

IV PROJETAR 2009
PROJETO COMO INVESTIGAÇÃO: ENSINO, PESQUISA E PRÁTICA
FAU-UPM SÃO PAULO BRASIL
Outubro 2009

EIXO: POSTER DIGITAL

**PROTOTIPAGEM RÁPIDA COMO FERRAMENTA DE PROJETO E
ENSINO DE ARQUITETURA: ESTUDO EM LABORATÓRIOS
EUROPEUS**

Marina Rodrigues Oliveira

Arquiteta, mestranda pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP

marina.roliveira@gmail.com

Márcio Minto Fabrício

Engenheiro Civil, livre docente, Escola de Engenharia de São Carlos – USP
Departamento de Arquitetura e Planejamento.

marcio@sc.usp.br

PROTOTIPAGEM RÁPIDA COMO FERRAMENTA DE PROJETO E ENSINO DE ARQUITETURA_VISITA A LABORATÓRIOS DE PROTOTIPAGEMⁱ

RESUMO

As novas tecnologias têm modificado a forma de se ensinar projeto. O mercado exige profissionais que trabalhem com ferramentas de projeto complexas a fim de responder à complexidade dos novos edifícios, para tanto, a Universidade deve oferecer aos alunos a oportunidade de usar durante todo o processo de projeto ferramentas como a Prototipagem Rápida (PR). Em levantamento bibliográfico prévio identificou-se que o uso de protótipos no processo de projeto permite que o produto final tenha maior conformidade com o idealizado em projeto. Através de um estudo exploratório inicial esta pesquisa permitirá conhecer a metodologia das instituições de ensino que utilizam a tecnologia da prototipagem rápida no processo de projeto, no Brasil e no exterior, avaliando potencialidades do uso destas tecnologias para a melhoria do ensino e mudanças de paradigmas de metodologia de projeto. Esta pesquisa, em andamento, contou com a vivência em Laboratórios em Universidades em Campinas e Londres disponibilizou uma mostra do ensino com PR realizado no exterior. Com este estudo busca-se identificar as mudanças no ensino de metodologia de projeto nas Universidades estudadas com o uso desta tecnologia. O próximo passo será o acompanhamento do uso da PR no processo de projeto na Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa. Esta pesquisa contribui para criar um cenário da mudança do método de ensino de projeto com o auxílio da PR.

Palavras-chave: Prototipagem Rápida. Processo de projeto. Metodologia de Ensino.

RESUMEN

Las nuevas tecnologías han cambiado la manera de enseñar el diseño. El mercado requiere profesionales que trabajan con herramientas de diseño complejo para responder a la complejidad de los nuevos edificios así la Universidad debe ofrecer a los

estudiantes la oportunidad de utilizar herramientas durante todo el proceso de diseño, tales como Prototipos Rápidos (PR). En anterior revisión de la literatura identificó que el uso de prototipos en el proyecto permite que el producto final se haya incrementado de acuerdo con el diseño idealizado. A través de un estudio exploratorio inicial ese trabajo revelará la metodología de las instituciones educativas utilizando la tecnología de prototipo rápido en el proyecto en Brasil y en el extranjero, evaluar el potencial uso de estas tecnologías para la mejora de la educación y los cambios en los paradigmas de metodología de diseño. Esa investigación en curso, tuvo la experiencia en laboratorios de universidades de Campinas y Londres como una muestra de la enseñanza realizada en el extranjero con el PR. Este estudio busca identificar los cambios en la metodología de la enseñanza de proyectos en las universidades estudiadas mediante la tecnología de PR. El siguiente paso es la investigación del uso de la PR en el proyecto en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Técnica de Lisboa. Esa investigación ayuda a crear un escenario de cambio en el método de enseñanza del proyecto con la ayuda de PR.

Palabras clave: Prototipo Rápido. Proceso de diseño. Metodología de la Enseñanza.

ABSTRACT

New technologies have changed the way to teach design. The market requires professionals who work with complex design tools responding the complexity of new buildings. The University should offer students the opportunity to use new tools during the whole design process such as Rapid Prototyping (RP). In previous literature review identified that the use of prototypes in the project allows a better accordance of the idealized design with the final product. Through an initial exploratory study this research will reveal the methodology of educational institutions using the technology of rapid prototyping in the design process in Brazil and abroad, evaluating the potential use

of these technologies for the improvement of education and changes in the paradigms of design methodology. This research in progress had visited laboratories in universities in Campinas and London which provided a view of teaching with RP. This study aims to identify the changes in design teaching methodology at the universities studied using the RP

technology. The next step is exploring the use of PR in the project at the Technical University of Lisbon. This research helps to create a scenario of how design teaching method changes with RP.

Keywords: Rapid Prototyping. Design Process. Teaching methodology.

1. Introdução

O uso de novas ferramentas como scriptings, algoritmos e softwares paramétricos marcam uma mudança na prática da arquitetura e no método de ensino. Visando contribuir com a formação do profissional projetista, capaz de atender a demanda do mercado, a universidade precisa estar preparada para oferecer meios e ferramentas a fim de subsidiar a formação do aluno.

A complexidade das formas contemporâneas fluidas, livres, com elevada complexidade estrutural exige softwares que comportem a modelagem, desenho e cálculos necessários para a fase construtiva, para isso as soluções geométricas são modeladas matematicamente em programas CAD como o Rhinoceros, baseado na NURBS - *Non Uniform Rational B-Spline* (OURCIUOLI, 2009). Portanto, os softwares CAD são utilizados não mais apenas baseadas simplesmente em representação gráfica de ordem euclidiana, mas também auxiliar o arquiteto na tomada de decisões. Por trás do modelo gráfico existem inúmeros cálculos e parâmetros que representam algo que realmente pode ser construído.

“O uso do desenho paramétrico permite ao arquiteto explorar múltiplas alternativas em um ambiente interativo, permitindo comparar diferentes opções e escolher a mais adequada e aceita pelos responsáveis do projeto (LEE & BEAURECUEIL, 2009).”

O modelo paramétrico automatiza o processo de fabricação / modelagem já que se obtêm desenhos e modelos automáticos, e no caso da fabricação digital, o desenho envia, diretamente, coordenadas para produção em fresa CNC ou impressora 3D.

Pesquisas de grupos em Instituições acadêmicas como o MIT- *Massachusetts Institute of Technology*, a *Architectural Association*, a Escola Superior de Arquitetura da Universidade Internacional da Catalunya, *Ball State University*, *Swiss Federal Institute of Technology*, Universidade Técnica de Lisboa, e *Delft University of Technology* mostram através de estudos exploratórios a importância da formação associada à informática, programação e geometria computacional com utilização de softwares paramétricos e scripts (OURCIUOLI, 2009 & PUPO, 2008). O uso dessas ferramentas visa à integração do projeto e obra, forçando uma formação completa onde construtibilidade e tectônica caminham lado a lado.

Porém o uso de tecnologias de modelagem e prototipagem rápida ainda é relativamente lento quando comparado com o uso dessas ferramentas pelo setor de engenharia mecânica e aeronáutica e medicina, por exemplo. Além disso, a implantação do maquinário necessário para o desenvolvimento dos protótipos e licenças é cara e no Brasil ainda falta mão de obra para operação e manutenção dos equipamentos importados (PUPO, 2008).

O presente trabalho, ainda em desenvolvimento, visa à vivência em Laboratórios de Prototipagem Rápida amplamente usados no processo de projeto e em pesquisas na área de Arquitetura e Construção. A seguir serão apresentadas as visitas realizadas.

2. Caracterização das visitas

2.1. FEC – UNICAMP, Campinas, Brasil

O Laboratório de Prototipagem e Automação para Arquitetura e Construção – LAPAC é equipado com uma Impressora 3D - ZPrint 310 Plus da ZCorp®, uma cortadora a laser - X-660-60 da Universal Laser Systems, e uma Fresa CNC da MTC Robótica. O Laboratório foi inaugurado em 2007 e tem sido utilizado por alunos da graduação e da pós-graduação. Além de produzir modelos a serem apresentados como produto de projeto para as disciplinas, os pesquisadores da instituição utilizam o LAPAC para pesquisar técnicas automatizadas de produção de maquetes arquitetônicas e de sistemas construtivos.

2.1.1 Da visita

Durante o acompanhamento da disciplina Sistema Gerativos de Projetos foi possível acompanhar as pesquisas na área de metodologia da concepção de projeto usando o computador como aliado no processo criativo. Além de Algoritmos, Grafos e Gramática da Forma, foi possível observar que o projeto aliado ao computador se estender na prototipagem, já que os modelos virtuais podem automaticamente - ou por meio de scripts - serem impressos em 3D ou ter sua execução facilitada pelo uso da cortadora a laser.

A visita ao LAPAC permitiu o acompanhamento das diversas linhas de pesquisa: experimentação do uso de diversos materiais para composição do modelo, investigação formal de obras de arquitetos renomados, execução de modelos para utilização em túnel de vento, manipulação de maquetes que auxiliem reformas e ou composição do canteiro de obras (simulação física em escala reduzida) e pesquisa paramétrica de formas e volumes.

As pesquisas caminham no sentido exploratório das máquinas, porém o uso, ainda restrito, por alunos de graduação não é o ideal da investigação formal, ainda existe uma visão de agilizar a confecção da maquete e não a questão da exploração formal, paramétrica.

2.2. Architectural Association School of Architecture, Londres, Inglaterra

Architectural Association – AA é uma escola privada composta por professores e alunos de todo o mundo. Jeroen van Ameijde é o arquiteto responsável pelo Laboratório de Fabricação Digital, equipado com: Impressora 3D - ZPrint 310 Plus da ZCorp®, cortadora à laser - Universal Laser Systems e CNC Milling. No *AA's Digital Fabrication Lab* é utilizado por alunos de graduação e pós-graduação e conta com a possibilidade de produzir modelos para terceiros a fim de recolher fundos para manutenção do laboratório.

2.2.1. Da visita

O *Digital Fabrication Lab* tem o objetivo de subsidiar o trabalho de todos os alunos da AA, servir de ferramenta para pesquisas de mestrado e ainda prestar serviços para empresas exteriores à instituição. O contato para produção de protótipos é

feito através de email e paga-se um montante pelo uso do equipamento e materiais.

Foi importante observar que o desenvolvimento de projetos complexos, paramétricos, só são possíveis de modelar pela automação da ferramenta de impressão 3D já que seria inexecutável a mão livre.

A partir do contato com os arquitetos Franklin Lee e Anne Save de Beaurercueil, responsáveis pelo Diploma 2 da AA¹, acompanhou-se o trabalho desenvolvido com os alunos desde atendimentos, tutoriais, execução de modelos e apresentação intermediária.

Percebe-se que a dinâmica do ensino é como a tradicional: lança-se um tema, visita-se a área de intervenção para levantamentos, inicia-se a conceituação teórica e conceituação arquitetônica. A fase da conceituação arquitetônica conta com a utilização de ferramentas como prototipagem rápida, uso de softwares paramétricos, o que permite aos alunos uma investigação formal mais complexa, com possibilidade de investigação de construtibilidade, com acompanhamento de profissionais inseridos no mercado auxiliando as soluções de projeto.

Foram acompanhados diversos trabalhos onde se notou uma dinâmica diferente no processo decisório do projeto que era baseado na prototipagem rápida e nos modelos 3D parametrizados. Os alunos usam os softwares *Rhinoceros* para modelagem e o *Ecotec* que analisa sombreamento, iluminação, acústica, ventilação e conforto térmico.

A partir da modelagem usa-se a Prototipagem Rápida durante o processo de projeto e para apresentação da maquete final. Por serem paramétricos, os projetos seriam muito difíceis – ou até impossíveis – de serem modelados em maquete tradicional, por tanto, o uso da cortadora a laser e da impressão 3D é indispensável. O arquivo virtual é tratado para a produção automática do modelo (impressão 3D) ou usam-se scripts para rebatimento das faces ou separação em camadas para o corte a laser.

3. Considerações Finais

Percebe-se que a realidade do mercado internacional difere do brasileiro por ter mais oportunidades e aceitação de projetos complexos onde os arquitetos têm uma real liberdade criação. As universidades caminham próximas ao mercado, com consultoria de profissionais de escritórios que apontam alternativas e soluções reais para diferentes questões projetuais dos alunos.

Neste cenário, o projeto parametrizado é amplamente utilizado como recurso de investigação formal e análises térmicas e de iluminação. A automação da produção das maquetes – o modelo virtual é diretamente enviado para impressão, facilitando a conformação do modelo final.

3.1. Próxima etapa

¹ A graduação em Arquitetura na AA são 6 anos, o Diploma 2 recebe alunos do quarto e do quinto ano e tem como proposta o projeto paramétrico com uso de softwares de simulação e prototipagem rápida.

Visita a Faculdade de Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa – FA/UTL, Lisboa, Portugal. O próximo passo do andamento deste trabalho contará com o Prof. Dr. José Pinto Duarte - foi responsável pelo ISTAR – “*IST Architecture Research Laboratories*”. Este laboratório é equipado com uma fresa - Modela MDX-40 da empresa Roland – fresa em 2.5 dimensões (apenas um eixo - *spindle*) capaz de realizar corte de figuras planas e modelagem de relevos. (PUPO, 2008). Uma plotter de Vinyl – Roland, uma impressora 3D da Stratasys - Prototipagem pelo processo aditivo FDM (deposição de material fundido) e cortadora à laser - Universal Laser Systems.

A visita será realizada com o acompanhamento de algumas aulas do professor José Duarte da disciplina ‘*Projecto e Fabricação Digital*’ do Curso de Doutorado da FA /UTL. Permitirá o contato com pesquisadores que desenvolvem pesquisas sobre projeto arquitetônico auxiliado por ferramentas como algoritmos, softwares paramétricos e prototipagem rápida. Haverá a participação em Workshop com o prof. George Stiny d o Massachusetts Institute of Technology, EUA sobre uso de gramáticas de forma em projeto.

Bibliografia

AOUND, G., LEE, A., WU, S. **The utilization of Building Information Models in nD modeling: a study of data interfacing and adoption barriers.** Disponível em <<http://www.itcon.org/2005/08>>. Acessado em abril de 2005.

BONALDO, T.; GRANJA, A. D.; CELANI, M. G. C.; SILVA, J. V. L. Prototipagem rápida no processo de produção digital de edificações. In: VIII Workshop Brasileiro - Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/workshop08>>. Acessado em Fev/2009.

CRESPO, C.C., RUSCHEL, R.C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre. CD-Rom, **Anais...**, Rio Grande do Sul, 2007.

DUARTE, José P. **Personalização em massa: modelos e algoritmos.** Palestra ministrada na FEC - Unicamp, jan/2009. Disponível em: <<http://www.cameraweb.unicamp.br>

<[/midia=0501002](#)>. Acessado em Fev/2009.

EELHOOT, M.; GELDER, B. Case Study E – Management of Complex free form design and Engineering Processes. In: EMMITT, S. et al. **Architectural Management. Internacional research & practice.** Wiley-Blackwell, 2009.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de Projeto em Arquitetura. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre. CD-Rom, **Anais...**, Rio Grande do Sul, 2007.

GORNI, A.A. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos.** Disponível em: <<http://www.gorni.hpg.ig.com.br/protr ap.htm>> Acessado em: Set/2007.

HORTA, M. **Arquitetura paramétrica na sede da UMCP - SUBdv. São Paulo, 2008/2009.** Revista aU, edição 181, abril 2009. Disponível em: <www.revistaau.com.br> Acessado em Abril/2009.

KOO, B., FISCHER, M. “**Feasibility study of 4DCAD in commercial construction**”. Journal of construction Engineering and Management, v. 126, p. 257-260, 2000.

LEE, F.; BEAURECUEIL, A.S. **Museu Mercedes-Benz e o modelo de arquitetura paramétrica. UNStudio - Stuttgart, Alemanha, 2002/2006.** Revista aU, edição 181, abril 2009. Disponível em: <www.revistaau.com.br> > Acessado em Abril/2009.

ORCIUOLI, A. **Arquitetura Digital - TI Aplicada à Arquitetura: o Antes e o Depois.** Revista aU, edição 181, abril 2009. Disponível em: <www.revistaau.com.br> > Acessado em Abril/2009.

PUPO, R. T. **Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte.** PARC, v. 1, p. 1-19, 2008. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~parc>> > Acessado em Fev/2009.

SCHRAMM, F.K.; FORMOSO, C.T. **Uso de simulação interativa visual no projeto de sistemas de produção de empreendimentos da construção civil.** In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre. CD-Rom, **Anais...**, Rio Grande do Sul, 2007.

SOUZA, J.P. **Introdução à tecnologia digital em Arquitetura.** In: Tecnologia Digital. Novos processos, Nova arquitetura? (parte 1). Revista Arquitetura e Vida, nº 61, junho 2005, Lisboa. p. 28-33.

_____. **Convergência e não-linearidade no Processo Digital.** In: Tecnologia Digital. Novos processos, Nova arquitetura? (parte 2). Revista Arquitetura e Vida, nº 62, julho 2005, Lisboa. p. 28-32.

_____. **Tecnologia Digital: (re)inventando a materialidade.** In: Tecnologia Digital. Novos processos, Nova arquitetura? (parte 3). Revista Arquitetura e Vida, nº 63, setembro 2005, Lisboa. p. 32-36.

_____. **Da estandardização à personalização.** In: Tecnologia Digital.

Novos processos, Nova arquitetura? (parte 4). Revista Arquitetura e Vida, nº 64, outubro 2005, Lisboa. p. 56-61.

VOLPATO, N. **Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações.** São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

Agradecimentos

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro a minha pesquisa de mestrado.

Aos professores Gabriela Celani, Franklin Lee, Anne Beaurecueil e José Duarte por toda atenção e tempo dispensados.

ⁱ Houve alteração do título inicial:

"Prototipagem rápida como ferramenta de projeto e ensino de arquitetura: estudo em laboratórios europeus"