



Reflexões sobre a introdução da abordagem paramétrica no ensino de projeto

**Neliza Maria e Silva Romcy,
Marcelo Bezerra de Melo Tinoco,
Daniel Ribeiro Cardoso**

Como citar esse texto: ROMCY, N.M.E.S.; TINOCO, M.B.M.; CARDOSO, D.R. Reflexões sobre a introdução da abordagem paramétrica no ensino de projeto. **VIRUS**, São Carlos, n. 11, 2015. [online] Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus11/?sec=4&item=2&lang=pt>>. Acesso em: dd mm aaaa.

Neliza Maria e Silva Romcy é Mestre em Engenharia Civil e pesquisadora no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Possui experiência em tecnologia da informação na construção civil e processo de projeto.

Marcelo Bezerra de Melo Tinoco é Arquiteto, Doutor em Estruturas Ambientais Urbanas e Professor Associado do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de Ensino de Projeto de Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente com a temática da Política e Projeto da Habitação Social.

Daniel Ribeiro Cardoso é Doutor em Semiótica, professor e pesquisador do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará. Desenvolve pesquisa em processos de emergência da forma na arquitetura, como processos contemporâneos de projeto no Design, Arquitetura e no Urbanismo e Modelagem da Informação na Construção.

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo investigar as especificidades da parametrização e sua inserção no ensino de projeto, considerando novas propostas didáticas. A metodologia utilizada inclui levantamento bibliográfico e identificação de experiências no cenário nacional e internacional que tragam as aplicações de processos paramétricos no ensino. Com a revisão bibliográfica, percebeu-se que tanto as reflexões contemporâneas acerca do ensino de projeto quanto o desenvolvimento de habilidades voltadas para a abordagem paramétrica ressaltam o papel do ateliê como um ambiente que incentive a investigação e colaboração, afastando-o de um modelo tradicional de simulação da prática profissional (foco no produto) para o incentivo à prática experimental (foco no processo). Como

desafio, foi ressaltado que, além da capacitação em softwares específicos, é necessária uma mudança de olhar sobre o objeto projetado, considerando uma visão sistêmica, onde a definição de relações e interações repercute na geração do produto final. O controle do projeto e da produção a partir da associação de processos paramétricos com equipamentos de fabricação possibilita a aproximação de etapas de concepção e materialização, resgatando a importância dos modelos físicos. Porém, é visível um aumento de complexidade com o envolvimento de competências que ultrapassam a expertise de uma única disciplina.

PALAVRAS-CHAVE

parametrização, ensino, processo de projeto.

1. INTRODUÇÃO

Na última década, pesquisadores e educadores começaram a abordar a necessidade de integrar o projeto digital ao ensino de projeto, investigando várias formas de programas pedagógicos. Porém, investigações detalhadas sobre esses processos em instituições como *Columbia University*, *Harvard University*, *Architectural Association School of Architecture*, entre outras, geralmente têm sido motivadas por praticantes digitais individuais, quando comparadas à influência de um programa pedagógico amplo (OXMAN, 2008), o que denota certa limitação.

No Brasil, em 1994 o *Ministério da Educação* publicou a portaria 1.770, que instituiu pela primeira vez a obrigatoriedade do ensino da informática nos cursos de arquitetura. Além de estabelecer a "Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo" como matéria profissional, essas diretrizes curriculares determinavam que os cursos deveriam fazer uso do novo instrumental "no cotidiano do aprendizado", abrangendo o "tratamento da informação e a representação do objeto" (Celani, 2008). No entanto, apesar da discussão sobre os impactos dessas novas tecnologias não ser recente, o reflexo ainda não é amplamente identificado no ateliê de projeto nas escolas de arquitetura do Brasil. As disciplinas específicas foram inseridas nos currículos obrigatórios, mas ainda não são suficientes para provocar uma mudança significativa na maneira de ensinar a projetar (RUFINO; VELOSO, 2005).

Nesse contexto, destaca-se o modelo paramétrico, que consiste na representação computacional de um objeto construído com entidades, cujos atributos podem ser fixos ou variáveis. Os atributos variáveis podem ser representados por parâmetros e regras, de forma a permitir que objetos sejam automaticamente ajustados de acordo com o controle do usuário e a mudança de contexto (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Além da arquitetura, a parametria acompanhou as tendências contemporâneas do design, que passou a apresentar uma necessidade de incremento de sua robustez informacional (PIMENTEL et al., 2014). Ao ressaltar a importância de relacionar os critérios de decisão de projeto, a modelagem paramétrica permite enriquecimento nas operações projetuais, surgindo como uma técnica promissora para gerar inúmeras variações de um produto, a partir da manipulação das informações (parâmetros) que o caracterizam.

Diante das novas possibilidades, que extrapolam descrições gráficas de representação e visualização, tornou-se necessária a reflexão sobre as especificidades da abordagem paramétrica para sua inserção no ensino de projeto, considerando novas propostas didáticas. Assim, surge a questão de como introduzir

no ensino de projeto o uso de processos e ferramentas computacionais que desenvolvam o objeto a partir de parâmetros.

2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

O presente artigo é parte do desenvolvimento de uma tese, cujo objetivo geral consiste em compreender as especificidades do projeto paramétrico e propor diretrizes metodológicas para a aplicação de suas ferramentas e processos no ensino, em cursos de arquitetura e *design*. Será apresentada a etapa de fundamentação teórica, a partir da qual foram desenvolvidas as hipóteses que nortearão a pesquisa.

A metodologia utilizada inclui levantamento bibliográfico sobre o ensino de projeto e sobre a abordagem paramétrica, bem como a identificação de experiências no cenário nacional e internacional que tragam a aplicação de processos paramétricos no ensino. Na busca dessas experiências, utilizou-se como fonte o CUMINCAD (*Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design*), considerado uma biblioteca virtual referência no assunto de projeto assistido por computador. A partir da análise dos exemplos e do levantamento bibliográfico realizado, foi possível verificar estratégias e dificuldades referentes à introdução da abordagem paramétrica no ensino de projeto.

3. O ENSINO DE PROJETO

Nos atuais cursos de Arquitetura e Urbanismo, observa-se que as disciplinas sequenciais de projeto são consideradas o ponto central na formação do arquiteto, demonstrando que a prática iniciada na *École Des Beaux-Arts* francesa do século XVIII ainda persiste em grande parte das escolas. Nos chamados ateliês de projeto, o professor orienta os estudantes a desenvolver projetos arquitetônicos relacionados a temas dados e, em geral, faz com que eles reproduzam o que ele considera como uma boa arquitetura, para, posteriormente, avaliá-los (CARVALHO; RHEINGANTZ, 2003).

Nesse caso, o professor de projeto coloca-se no papel de cliente e cria uma simulação que, segundo Veloso e Elali (2003), mostra-se didaticamente inadequada, uma vez que o estudante ainda não está vivenciando uma atividade real, mas uma fase preparatória no que se refere à experiência e conhecimentos necessários para enfrentar os problemas que lhe são apresentados.

Na área do *design* de produto, busca-se construir um corpo teórico próprio, mas ainda se debate em questões que o prendem a um "fazer" sem que seja necessariamente gerada uma reflexão sobre as ações projetuais. Pode-se afirmar que no campo do *design* se dão ações pedagógicas, mas essas ações ainda carecem de uma filosofia educacional – bases para encaminhamento das questões das práticas de ensino (NECYK; FERREIRA, 2010).

Segundo Bonsiepe (2012), o estado cognitivo do *design* ainda se encontra com uma série de dúvidas, pois não se orienta prioritariamente para a geração de novos conhecimentos cognitivos, mas às práticas da vida cotidiana. Ao contrário da ciência, que encara o mundo pela perspectiva do reconhecimento, o *design* é caracterizado por olhar para o mundo da perspectiva projetual.

Comas (1986) coloca que no ateliê se transmite e se adquire algum conhecimento projetual, porém, de maneira aleatória e sem a devida reflexão crítica em partes dos casos. Como dificuldades, o autor considera as fragilidades de fundamentação teórica em projeto e seu ensino, além do fato da simulação do exercício profissional ser forçosamente seletiva: é impossível esgotar dentro dela a multiplicidade de problemas encontrados na vida profissional. Uma reorientação em curso visa

transformar o ateliê em disciplina teórico-prática onde a transmissão e aquisição de conhecimento se faça progressivamente sistematizada e crítica, e onde as limitações da seletividade sejam minimizadas.

Essa postura, ainda em construção, procura (re)colocar o projeto como campo de investigação e atuação específico de projetistas, mas também, pesquisadores e sobretudo educadores. O lugar da práxis projetual desses novos profissionais de ensino não seria necessariamente os escritórios particulares, mas, laboratórios, grupos de pesquisa e escritórios modelo das universidades, ocorrendo a partir de projetos de pesquisa, extensão e mesmo prestação de serviços (VELOSO; ELALI, 2004).

Considerando que o ato de projetar deve ser aprendido no fazer e que projetistas são profissionais que refletem em ação e sobre a ação (profissionais reflexivos), também se destaca o "ensino prático reflexivo" de Schön (2000). Um dos principais aspectos consiste no diálogo entre instrutor e estudante, realizado através de palavras ou *performance*. O estudante tenta fazer o que busca aprender, revelando o que ele entende ou não, enquanto o instrutor responde com conselho, crítica, explicação, descrições e sua própria *performance*. Quando o diálogo funciona bem, ele toma a forma de reflexão-na-ação recíproca.

Coloca-se, assim, uma pedagogia do projeto inspirada na tendência sócio-interacionista, onde o conhecimento é reconhecido como tradução individual e coletiva, construída a partir da interação social. A ênfase é deslocada do produto para o processo de construção do conhecimento – a qualidade do produto é uma consequência direta do processo e interações que se dão durante o processo da apropriação do conteúdo pelos alunos (RHEINGANTZ, 2003).

Segundo Rheingantz e Azevedo (2014), o professor assume nesse contexto o papel de "agente motivador das ações", capaz de estimular a colaboração e participação dos alunos ao longo de todo o processo, inclusive em momentos de avaliação, atuando como mediador na construção do conhecimento. Como alternativa para enfrentar os desafios anteriormente colocados por Comas (1986), essa abordagem possibilita a discussão e ressignificação do processo de desenvolvimento de projeto a partir de diferentes narrativas que potencializam a compreensão de resultados e apropriação crítica de conhecimentos produzidos coletivamente.

Dentro do contexto contemporâneo, se inserem as questões colocadas quanto ao reconhecimento da importância das novas tecnologias para os cursos de Arquitetura e *Design* de produto, e a necessidade de novas pesquisas que envolvam a relação entre o ensino de projeto e os atuais meios digitais.

Um dos objetivos da pesquisa acadêmica é formar docentes e garantir a qualidade dos conteúdos estudados nas disciplinas estabelecidas pelas diretrizes curriculares nacionais. Segundo Celani (2008), somente o investimento em pesquisas na área de novas tecnologias para apoio ao processo de projeto pode garantir a excelência na formação de professores quanto ao tema e sua constante atualização. Apesar dos esforços localizados que vêm acontecendo no Brasil, são ainda muitos os cursos em que o ensino da informática se dá de maneira antiquada, visando atender apenas às expectativas do mercado em termos de formação de mão-de-obra, sem o desenvolvimento de um raciocínio crítico.

O contexto pode ser comparado à cristalização do Modernismo como modelo pedagógico durante o período da *Bauhaus*, através de mudanças conceituais, tanto no conteúdo quanto nas ferramentas. A *Bauhaus* forneceu uma orientação teórica para o projeto modernista através da integração entre arte e *design*, a fim de introduzir novas formas, novos materiais e uma nova orientação para se projetar

na Era da Industrialização. Para apoiar esse novo currículo, uma nova geração de professores foi formada, demonstrando uma estratégia que integrava habilidades (técnicas artesanais e fabricação) com novos conteúdos conceituais (OXMAN, 2008).

Na atual fase histórica, que se caracteriza por uma intensa inovação científica, tecnológica e industrial, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de gerar conhecimentos a partir da perspectiva do projetar, sobretudo tratando-se de problemas complexos que excedem o *know-how* de uma disciplina particular. Segundo Bonsiepe (2012), já se contam com exemplos no campo do ensino chamado "aprendizado baseado em projetos" ou "ensinamento orientado por problemas".

Sedrez e Celani (2014) também mencionam essa abordagem como "Aprendizagem Baseada em Projetos" e "Aprendizagem Baseada em Problema" (*Problem* ou *Project Based Learning*) e a destacam no contexto do ensino de projeto contemporâneo. A metodologia parte de uma questão ou desafio proposto aos estudantes, criando a necessidade de se conhecer o conteúdo, adquirir habilidades, e praticar a colaboração e a comunicação, em processos de avaliação que observam o pensamento crítico. Assim, propor uma estruturação bem justificada da maneira de como resolver o problema faz parte do processo de aprendizagem e cria oportunidades para a inovação.

4. A ABORDAGEM PARAMÉTRICA

Diante desse novo contexto, a investigação sobre como adotar processos e ferramentas paramétricas no ensino de projeto traz a discussão sobre quais habilidades deverão ser desenvolvidas em conjunto por docentes e discentes ao longo do processo projetual.

Woodbury (2010) lista uma série de habilidades que os projetistas devem desenvolver para aplicar a modelagem paramétrica de maneira efetiva, ressaltando que algumas são novas e outras já lhe são familiares. Tais habilidades incluem:

a) Conceber fluxos de dados: o modo como os dados fluem através de um modelo paramétrico afetam profundamente as possibilidades do projeto e como o projetista interage com elas. Conceber, organizar e editar dependências são as chaves da atividade paramétrica.

b) Dividir para conquistar: consiste em dividir o projeto em partes, projetar as partes e combiná-las em um projeto único, enquanto garante a interação entre elas durante todo o processo. Nesse caso, é necessário tanto um conhecimento sobre a área de projeto, quanto sobre como estruturar projetos paramétricos de modo que os dados possam fluir entre as diferentes partes de uma maneira clara e compreensível.

c) Nomear: partes devem ser nomeadas para facilitar a comunicação. Na modelagem paramétrica, elaborar e refinar nomes adequados para as partes do modelo permitem um menor esforço para a sua compreensão posterior.

d) Pensamento abstrato: uma abstração descreve um conceito geral ao invés de um exemplo específico. O uso da abstração em um modelo paramétrico significa torna-lo ajustável a novas situações, deixa-lo dependente apenas de dados de entrada (*inputs*) essenciais e remover referências ou usos de termos demasiadamente específicos.

e) Pensamento matemático: o uso da matemática por projetistas é confirmado por fatos históricos e os sistemas paramétricos podem valorizar essa prática. A

matemática utilizada de maneira visual e ativa pode se transformar em meios e estratégias com finalidade projetual.

f) Pensamento algorítmico: o autor destaca duas características de um algoritmo – ele consiste na descrição de um processo a ser especificado passo a passo, e deve ser preciso, pois um atributo colocado no lugar errado significa que o algoritmo não vai funcionar. Em contraste, projetistas geralmente descrevem objetos e não processos, além de trabalharem com representações imprecisas que contam com um leitor humano para interpretá-las adequadamente. O sistema paramétrico torna os algoritmos mais próximos de um modelo de projeto, tanto como expressões que definem restrições, quanto como métodos de atualização automática.

Dentre as habilidades listadas, conceber fluxos de dados, dividir para conquistar, e nomear estão diretamente relacionadas à estruturação do modelo paramétrico, de modo a estabelecer uma representação coerente às ideias do projetista e facilitar posteriores alterações, usos e investigações.

O pensamento abstrato e o pensamento matemático estão relacionados à eficiência do modelo paramétrico no que diz respeito à sua utilização e exploração de novas alternativas de projeto. O autor ressalta que ambos os pensamentos já são familiares aos projetistas.

Por fim, o pensamento algorítmico é apresentado como o maior desafio dentre as habilidades, por ser associado à descrição de processos que exigem precisão e estar relacionado a linguagens computacionais pouco familiares aos projetistas.

Visando à redução dessas dificuldades, *scripts visuais* como o *Generative Components (Bentley)*, *Grasshopper* (editor gráfico de algoritmos integrado ao *Rhinoceros 3D – Robert McNeel & Associates*) e *Dynamo (plug-in para o Revit – Autodesk)* vem sendo desenvolvidos.

Por se tratarem de linguagens de programação que incorporam, em sua sintaxe, expressões visuais como diagramas, ícones ou ações realizadas por objetos gráficos, permitem uma maior facilidade ao usuário com pouco conhecimento em programação (VAZ, 2011).

A necessidade de se trabalhar as habilidades mencionadas retoma a discussão sobre a caracterização do ensino em ateliê de projeto. Oxman (2008) também define o modelo de educação convencional em ateliê como simulação da prática profissional, dirigida por uma interpretação teórica do programa de necessidades, terreno e condicionantes. Porém, a autora destaca que a inserção de modelos e processos digitais no ensino traz diferentes estágios de exploração que só podem ser alcançados libertando o estudante de tais expectativas. O processo não precisaria, necessariamente, partir de um programa de necessidades ou terreno específico já apresentados desde o início, mas, da exploração de materiais ou estruturas organizacionais de interesse dos estudantes. O processo didático proposto por Oxman assume o ateliê de projeto como experimental, no sentido de que encoraja o estudo baseado na pesquisa.

Ao descreverem a experiência da disciplina *Responsive Architecture* (Arquitetura Responsiva), lecionada na Unicamp pela arquiteta Anne Save de Beaucueil, e com intensa utilização de meios computacionais, Sedrez e Celani (2014) destacaram, ainda, o Modelo de Desempenho (*Performance Model*) e o *Craftsmanship*.

O primeiro diz respeito à classificação de Oxman (2008) para os processos de formação guiados por uma condição desejada de desempenho de projeto, onde os processos paramétricos possibilitam agilidade e integração no fluxo de informações; enquanto o segundo está associado à integração entre habilidades cognitivas e

manuais para a confecção de produtos de qualidade, tanto em projeto quanto execução.

Quanto às mudanças referentes à atividade projetual, Malé-Alemanly e Sousa (2003) colocam que o projeto baseado em parâmetros estabelece a criação de um modelo que age como um sistema de informações interconectadas. Devido ao seu potencial de incorporar parâmetros que respondem a diferentes campos, o modelo paramétrico promove a convergência de interesses diversos, apoiando a colaboração e processo dinâmicos, onde concepção, simulação, análise, detalhamento e fabricação podem acontecer simultaneamente em um ambiente fluido e interativo.

Tais características devem ser destacadas quando se considera que os problemas de projeto costumam ser multidimensionais e altamente interativos, trazendo a necessidade de soluções integradas para uma série de exigências. Segundo Lawson, "se houvesse uma característica única que pudesse ser usada para identificar os bons projetistas, seria a capacidade de integrar e combinar" (LAWSON, 2011, p. 66).

Assim, aplicada ao ensino, a modelagem paramétrica encoraja uma ideia de projeto integrado e multidimensional, fornecendo aos estudantes uma experiência que flui desde as bases de concepção à representação e descrição técnica, permitindo até a fabricação de protótipos em escala 1:1.

A partir da revisão bibliográfica, percebe-se que tanto as reflexões contemporâneas acerca do ensino de projeto quanto o desenvolvimento de habilidades voltadas para a abordagem paramétrica ressaltam o papel do ateliê de projeto como um ambiente que incentive a investigação, permitindo a geração de conhecimentos, convergência de interesses diversos e colaboração. Nesse caso, o ateliê deve se afastar do modelo tradicional de simulação da prática profissional, com foco no produto, e buscar o incentivo à prática experimental, com foco no processo.

5. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO NO CENÁRIO NACIONAL E INTERNACIONAL

Tradicionalmente os currículos em arquitetura e *design* são formatados como um aglomerado de células individuais, representando as disciplinas que deverão ser feitas e mapeando a trajetória do estudante ao longo do programa. A maioria dos currículos contemporâneos ilustra relações hierárquicas através de separação e estratificação, onde os estratos resultantes são classificados por níveis anuais e áreas específicas como projeto, tecnologia, teoria, história, prática e eletivas. Nessa configuração, o único espaço para pensamentos relacionais se manifesta a partir dos pré-requisitos entre disciplinas.

Considerando o *design* paramétrico como uma série de perguntas que estabelecem as variáveis de um projeto, Karle e Kelly (2011) colocam que moldar projetos e currículos desde o começo com relações paramétricas, significa colocar menos pressão para que o projetista defina o projeto correto e mais pressão para que sejam feitas as perguntas corretas e relevantes ao longo do processo.

No âmbito das disciplinas, as experiências levantadas a partir do CUMINCAD permitiram o reconhecimento das seguintes situações: 1. investigação da abordagem paramétrica através do estudo de padrões ou regras pré-definidas; 2. inserção de processos paramétricos no formato do ateliê tradicional, onde o projeto se inicia com um contexto e programa de necessidades; 3. utilização de ferramentas paramétricas como apoio para tópicos que não envolvem a atividade de concepção.

A investigação através da manipulação de padrões ou regras pré-definidas está relacionada ao desafio de desenvolver junto aos estudantes a compreensão sobre como trabalhar as relações entre as partes, no intuito de gerar diferentes configurações de projeto que atendam às propriedades desejadas. Assim, atividades que envolvam a análise de padrões pré-existentes e sua posterior aplicação em um contexto arquitetônico tem como intenção exercitar o olhar sobre o objeto de acordo com uma visão sistêmica, essencial para a abordagem paramétrica.

Um sistema é conceituado como um agregado de elementos que são relacionados entre si a ponto de partilhar propriedades. O agregado de elementos pode ser de qualquer natureza, ou seja, formado por entidades que diferem entre si. Tal generalidade sugere que a postura sistêmica é uma boa escolha no estudo de entidades complexas, quando se encontra a necessidade de conciliar elementos que são diversos, mas que no contexto da criação ganham coerência e vêm a formar todos significativos e estéticos (VIEIRA, 2008).

No ensino de projeto, a aplicação do conceito de sistema junto à abordagem paramétrica deverá discutir, não apenas a estrutura definida das relações entre as partes do modelo paramétrico ou do objeto a ser concebido, mas, como essa estruturação permite a geração de diversas soluções, todas adequadas segundo propriedades desejadas – caracterizam-se, assim, os processos generativos.

No Instituto de Tecnologia da Geórgia, Baerlecken e Riether (2012) apresentaram a experiência da disciplina Projeto 1, em que os estudantes foram levados a investigar sistemas não-arquitetônicos como base para o desenvolvimento de um projeto, com a utilização de métodos digitais. A lista de padrões que deveriam ser analisados foi pré-definida e incluía exemplos como pele de crocodilo, ligas metálicas e deslocamento de rebanhos. Na etapa de análise, os estudantes em duplas deveriam escolher um dos padrões e representá-lo em forma de imagens e diagramas para demonstrar sua compreensão a respeito do sistema. Posteriormente, o material analisado deveria ser transformado em padrões bidimensionais, tridimensionais e estudos formais para a aplicação em um objeto arquitetônico, segundo um programa de necessidades e terreno só então estabelecidos.

Na Universidade do Estado de Oklahoma, Ra (2011) apresenta a experiência da disciplina de Introdução à Computação, onde o trabalho de cada estudante foi produzido como uma série de variações que utilizavam os mesmos procedimentos, mas alteravam determinados parâmetros. O trabalho final consistiu em um projeto colaborativo, onde foi dado inicialmente um modelo 3D de uma estrutura em grelha, com uma curvatura que restringiria como cada componente seria pensado. Os estudantes deveriam escolher um componente dessa grelha para projetar uma forma volumétrica com pelo menos uma abertura que permitisse a passagem da iluminação. Cada forma foi fabricada com cortadora a *laser* e montada para gerar a estrutura, o que levou os estudantes a explorarem como a mudança de parâmetros em seus componentes e aberturas impactavam a qualidade da luz e a composição junto às formas vizinhas, ressaltando a natureza colaborativa do projeto.

O desafio de uma mudança de olhar sobre o objeto considerando uma abordagem sistêmica fica ainda mais claro nos exemplos em que os processos paramétricos são aplicados em exercícios que se iniciam a partir de um terreno e programa de necessidades pré-definidos.

Soma-se, ainda, que os estudantes costumam apresentar experiências prévias apenas com meios de representação em desenho e CAD tradicional, onde o foco é a representação da forma final, descrita geometricamente, contrastando com os

métodos paramétricos, que forçam uma representação processual prévia, em que a forma é resultado desse processo. Diferente dos processos tradicionais, em que o desenho é facilmente modificado e retrabalhado pelo projetista, a revisão de um modelo paramétrico dificilmente permite mudanças no nível da representação final, sendo necessário retornar ao nível processual. Segundo Hanna e Turner (2006), essa é uma causa de frustração comum para os estudantes de projeto que são introduzidos aos processos paramétricos pela primeira vez.

No exemplo de Projeto 3, realizado no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), a disciplina foi dividida em dois módulos projetuais: o primeiro enfatizou a concepção e produção de geometrias complexas, enquanto o segundo priorizou o uso de sistemas BIM (NOJIMOTO; TRAMONTANO; ANELLI, 2011). Com o objetivo de inserir uma estratégia projetual que os alunos ainda não haviam explorado, o exercício para a produção de geometrias complexas consistiu na proposta de um abrigo para passageiros, e envolveu a parametrização de elementos distintos e variáveis com a utilização do *software Rhinoceros* e seu *plug-in Grasshopper*

Durante o desenvolvimento do exercício, os autores verificaram que, enquanto algumas equipes se dispuseram a enfrentar o desafio da definição de parâmetros e procedimentos lógicos para a formulação de uma geometria que correspondesse a suas intenções projetuais, outras definiram uma geometria complexa apenas pela capacidade de processamento do *Rhinoceros*, partindo de uma intenção formal inicial e não das possibilidades de relação entre os elementos.

O segundo exemplo consiste na Universidade Técnica de Darmstadt, onde foram realizados ateliês e *workshops* para o planejamento e fabricação de dois *stands*, em que a metodologia de ensino se focou na conexão íntima entre o processo de geração da forma e a concretização do projeto (KARZEL; MATCHA, 2009). O objeto proposto deveria preencher uma multiplicidade de necessidades, precisando se ajustar a diversos parâmetros para acomodar mudanças nas dimensões, disposição das funções, formato e número de áreas funcionais. Assim como o exemplo anterior, dois tipos diferentes de projetos foram detectados: aqueles que se originavam de um objeto sólido e aqueles que eram subdivididos em partes menores que se relacionavam.

Além do desafio na adoção de uma nova estratégia projetual por parte dos estudantes, as experiências realizadas no IAU-USP e na Universidade Técnica de Darmstadt destacaram outro aspecto importante para o ensino de projeto: as contribuições trazidas pela relação entre a modelagem paramétrica e os processos de prototipagem e fabricação digitais.

A partir da fabricação de modelos físicos durante o processo de projeto, é possível a verificação de soluções construtivas que, associada à alteração de parâmetros para a investigação de alternativas, potencializa a realização de ajustes e a tomada de decisão. Ao final do processo, a utilização do modelo paramétrico permite, ainda, que não se tenha apenas um objeto específico, mas uma família de componentes relacionados. A partir de uma cadeia de produção integrada aos equipamentos de fabricação digital, torna-se possível a produção de um grande número de objetos, todos provenientes de um mesmo projeto, mas ajustáveis às especificidades da situação – caracteriza-se, assim, a customização em massa.

Por fim, foram verificadas experiências que se utilizaram de ferramentas paramétricas como apoio para tópicos que não envolvem diretamente a atividade de concepção. Considerando que a aplicação da abordagem paramétrica envolve reflexões que vão além do conteúdo de uma única disciplina, iniciativas que introduzam o tema em atividades de início de curso e trabalhem situações de

menor complexidade são uma alternativa importante para uma familiarização gradativa por parte do estudante.

O primeiro exemplo consiste em uma metodologia focada em atividades que permitam adquirir conhecimento sobre o desempenho de um sistema, usando ferramentas computacionais de modelagem paramétrica e BIM (SANGUINETTI, 2013). Nessa proposta, os estudantes aprendem a desenvolver componentes paramétricos e, a construir o modelo das partes para o todo (*bottom-up assembly*). Os processos de teste consistem em alterar parâmetros de projeto, visualizar e avaliar os efeitos dessas variações, considerando relações, condicionantes e regras. O teste de desempenho é colocado como uma evolução do paradigma de solução de problemas, onde o estudante faz um diagnóstico de uma proposta dada, avaliando-a segundo seu desempenho e propondo alterações.

O segundo exemplo consistiu em uma experimentação para a inserção do conceito de projetos generativos em estágios iniciais de formação, envolvendo os temas geometria e informática (BROD; PIRES; SILVA, 2012). Para tanto, foram selecionadas as disciplinas Geometria Gráfica Digital III (2º semestre) e Informática Aplicada ao Projeto de Arquitetura e Urbanismo I (5º semestre) na Universidade Federal de Pelotas.

O exercício de desenho paramétrico foi aplicado em ambas as disciplinas, tratando atividades que trabalhassem com o conceito de superfícies geométricas curvas aplicadas à arquitetura, através da modelagem de obras específicas. A atividade utilizou o *Grasshopper* e foi desenvolvida em etapas, com a criação e manipulação dos entes geométricos envolvidos no objeto estudado, o que incluiu pontos, linhas, superfícies e a geração do modelo referente à obra final. Após a construção do modelo, os alunos foram convidados a explorar diferentes formas, a partir da manipulação de parâmetros. Em ambas as disciplinas, os estudantes consideraram que o processo paramétrico contribuiu para a compreensão sobre a construção da forma geométrica e para o entendimento dos princípios básicos do uso de um sistema generativo na exploração formal e processos criativos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento bibliográfico e dos exemplos apresentados, é possível observar determinadas estratégias e desafios para a introdução da abordagem paramétrica no ensino de projeto.

Como desafios, percebe-se que bem além da capacitação em *softwares* específicos, é necessária uma mudança de olhar sobre o objeto projetado, a partir da compreensão da forma como expressão de uma lógica pré-definida e a visão do processo como sistêmico, onde a definição de relações e interações repercute na geração do produto final.

Assim, o pensamento algorítmico e a utilização de modelos paramétricos como sistemas dinâmicos de relações entre componentes tornam o desenvolvimento do projeto mais voltado para a descrição de processos que de um único produto, o que gera mudanças para o modelo de ateliê tradicional, caracterizado pela simulação da prática profissional e contextos pré-definidos como ponto de partida (terreno e programa de necessidades).

Para a introdução gradual dos processos paramétricos junto a estudantes em início de curso, sugerem-se atividades que exercitem a análise de padrões e sistemas existentes, com posterior aplicação dentro de um contexto projetual, ou a disponibilização de modelos pré-definidos para a investigação de variações, a partir da manipulação de seus parâmetros.

No ateliê propriamente dito, ressaltam-se características importantes da atividade de projeto como a experimentação e a colaboração, onde o modelo paramétrico surge como uma proposta integrada e multidimensional de informações interconectadas. O controle do projeto e da produção a partir da associação de processos paramétricos com a análise de desempenho e equipamentos de fabricação possibilita a aproximação de etapas de concepção, desenvolvimento e materialização, aproximando os processos de projeto e execução. A importância dos modelos físicos para o ensino também é resgatada e potencializada com a possibilidade da geração rápida de alternativas a partir da manipulação de parâmetros, além da produção de peças em escala real que permite processos de customização em massa.

Por fim, as reflexões colocadas estão de acordo com uma abordagem pedagógica contemporânea, em que o ateliê de projeto é colocado como ambiente de experimentação e colaboração, onde processos de investigação de problemas/soluções permitem o desenvolvimento de habilidades, geração e compartilhamento de novos conhecimentos. Porém, é visível um aumento de complexidade com o envolvimento de etapas que vão desde a concepção à materialização, o acompanhamento dos estudantes com foco no processo e não no produto final, e o envolvimento de competências que vão além da expertise de uma única disciplina.

REFERÊNCIA

ANDRADE, M.L.V.X.; RUSCHEL, R.C. BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Rima Editora, 2009. p. 602-613.

BAERLECKEN, D.; RIETHER, G. Aggregates: Digital design for design 1. In: CAADRIA 2012 [INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA], 17., 2012, Chennai. **Proceedings...** Chennai: CAADRIA, 2012. p. 607-616.

BONSIEPE, G. **Design como prática de projeto**. São Paulo: Blucher, 2012.

BROD, G.A.; PIRES, J.F.; SILVA, A.B.A. Um ensaio para inserção do conceito de processos generativos digitais em estágios iniciais da formação em arquitetura. In: SIGRADI 2012 [IBEROAMERICAN CONGRESS OF DIGITAL GRAPHICS], 16., 2012, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: SIGraDi, 2012. p. 611-614.

CARVALHO, R.S.; RHEINGANTZ, P.A. Contribuições da Pós-Graduação para o ensino de projeto de arquitetura. In: SEMINÁRIO SOBRE ENSINO E PESQUISA EM PROJETO DE ARQUITETURA, 1., 2003, Natal. **Anais...** Natal: PROJETAR, 2003. p. 1-14.

CELANI, G. A importância da pesquisa na formação de docentes: o caso da "informática aplicada à arquitetura e urbanismo". **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 7, n. 1, 2008.

COMAS, C. E. D. Ideologia Modernista e ensino de projeto arquitetônico: duas proposições em conflito. In: COMAS, C.E.D. (Org). **Projeto Arquitetônico: Disciplina em Crise, Disciplina em Renovação**. São Paulo: Editora Projeto, 1986, p. 33-46.



HANNA, S.; TURNER, A. Teaching Parametric Design in Code and Construction. In: SIGRADI 2006 [IBEROAMERICAN CONGRESS OF DIGITAL GRAPHICS], 10., 2006, Santiago de Chile. **Proceedings...** Santiago de Chile: SIGRaDi, 2006. p. 158-161.

KARLE, D.; KELLY, B.M. Parametric Thinking. In: ACADIA 2011 [REGIONAL – PARAMETRICISM: STUDENT PERFORMANCE CRITERIA], 2011, University of Nebraska-Lincoln College of Architecture. **Proceedings...** Nebraska: ACADIA, 2011. p. 109-113.

KARZEL, R.; MATCHA, H. Experimental Design-Build: Teaching Parameter-based Design. In: ECAADE [COMPUTATION: THE NEW REALM OF ARCHITECTURAL DESIGN], 27., 2009, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: ECAADE, 2009. p. 153-158.

LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MALÉ-ALEMANY, M.; SOUSA, J.P. Parametric design as a technique of convergence. In: CAADRIA 2003 [INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA], 8., 2003, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: CAADRIA, 2003. p. 157-166

NECYK, B.; FERREIRA, P.C. Educação para o design. In: P&D DESIGN: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 9., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Blücher e Universidade Anhembi Morumbi, 2010.

NOJIMOTO, C.; TRAMONTANO, M; ANELLI, R.L.S. Design Paramétrico: Experiência Didática. In: SIGRaDi 2011 [XV CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRAFICA DIGITAL], 15., 2011, Santa Fé. **Proceedings...** Santa Fé: SIGRaDI, 2011. p. 456-460.

OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **Design Studies**, v. 29, n. 2, p. 99-120, 2008.

PIMENTEL, B.G.S.; BRUSCATO; U.; SILVA, R.P.; TEIXEIRA, F.S. Experimentação de um produto a partir de ferramentas da fabricação digital. In: P&D DESIGN: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 11., 2014, Gramado. **Anais...** Gramado: P&D, 2014. p. 1-12.

RA, S. **Parametric Translations.** In: ACADIA 2011 [REGIONAL – PARAMETRICISM: STUDENT PERFORMANCE CRITERIA]. 2011, University of Nebraska-Lincoln College of Architecture. **Proceedings...** Nebraska: ACADIA, 2011. p. 261-265.

RHEINGANTZ, P.A. Arquitetura da autonomia: bases pedagógicas para a renovação do Atelier de Projeto de Arquitetura. In: MARQUES, S.; LARA, F. (Org.) **PROJETAR: Desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto.** Rio de Janeiro: EVC – Editora Virtual Científica, 2003.

RHEINGANTZ, P.A.; AZEVEDO, G.A.N. Processo e Prática da Auto-avaliação no Atelier de Projeto de Arquitetura. In: III ENANPARQ - ARQUITETURA, CIDADE E PROJETO: UMA PRODUÇÃO COLETIVA, 3., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo - Campinas: UPM-PUCCAMP, 2014. p. 1-14.

RUFINO, I.A.A.; VELOSO, M.F.D. Entre a bicicleta e a nave espacial: Os novos paradigmas da Informática e o ensino do Projeto Arquitetônico. In: PROJETER 2005



– II SEMINÁRIO SOBRE O ENSINO E PESQUISA EM PROJETO DE ARQUITETURA, 2., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PROJETAR, 2005. p. 1-6.

SANGUINETTI, P. Performance Testing in Architectural Design: Evolving the Problem-Solving Paradigm for Novice Designers. In: SIGRADI 2013 [PROCEEDINGS OF THE 17TH CONFERENCE OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS], 17., 2013, Valparaíso. **Anais...** Valparaíso: SIGRADI, 2013. p. 520-523.

SCHÖN, D. **Educando o profissional reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

SEDREZ, M.; CELANI, G. Ensino de projeto arquitetônico com a inclusão de novas tecnologias: uma abordagem pedagógica contemporânea. **Pós - Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, v. 21, p. 78-97, 2014.

VAZ, C. E. V. **Um método de ensino de projeto baseado no conhecimento**: sistemas generativos e ontologias aplicadas no ensino de arquitetura paisagística. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

VELOSO, M.; ELALI, G. Qualificar é preciso... Uma reflexão sobre a formação do professor de projeto arquitetônico. **Arquitextos**, São Paulo, ano 04, n. 045.01, Vitruvius, fev. 2004. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.045/605>>. Acesso em: Jun. 2014.

_____. A pós-graduação e a formação do (Novo) Professor de Projeto de Arquitetura. In: MARQUES, S.; LARA, F. (Org.) **PROJETAR**: Desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto. Rio de Janeiro: EVC - Editora Virtual Científica, 2003.

VIEIRA, J.A. **Teoria do Conhecimento e Arte**: formas de conhecimento – arte e ciência uma visão a partir da complexidade. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2008.

WOODBURY, R. **Elements of parametric design**. Nova Iorque: Routledge, 2010.