

CAPÍTULO 13

LABORATÓRIOS DE FABRICAÇÃO DIGITAL COMO DIFUSOR DE RECURSOS TECNOLÓGICOS EM PROCESSOS CONTEMPORÂNEOS DE PROJETO: contributos para o ensino

Ágabo Carvalho Silva

Mestrando pela Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Uberlândia – MG – Brasil

agabo.carvalho@gmail.com

Flávia Ballerini

Doutora pela Universidade Federal de Minas Gerais, Professora efetiva do curso de Arquitetura e Urbanismo – UFU, Coorientadora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – UFU Uberlândia – MG – Brasil

ballerini.flavia@gmail.com

RESUMO

Nos últimos anos, tem sido crescente o uso de tecnologias digitais na prática da arquitetura por meio dos laboratórios de fabricação digital, configurando-se historicamente como base de catalisação e transformação dos métodos de concepção e produção do espaço. Entretanto, o que antes tinha seu uso aplicado à modelos de representação e comunicação em arquitetura, atualmente, procura sua inserção por meio de uma renovação sistêmica frente aos processos de projeto arquitetônico e de fabricação de componentes construtivos através das possibilidades geradas pelo *design* computacional. Essa situação, tem contribuído para uma difusão de recursos tecnológicos e para a implantação de novos métodos de concepção, nos levando a reflexão principal deste artigo: de que modo essa realidade tem influenciado e/ou contribuído, tanto no que diz respeito ao ensino quanto nos desdobramentos para a produção do espaço como forma/matéria? Para esta discussão, utilizou-se uma metodologia de natureza exploratória qualitativa, utilizando-se de revisão literária, com ênfase especial no caso do IAU-USP São Carlos, evidenciando de modo introdutório, outros laboratórios em centros de ensino de arquitetura no Brasil onde essas estruturas tecnológicas têm tido seu uso inserido no exercício de projeto. Segundo o referencial consultado, observa-se o crescimento de forma exponencial da implantação desses laboratórios nos centros de ensino, com sua concentração de implantação maior na região sudeste do país, sendo os mesmos em grande parte com ações de desenvolvimento tecnológico incorporadas à arquitetura. No Brasil, há pouco mais de 30 anos, escolas de arquitetura e urbanismo têm procurado inserir em suas disciplinas algumas destas tecnologias, no entanto, de forma isolada ou com o objetivo maior de apenas fornecer bases mercadológicas para atuação profissional. Os aplicativos CAD são pioneiros dentro deste contexto. Com os casos apresentados aqui, bem como o debate teórico apresentado pelos autores, percebe-se que há uma pluralidade no uso das tecnologias digitais como ferramenta do

processo criativo. Tal cenário desafia arquitetos e alunos a refletirem a prática da arquitetura, principalmente de forma crítica, bem como sobre o debate de equipar nossas futuras escolas para que em conjunto com as gerações seguintes, se façam as renovações necessárias.

Palavras-chave: Fabricação Digital, Prototipagem rápida, Ensino, Processo de Projeto, Tecnologia.

ABSTRACT

In recent years, the use of digital technologies in the practice of architecture has been increasing through digital manufacturing laboratories, historically constituting as a basis for catalyzing and transforming the methods of conception and production of space. However, what used to be applied to architectural representation and communication models nowadays seeks its insertion through a systemic renewal in the face of the processes of architectural design and construction of constructive components through the possibilities generated by computational design. This situation has contributed to the diffusion of technological resources and the implementation of new methods of conception, leading us to the main reflection of this article: how this reality has influenced and / or contributed, both with regard to teaching, as well as in the unfolding for the production of space as form / matter? For this discussion, a qualitative exploratory methodology was used, using literary revision, with special emphasis on the case of IAU-USP São Carlos, introducing in an introductory way other laboratories in architecture teaching centers in Brazil where these Technological structures have had their use inserted in the project exercise. According to the consulted reference, there is an exponential growth in the implementation of these laboratories in teaching centers, with its concentration of greater implementation in the southeastern region of the country, being largely due to technological development actions incorporated into the architecture. In Brazil, a little over 30 years ago, schools of architecture and urbanism have tried to insert some of these technologies into their disciplines, however, either in isolation or with the main objective of only providing marketing bases for professional performance. CAD applications are pioneers within this context. With the cases presented here, as well as the theoretical debate presented by the authors, it is clear that there is a plurality in the

use of digital technologies as a tool of the creative process. This scenario challenges architects and students to reflect on the practice of architecture, especially critically, as well as the debate of equipping our future schools so that together with subsequent generations, the necessary renovations are made.

Keywords: Digital Fabrication, Rapid prototyping, Teaching, Project Process, Technology.

1. INTRODUÇÃO

A discussão que norteia o objeto desse estudo surge a partir da reflexão despretensiosa sobre o cenário atual dos cursos de arquitetura e urbanismo e suas problemáticas no que diz respeito aos processos de projeto, frente às novas realidades tecnológicas, (ainda com pouca abertura às experimentações no contexto abordado) e as mudanças que as mesmas têm configurado às relações sociais e econômicas, por sua vez, interferindo também na produção do espaço urbano contemporâneo e suas possibilidades alternativas de composição.

Historicamente, a tecnologia tem sido base de catalisação de novas ideias na arquitetura (KLINGER, 2007 *apud* PUPO, 2008), e de transformação nos métodos¹ como são concebidos: desde a prática do projeto à construção em diversos âmbitos de produção da cidade (engenharia, *design* etc.). Um exemplo disso, são os desenhos bidimensionais, que em processos tradicionais de projeto, são meios de representação e comunicação em arquitetura, mas que hoje, não se constituem como solução única de compreensão espacial, tanto na fase inicial quanto na fase final de um projeto. Com o apoio da tecnologia, a modelagem tridimensional e a prototipagem rápida,² melhoram de forma significativa essa comunicação, e ampliam as noções de escala, materialidade e processos construtivos inerentes ao projeto, que por métodos bidimensionais, talvez não fossem evidenciados. Essa comunicação, conforme aponta PUPO (2008),

1 Método segundo Pazmino (2013), se configura como um caminho para se atingir uma finalidade comendo várias técnicas, a fim de constituir uma sistemática de trabalho, organização e rigor em seu desenvolvimento, gerando soluções inovadoras e melhorias nos projetos, e logo, na qualidade das construções

2 A prototipagem rápida é a materialização de protótipos físicos apoiados por um conjunto de tecnologias que se apoiam em fontes de dados gerados por sistemas de projeto, auxiliado por computador. Buswell (2007, *apud* PUPO e CELANI, 2008)

é de suma importância para o êxito do projeto, melhorando a qualidade do produto final e reduzindo tempo de custos e execução do mesmo.

A recente inserção e utilização dessas técnicas, como a prototipagem rápida e a fabricação digital por meio dos laboratórios de fabricação, assim como os softwares de tecnologias parametrizadas, utilizados em simulações tridimensionais pela indústria criativa e pela arquitetura, tem auxiliado nas transformações desses processos de criação e projeto, e engendrado novas formas e possibilidades de se construir e materializar o objeto de concepção (PUPO; CELANI, 2008). Esse conceito de espaço, que inicialmente se popularizou e se difundiu em um Instituto de Tecnologia dos Estados Unidos (EYCHENNES e NEVES, 2013), ganhou apoio de empresas e universidades brasileiras com diferentes ações de pesquisa e trabalho, incorporando a ideia e passando a oferecer a comunidade, a abertura às experimentações, como parte da cultura alimentada pelo movimento *maker*,³ através de um sistema inovador em processos de criação.

Em 2015, um mapeamento feito na América do Sul por Sperling *et al.* (2015) com o objetivo de demonstrar o estado da arte da fabricação digital, apontou que os mesmos se organizam em duas linhas significativas: a atuação focada em desenvolvimento tecnológico e a atuação direcionada ao desenvolvimento social e ambiental, sendo que de um total de 240 cadastrados em uma plataforma integrada, no Brasil, 22 possuem ações voltadas para a área de Arquitetura (vinculados ou não à rede MIT Fab e Rhino Fab), sendo a maioria implantados em Instituições de ensino superior.

A implantação dessas estruturas tem crescido de forma exponencial nos centros de ensino, com sua concentração de implantação maior, na região sudeste do país (SPERLING *et al.*, 2015), sendo em sua maioria, com linhas de ações incorporadas ao desenvolvimento tecnológico da arquitetura, embora os mesmos também desenvolvam atividades interdisciplinares de pequena e grande escala, além de projetos voltados à extensão universitária por meio de cursos, workshops, eventos e exposições.

3 A cultura maker é influenciado pelo movimento do “faça você mesmo” ou Do-It-Yourself (DIY) em inglês. Afim de estabelecer que qualquer indivíduo, mesmo que não seja um especialista, essa cultura propaga a ideia de que podemos vir a construir, restaurar, transformar e fabricar os mais diversos tipos de objetos e projetos, usando materiais de baixo custo a partir de uma fabricação pessoal e singular.

De que maneira então, essa realidade tecnológica e sua produção contextualizada à arquitetura, tem influenciado e/ou contribuído tanto no que diz respeito ao ensino quanto nos desdobramentos para a produção do espaço como forma/matéria?

2. METODOLOGIA

A partir de uma metodologia exploratória qualitativa, por meio de levantamento bibliográfico (GIL, 2008 p. 41), procura-se então abordar neste artigo, autores e pesquisadores que nos últimos anos desenvolveram discussões do assunto, utilizando-se também, o caso do laboratório de fabricação digital, implantado como ferramenta de apoio metodológico em disciplinas de projeto no curso de arquitetura e urbanismo, pela Universidade de São Paulo – Câmpus de São Carlos, evidenciando igualmente institutos com iniciativas similares a fim de analisar e compreender, em caráter introdutório, a problemática deste artigo.

3. O PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA E A FABRICAÇÃO DIGITAL COMO CONTRIBUTO NA PRODUÇÃO CONTEMPORÂNEA: INOVAÇÃO EM ARQUITETURA E DESIGN

Para entendermos como a tecnologia modifica os modos como os projetos arquitetônicos⁴ são concebidos e suas relações com o ensino, vamos primeiramente, entender a atmosfera dos laboratórios de fabricação digital, e posteriormente, o período que antecede este contexto de maneira breve, identificando como o processo de projeto se insere em tal realidade e refletindo sobre as transformações das etapas que o compõe a prática de projeto e de ensino.

3.1 FAB LABS

A fabricação digital, a prototipagem rápida e as alternativas de simulação tridimensional de modelos, configuram uma atmosfera criativa e de processos dentro de um Fab Lab. O primeiro laboratório, foi desenvolvido em 2001, no Massachusetts Institute of Technology (MIT), por meio

4 Segundo Cosme (2008) a palavra “projeto” pode-se referir “tanto a una idea o um deseo, como al proceso y a la serie de operaciones necesarias para definirlos y convertirlos em realidade”, como ao “conjunto de documentos que permitirá transmitirlos y materializarlos”.

de um laboratório interdisciplinar chamado Center for Bits and Atoms (CBA), liderado pelo professor e criador dos Fab Labs, Neil Gershenfeld. A prototipagem rápida é uma das ferramentas de experimentação dentro desses laboratórios e é compreendida como um conjunto de tecnologias utilizadas para se fabricar volumes físicos por meio de fontes de dados gerados por sistemas de projeto, auxiliado por computador (C.A.D). Segundo Buswell (2007, *apud* PUPPO e CELANI, 2008), em termos gerais, todos esses processos são dotados da capacidade de produzir componentes pela adição ou construção através da sobreposição de camadas de certos materiais, formando um objeto. Tais métodos, possibilitam aos projetistas criar de forma rápida protótipos concretos a partir de seus projetos, ao invés de figuras bidimensionais, constituindo um interessante auxílio durante uma discussão prévia do projeto.

[...] a modelagem física, em todas as suas fases de desenho dos componentes, preparação para fabricação, produção e montagem, curiosamente antecipa, às vezes com grande acuidade, questões produtivas, construtivas e de organização de obra que, em processos convencionais, tendem a revelar-se apenas quando finalizada a concepção (TRAMONTANO, 2016).

Na verdade, os protótipos sempre foram feitos, mas a prototipagem rápida permite que eles sejam realizados em um tempo menor e de forma mais econômica (em termos do processo como um todo). Com uma variedade de ferramentas e softwares disponíveis no mercado, o termo “rápido” acaba sendo algo relativo, variando muito entre uma tecnologia e outra.

Já a Fabricação Digital, refere-se às tecnologias de controle numérico (CNC), permitindo a transferência de dados de um programa de modelagem tridimensional para uma máquina CNC. Com isso, torna-se possível a produção de modelos em escala real, gerando componentes construtivos diretamente de modelos digitais 3D, com resultados variáveis e não repetitivos, se fazendo necessário conforme afirma Tramontano (2016), que o aluno tenha domínio sobre o manuseio desses equipamentos/programas, a fim de que isso o auxilie na construção de um entendimento mais claro sobre a produção de componentes construtivos. Na arquitetura e na construção, as aplicações desses modelos são bem interessantes e versáteis, indo desde a produção de fôrmas para concreto armado com formas especiais até a produção de ornamentos esculpidos em pedra

que podem ser utilizadas como “próteses” arquitetônicas em obras de restauro (PUPO; CELANI, 2007).

3.2 PROCESSO DE PROJETO E SEU CONTEXTO INFORMÁTICO NA PRÁTICA DO ENSINO DE ARQUITETURA

Pupo (2008) nos mostra em sua tese, que hoje em dia, a tecnologia permitiu que os arquitetos descobrissem novas formas de se fazer arquitetura, mas que no passado, a descoberta de novos materiais e de sistemas construtivos, era o que modificava a geometria das formas, e que no período da década de 50 e 70, alguns materiais considerados “formativos”, como por exemplo o concreto e o plástico, inspiraram tanto arquitetos quanto engenheiros a trabalharem de maneira mais livre e sem grandes limitações. No entanto, a ausência de ferramentas adequadas de projeto e planejamento para tal uso, impossibilitou a difusão de uma geometria mais complexa, confinando seu uso a estruturas e superfícies regulares. Também é importante considerar, que conforme aponta Tramontano (2016), a ortogonalidade proposta até então, associado à questões como racionalização das construções e o uso extensivo de materiais como concreto armado e o aço, fomentaram em muito dos processos construtivos, uma geometria plana e de ligações a 90 graus, configurando um cenário de produção da indústria, baseado nessa lógica, fazendo com que o mercado imobiliário simplificasse a forma e os sistemas de construção, inibindo de forma deliberada, outras possibilidades de investigação formal.

[...] os novos processos informáticos de geração de sistemas de criação apoiados na realidade virtual e em softwares de renderização e de criação de superfícies complexas, assim como em programas de construção de objetos 3D nos introduzem a um novo ciclo de criação virtual que nos libertará, cada vez mais, da **necessidade da construção como realidade última de verificação do possível** (RAMOS, 2007, grifo nosso).

A crescente utilização dos meios digitais disponibilizados e utilizados em diferentes fases do processo de projeto e construção, impulsionou uma renovação dos métodos de projeto por grandes nomes da arquitetura, que passaram a adotar, de forma híbrida, os recursos tecnológicos com as técnicas tradicionais. Dentre esses exemplos, podemos destacar Frank Gehry, Bernhard Franken e Peter Cook (PUPO, 2008).

A fim de confirmar essas afirmações, Helio Piñón (2009), aborda em seu texto “representação gráfica do edifício e construção visual da arquitetura”, questões relativas ao processo de criação em arquitetura, anteriormente e posteriormente aos adventos digitais, e afirma que “procedimentos de simulação tridimensional, utilizados com sensibilidade e inteligência, facilitam uma aproximação ao objeto do projeto que [...] permite ter consciência visual do que se propõe”. E mais:

Não creio que interessem aos arquitetos os instrumentos gráficos de grande potência e complexidade – que encontram o seu meio mais apropriado nos efeitos especiais e nos filmes animados – mas sim ferramentas mais simples que favoreçam abordar, nas melhores condições, o momento essencial do projeto, isto é, o reconhecimento dos valores formais – visuais – em que se baseiam as decisões. Se trataria de tentar, definitivamente, que a mirada voltasse a ser o instrumento de juízo em que se apoia o projeto de arquitetura e que a habilidade para representar não interfira – nem mascare – o talento para construir (PIÑÓN, 2009).

Tal fato, permite discutir ainda, a necessidade de que essa pluralidade de diálogos e processos, atualmente em voga nos cursos de pós-graduação *Stricto Sensu*, apareça de forma clara aos discentes da graduação, embora como aponta Voordt (2013), os processos de projeto no ensino, conformam o que se denomina “ciclo básico de projeto”, formado por análise, síntese, simulação, avaliação e decisão, voltando nossa percepção, para o caráter cíclico do processo projetual, com fases que se repetem ininterruptamente até a culminância em um “projeto aceitável”, ideal. Logo, podemos perceber que há uma replicação de um procedimento educacional tradicional, expresso tanto no processo de projeção, quanto na educação.

No Brasil, há pouco mais de 30 anos, escolas de arquitetura têm procurado inserir em suas disciplinas, algumas destas tecnologias. O CAD é um dos *softwares* pioneiros dentro desse contexto, e bastante introduzido em disciplinas de projeto. No entanto, é comum observar que hoje, grande parte dessas ferramentas digitais, são implementadas de forma isolada, seja por meio de cursos de extensão ou cursos extracurriculares, tendo como objetivo maior, fornecer ao aluno uma base mercadológica para sua futura atuação na vida profissional.

No entanto, temos ótimos exemplos de centros de pesquisa com excelência no desenvolvimento de novas soluções, implantando os laboratórios de fabricação digital como ambiente para o ensino e a aprendizagem em algumas instituições brasileiras, mesmo que sua inserção enfrente problemas de ordem econômica e social, haja vista -que sua aquisição e manutenção ainda tenha seu custo elevado, e que tenhamos uma limitação do emprego dessas técnicas pela falta de mão de obra especializada.

Em 2011, a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), inaugurou um laboratório de fabricação digital atualmente situado no laboratório de modelos e ensaios da unidade, sendo este filiado à rede mundial liderada pelo MIT. Todavia, existem outros laboratórios que apesar não possuírem a mesma filiação, sem dúvidas constituem importantes núcleos de pesquisa para o cenário nacional, como o caso do LAPAC (Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção – UNICAMP), o Laboratório de Estudos Computacionais em Projeto (UNB) e o grupo NOMADS.USP (núcleo de estudos de habitats interativos da Universidade de São Paulo) que atualmente, integra o laboratório à disciplina de projeto 3 no curso de Arquitetura e Urbanismo do IAU-USP, além de diversas atividades extensionistas, composta por uma grande equipe de professores e pesquisadores, colaborando com questões práticas e teóricas inerentes ao assunto.

No caso da disciplina de Projeto 3 do curso de arquitetura e urbanismo do IAU – USP, são propostos aos alunos, exercícios que tem suas premissas oferecidas pela parametrização, com a adequação local de projetos por meio da manipulação de alguns desses parâmetros. (...) *propõe-se que equipamentos públicos conformando redes urbanas possam ser desenhados a partir de um programa único e geral fornecido pela administração pública*, adequando o projeto a situações específicas em diferentes partes de uma cidade, mas que, no entanto, seus componentes construtivos sejam produzidos em massa, graças a possibilidade de customização em série que a fabricação permite. (TRAMONTANO, 2016).

De duração semestral, a disciplina de Projeto 3 tem como tema o projeto de uma linha de Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, com uma estação em cada uma de suas extremidades e vários abrigos em sua extensão. Após a definição do seu traçado, considerando diversas questões urbanas – em especial, a intermodalidade com o transporte por ônibus e bicicletas

– e o desenho de cada trecho da linha, através de cortes transversais das vias públicas e a localização exata de cada abrigo, as equipes de alunos propõem um projeto para uma das estações, usando formas complexas. Esse projeto será, por sua vez, inteiramente detalhado e especificado, no sentido de fornecer um conjunto de soluções técnicas e parâmetros que comporá uma espécie de guia técnico para o restante do exercício. Em seguida, cada aluno da equipe, individualmente, se apropria dos princípios do projeto da estação, desenvolvido em equipe e, por alteração dos valores atribuídos aos seus parâmetros, trabalha no desenho de um dos diversos abrigos da linha. (TRAMONTANO, 2016).

Durante esse processo, vários protótipos físicos são produzidos, tanto pela impressão 3D quanto pelo corte a laser, diretamente gerados pelos programas paramétricos, e que pesquisadores de núcleos da faculdade, mais especificamente do *nomads.usp*, interagem com os alunos discutindo com as equipes suas escolhas em termos de *scripts*, auxiliando também no uso das máquinas e dos programas, registrando e observando para avaliações posteriores.

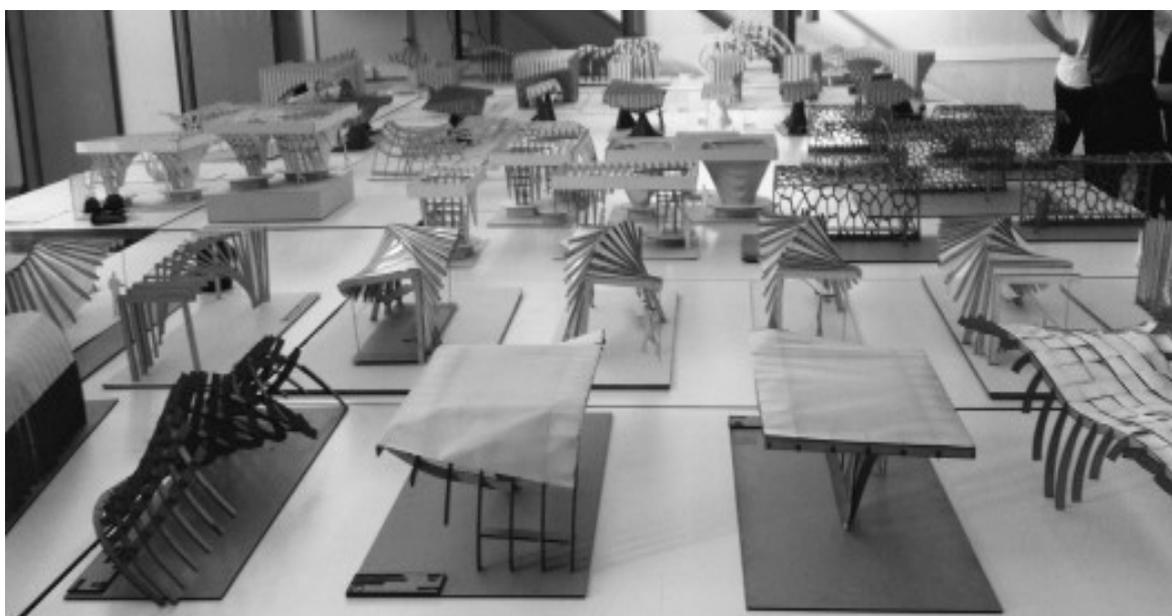


Figura 1: Modelos de estações e abrigos de VLT produzidos na disciplina de Projeto 3 no IAUSP – SP sob orientações dos professores Pós Dr Marcelo Tramontano e Dr. Renato Anelli no ano, de 2014.

Fonte: <http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.190/5988>

Tramontano (2016) afirma que tem sido crescente o número de cursos de arquitetura brasileiros que estão utilizando programas computacionais paramétricos em disciplinas de projeto, mas ressalta que apesar de

seu uso permitir uma grande diversidade formal arquitetônica, na qual ele traduz como geometrias complexas ou geometrias não-euclidianas (cujas formas se configuram por múltiplos planos curvos), ainda há uma confusão com o próprio conceito de parametrização em arquitetura. Segundo ele, essa confusão acontece pela muito recente abertura a exploração dessas formas, na busca de diferir das formas planas e euclidianas, consolidadas como repertório dos arquitetos ocidentais no fim do século XIX à meados do século XX, inicialmente pela Europa, e logo em seguida, por outras partes do mundo por meio da Arquitetura Moderna. Ainda com relação à isso, o autor ressalta as principais diferenças com relação à essa nova forma de projetar, e entende que as mesmas implicam em uma mudança de atitude do arquiteto, e logo, também do professor, em relação ao próprio processo de concepção, elencando aspectos como:

- a. Conceber o projeto tridimensionalmente, alterando não mais pontos ou linhas como acontece em programas não paramétricos, exigindo de quem projeta, um conhecimento prévio de características e elementos do processo construtivo da tecnologia usada;
- b. Através dos sistemas generativos,⁵ a alteração dos valores de um parâmetro, muda automaticamente todo o objeto projetado, como uma resposta gráfica imediata, reforçando a necessidade de diálogo entre o arquiteto e o programa;

O IAU-USP tem se concentrado na pesquisa sobre o assunto, e sem dúvidas, contribuído para o avanço da discussão do emprego da tecnologia no ensino de projeto em disciplinas obrigatórias do curso, em um cenário onde poucas escolas fizeram uma reflexão teórico-científica dessas novas realidades, e conforme aponta Celani (2008, p. 245), *a transformação dos métodos de projeto se dá muito lentamente, pois alunos e professores precisam de tempo para assimilar tantas novidades*, mesmo a Unicamp por exemplo (pioneira no Brasil), tenha criado disciplinas eletivas no contexto abordado aqui já a partir de 2004.

5 Um sistema generativo pode ser definido como um método de obtenção de solução para um determinado problema, onde os parâmetros são abertos para múltiplas alternativas, por meio da entrada de valores diferentes para esses parâmetros a partir de um conjunto de regras previamente criadas e que podem assumir ordens e combinações diferentes. Comumente utilizadas em processos exploratórios, mas que também podem ser completamente automatizados (MARTINO, J. A. e SEDREZ, M. 2018).

À essa forma de produção de arquitetura, quase inteiramente assistida por computadores, do projeto à fabricação de componentes construtivos, devem corresponder exercícios didáticos de projeto cuja formulação proponha um treinamento de novas maneiras de conceber o projeto e de produzir os componentes para a execução da edificação projetada. Lidar com geometrias complexas já constituiria um desafio para alunos cuja formação costuma visar o domínio da geometria euclidiana e suas aplicações na arquitetura. Mas além de procurar auxiliá-los a superar dificuldades já mencionadas, acrescidas da necessidade incontornável de aprender diversos programas computacionais e o manejo de máquinas de fabricação, é preciso estimulá-los a explorar as potencialidades dos programas e dos modos de projetar e construir que estes pressupõem (TRAMONTANO, 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ANÁLISE

Os dados apresentados pelo referencial bibliográfico deste artigo, nos mostra que não há somente um modo de se fazer uso das tecnologias digitais, constituindo uma gama de ferramentas e possibilidades nos processos de projeto e possibilitando processos constantes de experimentação. Essa situação desafia arquitetos e alunos a uma nova postura com relação a prática da arquitetura, ou pelo menos uma reflexão sobre.

Trazer essas estruturas para nossas escolas de arquitetura com essas tecnologias deve ser nosso próximo passo, integrando-as às disciplinas de projeto e demais componentes do curso, de forma que seu uso não se limite apenas à representação igual constatou-se no decorrer dos tempos até hoje, para que assim, em conjunto com a nova geração de arquitetos e educadores, se promova uma renovação necessária.

REFERÊNCIAS

CELANI, Gabriela; SEDREZ, Maycon. (org.). **Arquitetura Contemporânea e Automação: Prática e reflexão**. São Paulo: ProBooks, 2018. p. 244 a 245.

COSME, A. M. **El Proyecto de Arquitectura**. Concepto, proceso y representación. Barcelona: Editorial Reverté, 2008.

EYCHENNE, Fabien; NEVES, Heloisa. **FAB LAB: a vanguarda da nova Revolução Industrial**. São Paulo: Editorial FabLab Brasil, 2013. Disponível em: <<https://livrofablab.wordpress.com/2013/08/05/pdf-free-download/>>. Acesso em: out. 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 4. ed., 2008. p. 41, 59 e 137.

HALVERSON, E.; HERIDAN, K. The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, v. 84, n. 4, p. 495-504, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>>. Acesso em: set. 2018.

KOWALTOWSKI, D. K., CELANI, M. G. C., MOREIRA, D., PINA, S. M., RUSCHEL, R., SILVA, V. G., LABAKI, L., PETRECHE, J. **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico**. *Ambiente Construído (Online)*, v. 6, p. 7-19, 2006.

PIÑÓN, Helio. Representação Gráfica do edifício e construção visual da arquitetura. **Arquitectos**, São Paulo, ano 09, n. 104.02, Vitruvius, jan. 2009 Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/09.104/81/pt>>. Acesso em: out. 2018.

PUPPO, Regiane; CELANI, Gabriela. **Implementando a fabricação digital e a prototipagem rápida em cursos de arquitetura: dificuldades e realidades**. Artigo apresentado ao Congresso SIGraDI Cuba 2008. Disponível em: <http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2008_036.content.pdf>. Acesso em: out. 2018.

PUPPO, Regiane Trevisan. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura**. 2009. 240 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/257723>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

RAMOS, F. G. *Arquitetura: os planos de propostas. Criação, representação e informação*. In.: **O lugar do projeto: no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo**. Rio de Janeiro: Contracapa Livraria, 2007, p. 335-346.

RYBERG, Maria Candelária; STORCHI, Maurício; PUPO, Regiane; MEDEIROS, Ivan de; **A fabricação digital como ferramenta de processo de projeto: conectando design e arquitetura**, p. 153-160. In: São Paulo: Blucher, 2015. Disponível em: <encurtador.com.br/fyDU9>. Acesso em: out. 2018.

SPERLING, David M.; HERRER, Pablo C.; CELANI, Gabriela; SCHEREEN, Rodrigo; **Fabricação digital na América do Sul: um mapeamento de linhas de ação a partir da arquitetura e urbanismo**, p. 119-125 . In.: São Paulo: Blucher, 2015.

TRAMONTANO, Marcelo. Quando pesquisa e ensino se conectam. Design paramétrico, fabricação digital e projeto de arquitetura. **Arquitextos**, São Paulo, ano 16, n. 190.01, Vitruvius, mar. 2016. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.190/5988>>. Acesso em: out. 2018.

VOORDT, T. J. M. Do programa ao projeto. In.: VOORDT, T. J. M. **Arquitetura sob o olhar do usuário**. Trad. Maria Beatriz de Medina, São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 109-140.