Maria Gabriela C. Celani
Marcelo E. Giacaglia
Doris C. C. K. Kowaltowski

AD – O LADO CRIATIVO

DUAS EXPERIÊNCIAS EDUCACIONAIS VISANDO MUDAR A FORMA COMO ESTUDANTES DE ARQUITETURA USAM O CAD

066

pós-

RESUMO

O presente artigo descreve um sistema inovador de educação em arquitetura, experimentado em duas escolas brasileiras; cada uma delas com um enfoque diferente no que se refere ao ensino do CAD. Os dois cursos experimentais aqui descritos tiveram dois objetivos principais: (1) explorar o uso de operações lógicas no processo de projeto, como a simetria, a recursão, a parametrização e a análise combinatória; (2) a aplicação prática dessas técnicas pelo uso do computador, com a utilização do CAD não apenas como ferramenta de representação, mas como um assistente do processo criativo altamente adaptável e programável. As duas experiências resultaram em um grande número de interessantes composições abstratas, projetos arquitetônicos e programas de computador. Os questionários de avaliação aplicados revelaram que houve, de fato, uma mudança de atitude com relação ao papel do CAD em arquitetura por parte dos alunos.

ABSTRACT

The present paper describes an innovative design education system tried out at two different architecture schools in Brazil, with opposite approaches to the use of CAD. The experimental courses had two main goals: (1) to explore the use of logical operations in design, such as symmetry, recursion, parameterization, and combinatorial analysis, and (2) to apply these techniques with the use of the computers, using CAD not only as a representational tool, but rather as an explorative, customizable and programmable design aid for the creative process. The experiments resulted in a number of interesting compositions, design projects and programs, and assessment questionnaires revealed a real change in students' attitude towards the use of CAD in architecture.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 40 anos de desenvolvimento do CAD, seus propósitos originais praticamente se perderam. Pouca gente sabe, ou muitos se esqueceram, mas as bases teóricas do Computer Aided Design aplicado à arquitetura estão intimamente ligadas ao Movimento dos Métodos (Design Methods Movement), que se desenvolveu na Inglaterra e posteriormente nos Estados Unidos, nos anos 60. Alguns autores da época, como Moore (1968), já apontavam para os riscos da confusão existente entre computação gráfica e CAD, e diziam que a formalização dos métodos de projeto era uma etapa indispensável para que se pudesse automatizar o processo de projeto – ou partes dele – e eliminar suas etapas enfadonhas, por meio do uso do computador. Hoje em dia, a palavra CAD virou sinônimo de programas de desenho vetorial em computador, vendidos em larga escala, e seu uso é praticamente restrito à representação técnica do edifício, com pouquíssima ênfase no processo de projeto.

Se o CAD nasceu com objetivos tão nobres, quando teria ocorrido essa drástica mudança? Mitchell (1990) identifica o ponto de inflexão na história do CAD nos anos 80, quando ocorreu sua popularização para atender ao incipiente mercado de computadores pessoais. Os PC's já haviam surgido na década anterior, mas com desempenho insuficiente para suportar os programas de CAD. Nos anos 80, com o surgimento dos PC's de 16 e 32 bits, com tecnologia VLSI, foi possível a adaptação de programas de CAD originalmente destinados a minicomputadores ou *workstations*, o que acarretou uma inevitável simplificação dos mesmos. Para atender aos grandes mercados com um preço acessível, os programas, originalmente, desenvolvidos para aplicações específicas passaram a incluir apenas funções genéricas simplificadas, destinadas a um público mais variado. Ainda segundo Mitchell, a partir desse momento as *“grandes possibilidades [do CAD] passaram a ser ignoradas”* pela grande maioria de seus usuários (p. 483). Os programas de CAD se transformaram, assim, em versões para desenho dos processadores de texto. Como consequência, utilizamos, hoje, uma ferramenta extremamente poderosa, muito aquém de sua capacidade, e continuamos efetuando operações repetitivas, enquanto poderíamos fazer um melhor uso de nosso tempo com a automatização dessas tarefas. Acima de tudo, desperdiçamos a possibilidade de geração de formas inovadoras com o auxílio de operações matemáticas complexas, impossíveis de imaginar quando se trabalha da maneira tradicional.

O presente trabalho descreve duas instâncias de um sistema inovador de ensino de projeto com auxílio do computador, desenvolvido como parte de uma pesquisa de doutoramento no programa de Design & Computation da School of Architecture and Planning do MIT, com orientação dos professores Terry Knight e William Mitchell e financiamento do Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do fundo Rosenblith. O

sistema foi implementado, experimentalmente, nos cursos de graduação em arquitetura da FAUUSP e da FEC-Unicamp no primeiro semestre de 2002, dentro de disciplinas optativas. A abordagem de ensino de CAD proposta possui semelhanças com o trabalho publicado em 1975 por Mitchell, Ligget e Kvan, intitulado *The art of computer graphics programming*. O livro se baseava em uma série de cursos ministrados em UCLA e na Graduate School of Design (Harvard), apresentando uma compilação de exercícios de programação em Pascal, que permitem relacionar conceitos lógico-matemáticos da linguagem dos computadores a conceitos arquetípicos da arquitetura.

O sistema de ensino proposto baseia-se em seis tópicos fundamentais presentes nas teorias computacionais do projeto e na teoria das *Shape Grammars*, desenvolvida nos anos 70 por George Stiny (1975): simetria, recursão, formas paramétricas, geração automática de formas, algoritmização de etapas do processo de projeto e figuras emergentes. Os diferentes tópicos são introduzidos conceitualmente e colocados em prática por meio de uma série de exercícios que envolvem desde a utilização inovadora de comandos do programa de CAD utilizado até a programação e customização do mesmo, para a criação de ambientes e ferramentas especiais de projeto. Os tópicos escolhidos representam conceitos inter-relacionados, formando uma unidade coerente, evoluindo das técnicas gerativas mais específicas até as mais genéricas. Por exemplo, a simetria pode ser gerada por um processo recursivo, embora nem todo processo recursivo tenha como resultado formas simétricas. Enquanto isso, o processo de geração automática de formas pode se basear em operações simétricas, recursivas ou de atribuição de diferentes valores a uma forma parametrizada.

Na FAUUSP 19 alunos de graduação, cursando o último ano da carreira, participaram do curso experimental. Todos possuíam alguma experiência em desenho com o programa AutoCAD, porém nenhum deles possuía significativa experiência em programação. Na FEC-Unicamp, o curso contou com a participação de 24 alunos, sendo 13 alunos da graduação em arquitetura e engenharia civil, e os demais da pós-graduação em edificações, docentes e membros da comunidade. Assim como na FAUUSP, todos os alunos do curso ministrado na FEC-Unicamp possuíam experiência em desenho com AutoCAD, mas nenhum deles possuía experiência em programação na linguagem utilizada, embora os alunos de engenharia civil tivessem alguma experiência em Pascal. Para que se faça uma idéia do contexto em que os cursos experimentais ocorreram, uma descrição detalhada da presente situação do ensino do CAD na FEC-Unicamp e na FAUUSP é dada a seguir, respectivamente pelos professores responsáveis pelas disciplinas em que eles foram inseridos.

FEC-UNICAMP (POR DORIS KOWALTOWSKI)

A Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp introduziu o ensino de CAD no currículo do curso de engenharia civil a partir de 1989. Já naquela época foram discutidos os objetivos deste ensino em relação à formação do engenheiro civil. As disciplinas de desenho e informática aplicada foram reestruturadas, e a inserção do desenho e CAD no elenco de disciplinas de projeto de edificações, sistemas prediais e estruturais, foi avaliada. Nessa ocasião, seu principal objetivo pedagógico era a ênfase à percepção da terceira dimensão, por meio da criação de maquetes eletrônicas que seriam associadas a canteiros de obras reais.

Dez anos mais tarde, a Faculdade de Engenharia Civil iniciou a implantação de um curso de arquitetura e urbanismo. O perfil do curso se caracteriza pela ênfase na linha de projeto arquitetônico com apoio de ferramentas de informática. As disciplinas de projeto do curso desenvolvem-se em seqüência, trabalhando a teoria básica de criação e a essência do projeto. Em paralelo, são introduzidos a geometria, o desenho artístico e técnico e a informática aplicada. A seqüência de quatro disciplinas de informática tem como objetivo uma introdução abrangente das ferramentas gráficas disponíveis. Procura-se estimular o discernimento sobre as técnicas mais apropriadas para a materialização de formas e volumes. Conseguiu-se, com isso, desmistificar a idéia do computador como uma fábrica de soluções instantâneas e evidenciar a real dimensão do salto qualitativo que este pode oferecer ao projetista. Obteve-se, ainda, o discernimento das várias ferramentas de expressão apropriadas ao processo criativo em cada situação específica por parte dos alunos.

Um dos objetivos da introdução de disciplinas de informática, já no primeiro ano do novo curso, foi a aplicação integrada da computação à metodologia de projeto arquitetônico. A análise de propostas de projeto pode ser aprofundada com a ajuda das ferramentas computacionais; formas e volumes podem ser avaliados com precisão, evitando percepções falsas e evidenciando interferências não-apropriadas. As possibilidades do uso do CAD vão ao encontro dos principais objetivos pedagógicos do curso: a exploração criativa de propostas para a resolução de problemas encontrados no ambiente construído, a inserção de conceitos teóricos formais, sociais e técnicos nas propostas, e o aprendizado de metodologias e ferramentas que tornam o aluno produtivo e competitivo futuramente no mercado de trabalho.

No verão de 2002, alguns alunos dos cursos de engenharia civil e arquitetura e urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil tiveram a oportunidade de praticar esses objetivos dentro de um curso de CAD criativo. O curso incluía exercícios estruturados sobre temas da lógica em arquitetura, além de textos que os complementavam do ponto de vista teórico. Esse tipo de estrutura assemelha-se à das disciplinas de projeto do curso de arquitetura e urbanismo da Unicamp,

nas quais se procura obter a síntese de aspectos teóricos e práticos nos projetos desenvolvidos.

No curso de verão, a ferramenta CAD (AutoCAD), até esse momento vista como aplicativo de desenho ou de criador de maquetes virtuais, foi apresentada de maneira inovadora. Comandos foram utilizados de modo criativo e pequenos aplicativos foram introduzidos para a geração de formas inesperadas. Os conceitos lógicos foram introduzidos e seguidos pela oportunidade de praticá-los em criações individuais. Assim, a análise e a crítica de projetos foi reforçada. A criatividade também foi estimulada na busca de novas formas. Deve-se também ressaltar que a estrutura e a condução do curso de verão foram criativas, prendendo integralmente a atenção, de modo descontraído, dos participantes. Os resultados demonstram que experiências dessa natureza podem contribuir para tornar as ferramentas CAD verdadeiros aplicativos de projeto.

Recentes discussões pedagógicas dos cursos de engenharia civil e arquitetura e urbanismo, na área de projeto, demonstravam dificuldades na inserção integral e constante da informática, principalmente nas fases iniciais do processo criativo. A necessidade de um conhecimento profundo das ferramentas CAD para sua aplicação qualitativa ao desenvolvimento de projetos de edificações já tinha sido confirmada nas várias experiências de metodologias de ensino da área. No entanto, alunos aplicavam seu conhecimento das ferramentas CAD à produção de modelos e desenhos precisos de suas idéias, sem explorar o ambiente computacional como instrumento de criação. A nova exploração do potencial criativo das ferramentas CAD demonstrou que algumas alterações curriculares poderiam facilitar o alcance pleno dos objetivos pedagógicos em ambos os cursos. Assim, devem ser introduzidas experiências inovadoras da informática aplicada, discutidos conceitos da lógica em arquitetura e criadas oportunidades para o debate sobre a qualidade de projetos arquitetônicos. *Workshops*, como o aqui descrito, são importantes porque colocam em prática o uso da computação no processo criativo de projeto. Essas oportunidades devem contribuir para formar engenheiros civis e arquitetos capazes de produzir inovações para ambientes construídos de qualidade.

FAUUSP (POR MARCELO GIACAGLIA)

O emprego do computador, no curso de graduação da FAU, como instrumento de auxílio ao desenho de projeto, enfrenta obstáculos tanto culturais como econômicos. Não há, até o presente momento, disciplina obrigatória que trate da computação gráfica. Sua introdução é prevista para o primeiro semestre letivo de 2004. Aproximadamente 1/4 dos alunos do 3º ano tem acesso ao conteúdo mínimo no assunto, por meio de uma disciplina optativa, a AUT-535 Computação Gráfica para Arquitetos. Outra optativa, a AUT-545 – Recursos

Gráficos Avançados na Computação, tem sido oferecida para cerca da metade dos 150 alunos do 5º ano que cursaram a AUT-535 ou que já utilizam CAD. Em ambas as disciplinas, em especial na AUT-545, o CAD é abordado, por este professor, da forma tradicional, como ferramenta de detalhamento e de representação de projetos.

Na AUT-535, após um breve período inicial de distensão, em que o aluno realiza desenhos de natureza artística, parte-se para o desenho técnico de arquitetura, quando se faz uma análise crítica do uso das ferramentas informatizadas, inclusive, no que diz respeito às normas de desenho técnico e de projeto. Além disso, propostas nacionais e internacionais de normatização do uso dessas ferramentas são discutidas, como, por exemplo, as de nomenclatura de camadas (GIACAGLIA, 2001a).

A AUT-545 trata da modelagem no espaço 3D. Conceitos de geometria e matemática são lembrados e reforçados para que o aluno possa construir tais modelos. Um exemplo é o da geração de projeções axonométricas em CAD (GIACAGLIA, 2001b), para o qual são necessários conhecimentos de trigonometria e de geometria analítica.

A proposta do curso de CAD criativo, por outro lado, trata de resgatar aquilo que certamente foi a intenção original do CAD, a possibilidade de uso da informática como elemento de auxílio ao projeto, não apenas ao desenho. Segundo Lawson (1999), essa linha de desenvolvimento, por adotar o paradigma da resolução de quebra-cabeça (otimização), logo foi abandonada, visto que o projeto é, em muitos casos, um problema do tipo malcomportado. Outra razão foi a incapacidade desse software de produzir e mostrar os resultados obtidos sob a forma de desenhos de projeto.

Na etapa criativa, o desenho é parte do processo de pensar e não de comunicar para outros um projeto acabado. A grande maioria das ferramentas comerciais ditas específicas para arquitetura, em contraposição àquelas ditas genéricas, não corresponde a tal uso, já que apenas eleva o nível da linguagem entre o homem e a máquina. A linguagem dos objetos parametrizados como parede e janela substitui a de objetos simples como reta e arco, porém a abordagem é a mesma. Para Lawson (1999), mesmo no caso de interfaces avançadas, em discussão no meio acadêmico, os usuários seriam obrigados a aprender uma série inteira de comandos, antes que pudessem iniciar a pensar por meio desses comandos. A proposta do CAD criativo segue outro caminho, o de fazer uso criativo do ferramental já existente e também o de permitir que o projetista crie seu próprio ferramental, adequando o software à sua maneira de pensar e não o oposto.

Na FAUUSP, o uso criativo do CAD foi experimentalmente introduzido em uma das duas turmas da AUT-545, no primeiro semestre letivo de 2002. Os alunos foram avisados da diferença de conteúdos quando da matrícula, podendo optar por uma ou outra turma. Das 16 aulas disponíveis, seis (da 7ª a 12ª) foram

utilizadas para a pesquisa. Além disso, o programa original foi alterado não apenas pela inclusão de conteúdo diferenciado como também pela alteração na ordem em que alguns assuntos são normalmente abordados na disciplina. A reordenação dos assuntos deveu-se à necessidade de introduzir algumas ferramentas, indicando sua finalidade original, antes de as mesmas serem exploradas como elementos de auxílio à criatividade.

No que diz respeito à inclusão de novos assuntos, a pesquisa previa o uso e, possivelmente, o desenvolvimento de rotinas em linguagem de programação Visual Basic. Como o curso de graduação da FAU não trata do assunto programação de computadores, parte da 4ª e a totalidade da 5ª aula foram dedicadas ao tema, tendo-se utilizado a linguagem AutoLISP. Dessa forma, ao serem introduzidos ao Visual Basic, na 10ª aula, os alunos já teriam alguma noção do assunto, ainda que as estruturas dessas duas linguagens fossem diferentes.

A escolha da AUT-545, e não da AUT-535, deveu-se ao fato de os alunos já terem alguma experiência no uso tradicional do CAD. Dessa forma, teriam como melhor analisar o que estava sendo proposto, desde o início.

Os resultados foram encorajadores, ainda mais se considerarmos que não se ensina programação de computadores em apenas três aulas. Alguns alunos, antes céticos quanto à possibilidade de uso do computador na fase criativa, reconheceram que, se soubessem efetivamente desenvolver suas próprias ferramentas, poderiam explorar melhor um problema em razão da capacidade de gerar quantidades maiores de alternativas, antes que uma fosse selecionada para refinamento.

A experiência didática também permitiu aos alunos identificar a ocorrência da simetria, recursividade e parametrização em obras existentes e, dessa forma, estabelecer associações entre construções à primeira vista distintas e criar outras inéditas, mas semelhantes a essas.

DESCRIÇÃO DOS CURSOS

Os cursos experimentais assumiram diferentes formatos em cada universidade, adequando-se às suas exigências administrativas. O curso na FAUUSP ocorreu na forma de uma série de seis palestras semanais, sempre seguidas por sessões de exercícios. Na FEC-Unicamp o formato foi de um curso de verão intensivo com duração de duas semanas, seguido por um período para desenvolvimento dos trabalhos finais e por uma sessão de encerramento na qual os mesmos foram apresentados e discutidos. Em ambos os casos, os materiais dos cursos foram agrupados em web sites contendo as descrições dos exercícios, leituras, slides das palestras e arquivos para download. Além disso, conforme os alunos entregavam seus exercícios, estes foram sendo gradativamente incorporados às web sites, com o objetivo de exibição e discussão do trabalho produzido.

Em ambos os cursos, cada uma das aulas constou de uma palestra introdutória, com descrição de cada conceito abordado, e apresentação de exemplos arquitetônicos, seguida por uma sessão de desenvolvimento de exercícios práticos em CAD. O programa de CAD, utilizado em ambos os cursos, foi o AutoCAD Architectural Desktop 2000 (ADT), que inclui um ambiente interativo próprio para o desenvolvimento de programas em Visual Basic for Application (VBA). Foram também sugeridas leituras relacionadas a cada tema, como suporte teórico para os mesmos, e os alunos foram estimulados a pesquisar e apresentar a seus colegas outros exemplos do uso dos conceitos estudados na arquitetura contemporânea.

No primeiro tópico – simetria – os exercícios propostos envolveram apenas a utilização de comandos do AutoCAD de forma inovadora. Os alunos desenvolveram ambientes de auxílio ao desenho simétrico bidimensional, com o uso de múltiplas vistas (viewports) de uma mesma unidade compositiva, atualizadas dinamicamente conforme a unidade era modificada, enfatizando-se, assim, a composição como um todo. Nos demais tópicos os alunos utilizaram aplicativos em VBA, especialmente desenvolvidos para explicar cada conceito, ao mesmo tempo em que noções de programação eram introduzidas. O ensino da linguagem VBA se baseou na análise de alguns programas simples, cada um deles enfatizando uma técnica específica relacionada ao conceito estudado, como variáveis (durante o estudo de formas paramétricas), estruturas de repetição (no estudo de sistema de geração automática de formas) e expressões condicionais (no estudo dos algoritmos de projeto). No último tópico (formas emergentes) voltou-se a utilizar comandos normais de AutoCAD, porém desta vez combinados com a utilização do aplicativo para desenho recursivo, com o objetivo de efetuar-se operações de adição, subtração e intersecção entre formas em 2D e 3D, obtendo-se, então, formas inovadoras.

Figura 1: Algumas das aplicações em VBA, especialmente desenvolvidas para os cursos experimentais
Fonte: Maria Gabriela C. Celani

Figura 2: Exercícios de simetria: bilateral (de cima para baixo, da esquerda para a direita: Marcelo Nakazaki, Leandro Robles, Marcos Machado), friso (Renata Figueiredo, Daniela Costa, Min Lee, Marcelo Nakazaki), papel de parede (Flávio Tanabe, Daniela Vaz, Renata Figueiredo, Daniel Rocha, Gabrielle Damaso, Marina Otaviano) e cíclica (Fernando Mello, Chen Cheng, Marcos Machado)

Figura 3: Exercícios de recursão: 2D (de cima para baixo, da esquerda para a direita: Renata Figueiredo, Núbia Bernardi, Gabrielle Damaso, Giovana Bianchi, Daniel Rocha, Fábio Bellini) e 3D (Fernando Basilio, Marina Otaviano, Fernando Ribeiro, Ana Goes, Daniel Moreira, Gabrielle Damaso)

Figura 4: Exercícios de parametrização (Fábio Bellini, Marina Otaviano, Paula Baratella)

Figura 5: Exercícios de emergência: 2D (de cima para baixo, da esquerda para a direita: Fernando Basilio, Renata Figueiredo, Fernando Basilio, Gabrielle Damaso, Alessandra Arenales, Daniel Moreira) e 3D (Stella Tomiyoshi, Fábio Bellini, Leandro Robles)

Devido a limitações de tempo, apenas na FEC-Unicamp os alunos desenvolveram um projeto final, na maioria dos casos programas em VBA para automatização de etapas de desenho ou para a modelagem de versões parametrizadas de edifícios existentes. Na FAUUSP, por outro lado, como trabalho para casa entre as sessões, os alunos desenvolveram pequenos projetos arquitetônicos com a utilização dos conceitos introduzidos.

RESULTADOS

O resultado dos cursos experimentais na FAUUSP e na FEC-Unicamp é um belíssimo conjunto de composições abstratas originais, programas criativos e projetos inovadores. Os exercícios apresentados podem ser separados em cinco categorias distintas:

1. Composições abstratas baseadas nos princípios de simetria, recursão, parametrização e emergência (Figuras 2 a 5).
2. Pequenos programas desenvolvidos em exercícios de classe (embora estes não representem um trabalho particularmente criativo, alguns alunos foram capazes de sugerir interessantes variações dos exercícios propostos, como aqueles na Figura 6).
3. Coletânea de imagens, com exemplos do uso da simetria, recursão e de formas paramétricas em arquitetura, fruto de pesquisas individuais por parte dos alunos, que ajudaram na compreensão dos conceitos e comprovaram a compreensão dos mesmos.
4. Projetos arquitetônicos baseados no uso da simetria, recursão, parametrização e emergência, apenas na FAUUSP (Figura 7).

Figura 6: Alguns programas de parametrização da forma desenvolvidos por alunos (linha superior, da esquerda para a direita: programas que evoluíram a partir de programas introduzidos no curso, por Patrícia Falcão, Marina Otaviano, Marina Otaviano; linha inferior, da esquerda para a direita: programas desenvolvidos inteiramente por Min Lee, Marcelo Nakazaki, Wanessa Watrin)

Figura 7: Projetos arquitetônicos desenvolvidos por alunos da FAUUSP (de cima para baixo, da esquerda para a direita: estudos para conjuntos habitacionais com simetrias, Daniela Costa; escola paramétrica, Stella Tomiyoshi; museu recursivo, Marcelo Nakazaki; conjunto de salas de cinema recursivo, Daniela Costa; edifícios paramétricos, Daniela Costa)

Figura 8: Alguns exemplos de projetos finais apresentados na FEC-Unicamp (de cima para baixo, da esquerda para a direita: programa para modelagem paramétrica de estrutura projetada por Nervi, Fernando Basilio; programa para modelagem paramétrica da catedral de Brasília, Patrícia Falcão; programa para modelagem de escadas, Paula Baratella e Giovanna Bianchi; programa para modelagem paramétrica de obras de Frank L. Wright, Daniel Moreira)

5. Programas em VBA desenvolvidos como projetos finais, apenas na FEC-Unicamp (Figura 8).

Os programas desenvolvidos como projetos finais do curso na FEC-Unicamp possuíam diferentes finalidades, como um gerador automático de *layouts* para sanitários (desenvolvido a partir de uma versão simplificada do programa apresentada durante o curso), um gerador de alternativas para uso do solo, um modelador tridimensional de escadas retas e em espiral, e programas para a geração de versões parametrizadas de projetos de Niemeyer e outros arquitetos. Um dos melhores projetos apresentados foi desenvolvido por um candidato ao doutorado na FEC, arquiteto com mestrado em multimeios, o qual implementou um programa para a modelagem tridimensional da Trinity Chapel e da Beth Shalom Synagogue de Frank L. Wright. O aluno percebeu a semelhança geométrica entre as duas obras, sendo capaz de descrevê-las por meio de um único algoritmo alimentado por parâmetros específicos em cada caso. Seu programa permite ainda que o usuário insira novos parâmetros, gerado, assim, novas versões da obra de Wright.

DISCUSSÃO

A análise dos exercícios apresentados permitiu demonstrar a compreensão dos conceitos introduzidos por parte dos alunos. Os cursos experimentais descritos provaram também que o sistema proposto é suficientemente flexível para se adaptar a diferentes situações e públicos-alvo. Questionários de avaliação preenchidos pelos alunos comprovaram a eficiência dos cursos quanto à mudança de atitude na maneira de encarar-se o CAD no projeto arquitetônico. A grande maioria dos alunos declarou acreditar, inicialmente, que o CAD era apenas

uma ferramenta de representação, mas que o curso havia mudado radicalmente essa visão. O CAD passou a ser encarado como um espaço de exploração formal de novas idéias arquitetônicas. Embora a maioria dos alunos não tenha tido a oportunidade de aplicar as técnicas aprendidas em outras disciplinas no mesmo semestre, grande parte deles declarou ter sofrido uma grande influência conceitual em seus demais projetos curriculares. Isto mostra como o ensino do CAD pode incluir, além do simples treinamento técnico, a introdução de conceitos teóricos de composição, contribuindo, dessa forma, para a formação de melhores designers, tanto no campo da arquitetura como no da engenharia civil ou outras áreas afins.

É interessante ressaltar ainda que a possibilidade de reunir-se, na FEC-Unicamp, em uma mesma sala de aula, alunos de graduação em arquitetura e engenharia civil, além de pós-graduandos, pós-graduados e membros da comunidade, foi extremamente benéfica. Apesar de constituir-se em uma prática raríssima nas universidades brasileiras, a mistura de alunos com diferentes perfis e níveis de conhecimento propiciou uma troca de experiências riquíssima, conforme explicitamente declarado por muitos deles.

BIBLIOGRAFIA

- GIACAGLIA, Marcelo E. A organização da informação em sistemas CAD: Análise crítica de esquemas existentes e proposta para o caso brasileiro. *Sinopses*, n. 35, p. 70-74, 2001.
- _____. Projeções axonométricas em CAD: Você realmente sabe o que está fazendo? *Graf&Tec*, n. 10, p. 29-36, 2001.
- LAWSON, Brian. Cad na arquitetura: A história até agora. *Graf&Tec*, n. 6, p. 31-59, 1999.
- MOORE, Gary T. *Emerging methods in environmental design and planning: Proceedings of the design methods group First International Conference*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1968.
- MITCHELL, William J. A new agenda for computer aided-design. In: McCULLOUGH, Malcolm; MITCHELL, William J.; PURCELL, Patrick (Eds.). *The electronic design studio*. Cambridge, MA: The MIT Press, p. 1-30, 1990.
- MITCHELL, William J., LIGGET, Robin S.; KVAN, Thomas. *The art of computer graphics programming*. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1987.
- STINY, George. *Pictorial and formal aspects of shapes and shape grammars – on computer generation of aesthetic objects*. Basel: Birkhäuser, 1975.

PALAVRAS-CHAVE (KEY WORDS)

CAD, computação gráfica, ensino em arquitetura.

CAD, computer-aided design, architectural education.