade virtual e a exploração do espaço cibernético*. Trad. Ana Paula Baltazar. Rio de Janeiro: Berkeley, 1993.
- HOLLEIM, M. *Greg Lynn and Ham Rashid Architectural Laboratories*. Rotterdam: Nai Publishers, 2002.
- JACOBS, S. P. *The CAD Design Studio*. 3D Modeling as a Fundamental Design Skill. New York: McGraw-Hill, 1991.
- JODIDIO, P. *Contemporary American Architects*. Italy: Taschen, 1996. v.II.
- MARTINEZ, A. C. *Ensaio sobre o Projeto*. Trad. Ane Lise Spaltemberg. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000.
- SANTOS, A. P. B. dos. Por uma arquitetura virtual: uma crítica das tecnologias digitais. *Revista Arquitetura & Urbanismo*, São Paulo, ano 20, n.131, fev. 2005a.
- _____. E-futuros: projetando para um mundo digital. Disponível em: <www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp077>. Acesso: 31 mar. 2005b.
- SILVA, M. S. K. da. A arquitetura líquida do NOX. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp222>>. Acesso em: 31 mar. 2005.
- SYDNEY, J. C.; CATANESE, A. *Introdução à arquitetura*. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

RESUMO

Neste artigo são identificados os três momentos do uso de técnicas de computação gráfica em arquitetura, as possibilidades de variação e criação de novos processos de projeto, e projetos que marcaram esses momentos com o uso de técnicas de computação gráfica em seu processo criativo.

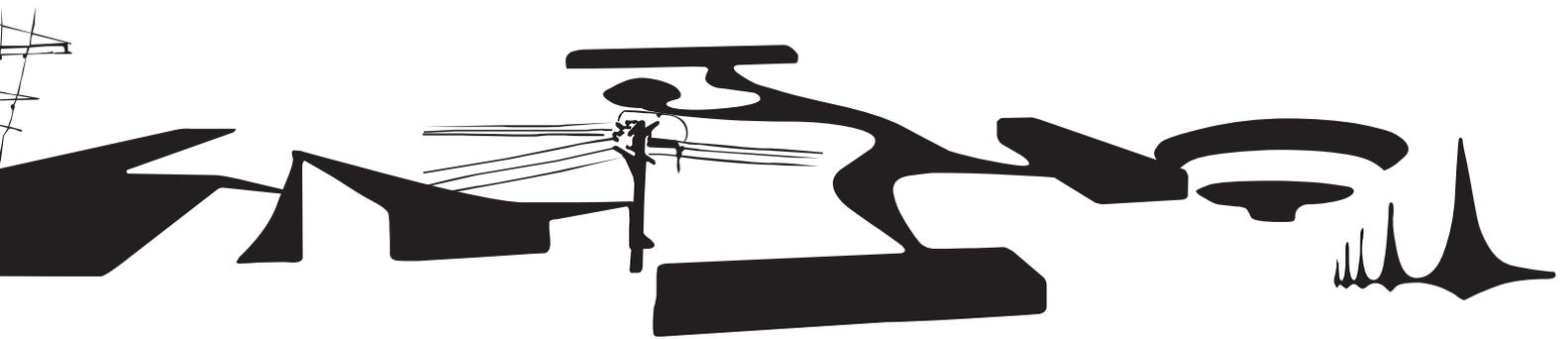
PALAVRAS-CHAVE: projeto, processo criativo, computação gráfica.

THE THREE MOMENTS OF THE USE OF GRAPHICAL COMPUTATIONAL TECHNOLOGY IN ARCHITECTURE***ABSTRACT***

This article identifies the three moments of the use of graphical computational technology in architecture, such as variation possibilities, new design processes creation and projects that had marked these moments using computer graphics techniques in the creative process.

KEYWORDS: design, creative process, computer graphics.





contemporânea