



## A PROTOTIPAGEM RÁPIDA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MAQUETES DE ARQUITETURA

Gabriela Celani

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil e  
Arquitetura e Urbanismo – Profa. do Departamento de Arquitetura e Construção  
celani@fec.unicamp.br

Beatriz Carra Bertho

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil e  
Arquitetura e Urbanismo - Aluna do curso de graduação em Arquitetura e  
Urbanismo  
biberto@fec.unicamp.br

### RESUMO

Esta pesquisa em andamento se constitui em um estudo sobre a produção de maquetes arquitetônicas com a utilização de técnicas de fabricação digital, com uma impressora 3d e uma cortadora a laser, procurando entender como a Prototipagem Rápida pode ajudar no processo de projeto de arquitetura. Busca-se desenvolver uma metodologia de utilização dessas duas máquinas através da produção de maquetes de um mesmo edifício em diferentes escalas, mostrando desde sua inserção urbana até seu detalhamento.

**Palavras-chave:** projeto de arquitetura, maquete, CAAD, prototipagem rápida.

### ABSTRACT/RESUMÉ/RESUMEN

The present undergoing research is a study about the production of architectural models with digital fabrication techniques, including 3d printing and laser cutting. The aim of the research is to understand how rapid prototyping can contribute to the design process in architecture, and to develop a methodology for the use of these machines through the production of models of the same building in different scales, showing from the urban insertion to construction details.

**Palavras-chave:** projeto de arquitetura, maquete, CAAD, prototipagem rápida.

## 1 Introdução

O processo de projeto arquitetônico é composto por etapas que possuem métodos e ferramentas específicos. Quanto maior a eficiência nessas etapas maiores as contribuições

para a melhoria dos projetos e, conseqüentemente, maior é a qualidade nas construções. De acordo com Thomsom, Austin, Root, Thorpe e Hammond se abordarmos o processo de projeto como um conjunto de resoluções de problemas, evidencia-se que a identificação e a resolução destes problemas ainda em fase de concepção é de extrema importância, ao considerarmos o seu custo e o seu potencial de implementação. Ao priorizarmos decisões de projeto, principalmente especificações do cliente, nas fases de “programa e conceito arquitetônicos”, tornamos o restante do projeto mais simples e de custo menor. Como observa-se no gráfico da figura 1:

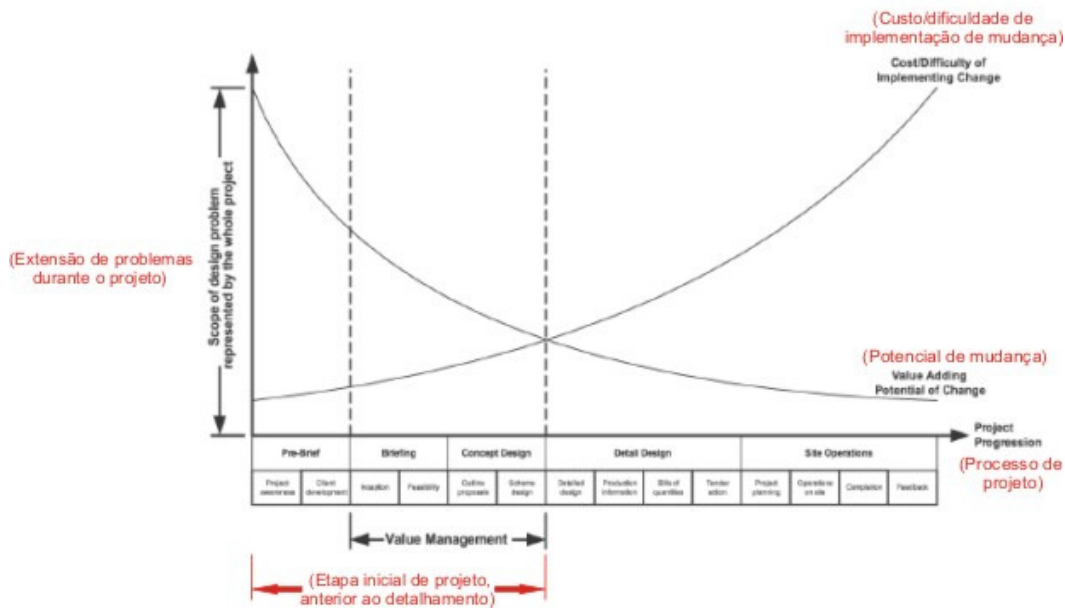


Figura 1: “Value Management Problem Solving Scope (Whole Project)” (THOMSOM, AUSTIN, ROOT, THORPE, HAMMOND, 2006).

Segundo Knoll e Hechinger, a maquete arquitetônica é um nível de projeto, pois realiza a visualização plástico-espacial da “idéia”, além de ser uma tarefa de criação em que seus elementos são colocados em inter-relação. Os modelos tanto servem para apresentação final do projeto como proporcionam várias análises, entre elas: a localização da edificação no terreno, sua volumetria interagindo com o entorno e sua orientação solar, nas maquetes de implantação; e a estabilidade da estrutura através de testes em túneis de vento; aberturas, cobertura e iluminação, em maquetes detalhadas da edificação; detalhes construtivos, com modelos até em escalas reais que comprovem sua eficiência e que podem ir para o canteiro de obras, facilitando a execução; o mobiliário, com maquetes de interiores. Todos esses estudos com maquetes arquitetônicas servem para constatar a viabilidade da execução do projeto antes que ela se inicie.

O desenvolvimento de projeto vem sendo beneficiado com a utilização de novas tecnologias, principalmente de CAAD, *Computer Aided Architectural Design* (projeto de arquitetura auxiliado por computador), a qual pode influenciar as formas e o método de construção, pois possibilita conceber idéias que a mente não visualiza com facilidade, ou seja, formas com grande

complexidade; a facilidade de manipulação do objeto; e a simulação da realidade do projeto. É importante desenvolver estratégias de aplicação dessas novas tecnologias para buscar avanços na arquitetura brasileira contemporânea. Uma metodologia para desenvolver técnicas projetuais com rapidez e precisão, como a Prototipagem Rápida proporciona, se faz muito válida pela redução de limitações na concepção e assimilação de formas complexas e facilidade da escolha da técnica para executá-las. Desenvolver essa metodologia é a intenção do presente estudo, mostrando como as máquinas respondem para cada tipo de maquete que se deseja.

## 2 Desenvolvimento do Trabalho

A Prototipagem Rápida é uma tecnologia que permite fabricar objetos físicos tridimensionais a partir de arquivos digitais criados em sistema CAD, *Computer Aided Design*, (projeto auxiliado por computador). Os mesmos dados do desenho do arquivo digital servem para a execução do protótipo, como observa-se na figura 2.

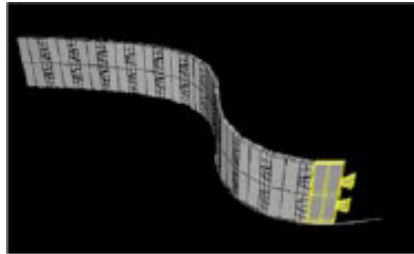


Figura 2: Arquivo digital (SASS, 2004).



Figura 3: Protótipo (SASS, 2004)

Figura 4:

Dentre as vantagens que a Prototipagem Rápida oferece estão:

- alta precisão, inclusive em detalhamentos de pequena escala;
- produção ilimitada de peças iguais em formato e tamanho, como na figura 3;
- produção de curvas planas, até mesmo as feitas a mão livre, como na figura 4;
- diminuição do trabalho com acabamento;
- economia de tempo em relação às produções manuais.

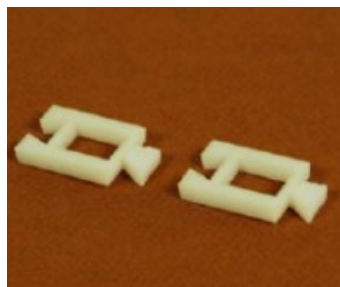


Figura 5: Peças iguais feitas com prototipagem rápida e modelo impresso em impressora 3d FDM (SASS,2004)

Os principais tipos de máquinas de prototipagem utilizadas na confecção de maquetes são: cortadoras, máquinas subtrativas e máquinas aditivas.

As cortadoras se caracterizam por cortar peças bidimensionais, que posteriormente são montadas para formar os modelos em 3d. Nesse grupo se inserem as cortadoras a jato de água, cortadoras de vinil, e as cortadoras a laser, as quais cortam madeira, papéis de vários tipos, acrílico, poliestireno e plástico em diferentes espessuras. O laboratório de Prototipagem Rápida da FEC é equipado com a cortadora a laser “Universal Laser Cutter”, que possui as uma área de trabalho de 812 mm x 457mm. Ela é capaz de executar cortes em diferentes profundidades, selecionadas através de diferentes cores no arquivo digital.

As máquinas subtrativas, nas quais as fresadoras se incluem, trabalham de forma a esculpir a peça desejada a partir de uma peça bruta. Já as aditivas trabalham com deposição de camadas, sendo os tipos mais importantes a estereolitografia (SLA), fusion deposition modeler (FDM) e a impressão 3d a pó. “Zcorp 3d Printer” (Figura5), também presente no laboratório da FEC, trabalha com um rolo que deposita e compacta camadas de pó, as quais se aglutinam, uma após a outra, com jatos de um líquido aglutinante de pouca viscosidade, de maneira parecida a uma impressora a “jato-de-tinta”. É considerado um dos sistemas mais velozes entre as tecnologias de impressão 3d, com uma velocidade de produção de 2 polegadas, na vertical, a cada hora. Após a impressão, as peças são retiradas da máquina para remoção do excesso de pó e aplicação de material infiltrante. A cera e a resina epóxi são os mais usados.

Dentre as vantagens da impressora 3D estão: rapidez, relativo baixo custo e fácil instalação no local de trabalho. Já como desvantagem observa-se determinada limitação de materiais. O equipamento da Z Corporation permite imprimir modelos de até 203 mm x 254 mm x 203 mm com camadas de espessuras entre 0.089mm e 0.203mm, opção escolhida no momento da impressão. O software da máquina aceita arquivos em STL, VRML, 3DS e PLY, e permite aplicação de texto tridimensional sobre os modelos.

Em arquitetura a Prototipagem é utilizada na produção de modelos de edifícios em escala e protótipos de peças construtivas, essas também em tamanho real, para estudo e apresentação. Dois exemplos de escritórios que utilizam a prototipagem rápida durante o processo de projeto são os escritórios dos arquitetos Frank Gehry, nos Estados Unidos, e Norman Foster, na Inglaterra. Se não fizessem uso desse benefício, talvez suas obras tivessem maior dificuldade de concepção e execução ou mesmo nem chegassem a ser possíveis.

No Brasil, a utilização da Prototipagem Rápida ainda é inicial e está mais concentrada em produção de modelos para a engenharia mecânica, desenho industrial e paleontologia, além de contra-moldes para fundição de próteses utilizadas em cirurgias de reconstrução bucomaxilofacial e cranial. Em muitos escritórios de arquitetura americanos e europeus a prototipagem rápida aparece desde o início do processo de projeto. Já em escritórios brasileiros raramente está presente e surge só na apresentação final do projeto. Uma das razões é a falta de conhecimento da técnica. Logo, para que haja maior aplicação dessas

técnicas, que colaboram com o processo de projeto de arquitetura, resultando em construções melhores, é muito importante estudar suas aplicações e desenvolver metodologias.

### **Objetivos**

O objetivo da pesquisa é produzir maquetes de diferentes tipos e escalas com as duas máquinas disponíveis no laboratório de Prototipagem Rápida da Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Unicamp (FEC), cortadora a laser e impressora 3d, para analisar capacidades, limitações e as vantagens de cada produção em relação a: tempo, dificuldade da produção, uso dos materiais, custo, nível de precisão e a qualidade do modelo para o estudo que se deseja. Além disso, pretende-se pesquisar as diferenças existentes em termos de detalhamento do arquivo digital, ou seja, como este deverá ser preparado para a confecção de maquetes com cada uma das máquinas, e desenvolver uma metodologia de confecção de maquetes arquitetônicas em diferentes escalas com técnicas de Prototipagem Rápida.

### **Materiais**

Para execução dos arquivos digitais será feita uma pesquisa sobre a obra escolhida para o estudo de caso e serão utilizados os softwares: AutoCAD, 3dStudio Viz e Rhinocerus, disponíveis na FEC. Para a produção das maquetes físicas serão utilizados os equipamentos do Laboratório de Prototipagem Rápida, a cortadora “Universal Laser Cutter” e a impressora “Zcorp 3d Printer”. Os outros materiais são pó e líquido aglutinante específicos, no caso da impressora; e madeira, acrílico, vários tipos de papel e poliestireno, no caso da cortadora, além de materiais para montagem, colagem e acabamentos das maquetes.

### **Métodos**

A pesquisa será desenvolvida por meio de um estudo de caso, o projeto “Museum for African Art”, de Bernard Tschumi (Figura 6), composto por formas complexas, uma tendência da arquitetura contemporânea, com dificuldade de produção de maquetes com métodos manuais. Serão produzidas maquetes de vários tipos com as duas máquinas do laboratório (implantação, terreno, edificação, detalhe interior, estrutura, cobertura, iluminação e detalhe construtivo).



Figura 6: Figura 3: Museum for African Art (TSCHUMI, 2005)

### Forma de análise dos resultados

A metodologia de confecção dessas maquetes será o resultado do registro dos experimentos desenvolvidos, demonstrando as estratégias que deram certo e que se mostraram mais adequadas. Será possível comprovar a qualidade dos resultados com a utilização, pelos futuros usuários dos equipamentos de Prototipagem Rápida, do manual a ser produzido com essa pesquisa. Este terá explicações de como fazer maquetes de diferentes tipos e escalas com as máquinas disponíveis, trazendo referências de métodos, materiais a serem utilizados, características do arquivo digital e dicas de como o modelo pode dar a resposta que se deseja.

### 3 Conclusões ou Considerações Finais

A técnica de Prototipagem Rápida fornece grande precisão e rapidez na execução de maquetes, facilitando estudos enquanto o projeto ainda está sendo concebido. As maquetes assim produzidas podem também colaborar com a execução da obra, devido à sua capacidade de representação fiel de detalhes pequenos. Além disso, essa tecnologia permite experimentar formas, pois elimina restrições geométricas e encurta o ciclo de produção.

### Agradecimentos

As autoras agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelos auxílios concedidos para esta pesquisa e para a criação do laboratório de prototipagem da FEC.

### Referências

- CELANI, M. G. C. **CAD Criativo**. 1.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.
- CHUA, C. K.; LEONG, K. F.; LIM, C. S. 2.ed. **Rapid prototyping : principles and applications**. 2.ed. New Jersey : World Scientific, 2003.
- DIGITAL DESIGN FABRICATION GROUP. **Fab Labs**. Disponível em <

- <http://ddf.mit.edu/devices> > Acesso em: 15 jan. 2007.
- DIGITAL DESIGN FABRICATION GROUP. **How to use the Laser Cutter**. Disponível em < [http://ddf.mit.edu/devices/Laser\\_Cutter\\_Tutorial\\_Detailed.pdf](http://ddf.mit.edu/devices/Laser_Cutter_Tutorial_Detailed.pdf) > Acesso em: 18 jan. 2007.
- DUARTE, F. *Arquitetura e Tecnologias de Informação: da Revolução Industrial à Revolução Digital*. São Paulo: Annablume, 1999.
- KNOLL, W.; HECHINGER M. **Maquetes arquitetônicas**. 1.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- UNIVERSAL LASER SYSTEMS INC. **Professional Series X-660**. Disponível em < [http://www.ulsinc.com/english/laser\\_systems/product\\_line/specs/x660.pdf](http://www.ulsinc.com/english/laser_systems/product_line/specs/x660.pdf) > Acesso em 18. jan 2007.
- RYDER, G.; ION, B.; GREEN, G.; HARRISON, D.; WOOD, B. Rapid design and manufacture tools in architecture. **Automation in construction**, Amsterdam: Elsevier, 2002. v.11, n.2, p. 279-290.
- SASS, L. Rule based rapid prototyping of Palladio's villa details. In: ECAADE - EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 2003, Graz, Austria. **Proceedings....** [S.l.]: [S.n.], 2003. p. 1-6.
- SASS, L. Design for self-assembly of building components using rapid prototyping. In: ECAAD - EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 2004, Copenhagen, DK. **Proceedings....** [S.l.]: [S.n.], 2004. p.1-10.
- SASS, L. Rapid Prototyping techniques for building program study. In: CAADRIA, 2003, Seoul, Coréia. **Proceedings....** [S.l.]: [S.n.]. p. 1-15.
- SAURA, C.E. **Aplicação da prototipagem rápida na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas**. 2003. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- TSCHUMI, B. **Event Cities 3**. 1.ed. Cambridge: The MIT Press. 2004.
- THOMSOM, D. S.; AUSTIN, S. A.; ROOT, D. S.; THORPE, A.; HAMMOND, J. W. A problem-solving approach to value-adding decision making in construction design. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2006. v.13, n.1, p. 43-61.
- UNIVERSAL LASER SYSTEMS INC. **Product Line X-660 LASER PLATFORM "The High Productivity Unit"**. Disponível em < [http://www.ulsinc.com/english/laser\\_systems/product\\_line/x660.html](http://www.ulsinc.com/english/laser_systems/product_line/x660.html) > Acesso em 18 jan. 2007.
- DIGITAL DESIGN FABRICATION GROUP. **Zcorp 3d Printer: Process of removing a model from the ZCORP 3D Printer**. Disponível em < [http://ddf.mit.edu/devices/zcorp\\_removal.pdf](http://ddf.mit.edu/devices/zcorp_removal.pdf) > Acesso em: 30 jan. 2007.
- Z CORPORATION. **Z Printer 310 Plus**. Disponível em < <http://zcorp.com/products/printersdetail.asp?ID=1> > Acesso em 30 jan. 2007.