

Da parametrização à fabricação digital

From parametrization to digital fabrication

Regiane Pupo

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
regipupo@terra.com.br

Leticia Teixeira Mendes

Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
mendes.leticia@gmail.com

Jarryer Andrade De Martino

Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
jarryer_martino@hotmail.com

Abstract: *The impact of new technologies as rapid prototyping and digital fabrication used throughout the design process has been a very discussed subject mainly in architecture teaching. Together with this discussion, the introduction of parametric software has a great importance in getting new perspectives and design innovation. In attempting the association of these two lines, the development of a roof project was one of the results of a subject in the postgraduate program at State University of Campinas, Brasil. The design process used those technologies, which allowed the analysis of the impacts they might have during each phase of the design process.*

Palabras clave: fabricação digital; parametrização; prototipagem rápida; sistema generativo.

Introdução

Os processos de prototipagem rápida (PR) e fabricação digital (FD) têm sido amplamente utilizados pela indústria aeroespacial, automotiva e de consumo ao longo das últimas duas décadas. Dentro deste contexto, a área da construção civil está incorporando essas tecnologias e seu uso vem sendo difundido na aplicação desde a escala de modelos até a construção de peças em escala real (BUSWELL, 2007). Dessa forma, hoje, o arquiteto vivencia novos desafios e possibilidades frente a este novo paradigma, aumentando também o interesse dos estudantes de arquitetura sobre as potencialidades destas ferramentas na prática arquitetônica (PUPO, 2008). Sendo assim, torna-se pertinente a definição do conjunto de tecnologias conhecido como PR como parte constituinte dos novos métodos de produção baseados em modelos digitais, os quais diferem dos antigos métodos de produção em massa. Os métodos de prototipagem (*prototyping*) são destinados à produção de protótipos ou modelos de avaliação e utilizados durante a concepção do projeto e auxiliam na avaliação das alternativas gera-

das. Quando esses produtos (ou elementos construtivos) são utilizados diretamente na construção, referem-se ao sistema de fabricação (*fabrication*) ou manufatura (*manufacturing*) (CELANI; PUPO, 2008).

O impacto das novas tecnologias como a prototipagem rápida (PR) e a fabricação digital (FD), quando utilizadas durante o processo de projeto, tem sido tema de discussões principalmente quando inseridas no ensino de arquitetura. Paralelamente a esta discussão, a introdução de *software* paramétricos no processo de projeto tem fundamental importância na obtenção de novas perspectivas e inovações projetuais. Segundo Kolarevic:

“Pela primeira vez na história, arquitetos estão projetando não a forma específica do edifício, mas um conjunto de princípios codificados como uma sequência de equações paramétricas pelo qual instâncias específicas do desenho podem ser geradas e variadas no tempo que for necessário. O desenho paramétrico apela à rejeição das soluções fixas e pela exploração das potencialidades infinitamente variáveis” (KOLAREVIC, 2005, pp.18).

Na tentativa de união destas duas linhas, o presente tra-

balho apresenta o desenvolvimento de projeto de uma cobertura para o Laboratório de Automação para Arquitetura e Construção (LAPAC) da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas), como um dos resultados da disciplina intitulada “Fabricação Digital”. O processo de projeto durante a disciplina utilizou técnicas de PR e FD, disponíveis no LAPAC e a experiência permitiu realizar uma análise dos impactos de tais tecnologias no decorrer de cada fase do processo. Além disso, a oportunidade de discussão das tecnologias de materialização digital tais como: sistemas aditivos, subtrativos e formativos e aplica-lás nas áreas de arquitetura, engenharia e design de productos foi alcançada.

Objetivos

Dentre os objetivos desta experiência destacam-se: 1) a verificação da potencialidade da utilização do *software* paramétrico comparado às abordagens tradicionais; 2) a utilização da prototipagem rápida como ferramenta de avaliação para estudos de viabilidade e planejamento da fabricação e 3) a exploração os recursos de fabricação digital na avaliação de cada etapa da execução do modelo em escala 1:1.

Método

Durante o desenvolvimento da cobertura para o LAPAC, a equipe de projeto partiu de duas abordagens distintas de proceso. A primeira consistiu na concepção da forma arquitetônica utilizando um sistema convencional de projeto com o uso do *software* AutoCAD; e a segunda propôs a introdução de um sistema generativo de projeto – a modelagem por meio do *software* Grasshopper, um *plug-in* do Rhinoceros. Desta forma, a equipe buscou explorar as potencialidades da parametrização a partir do uso do *software* Grasshopper para a execução do modelo 1:1. O exercício colaborou para o entendimento e aplicação das tecnologias disponíveis no LAPAC em cada uma das etapas distintas do processo projetual. Após definição do *software* para modelagem da cobertura foram desenvolvidos protótipos com a utilização de uma cortadora a laser e uma fresadora CNC (controle numérico) de grande formato (1.80x2.80m).

Desenvolvimento

O projeto teve início com a definição do conceito, que se desenvolveu através das dinâmicas em sala de aula, croquis e discussões entre a equipe; adotando como partido arquitetônico uma cobertura que remetesse a uma árvore próxima a fachada do edifício onde está localizado o LAPAC. Após a definição do partido a equipe definiu duas abordagens projetuais para a concepção do modelo geométrico digital: 1) a utilização do *software* AutoCAD 3-D e 2) a aplicação do *software* Grasshopper, um *plug-in* do Rhinoceros. A modelagem no *software* AutoCAD conseguiu corresponder às expectativas para o desenvolvimento do partido de projeto, embora para a modelagem da estrutura foi necessário criar as peças individualmente caracterizando um processo de projeto no qual o uso do computador é empregado como uma prancheta eletrônica. Esta abordagem demandou maior tempo para o desenvolvimento dos componentes da cobertura e nos casos de ajustes do projeto, exigiu refazer a modelagem e a planificação de todas as peças (Fig. 1).

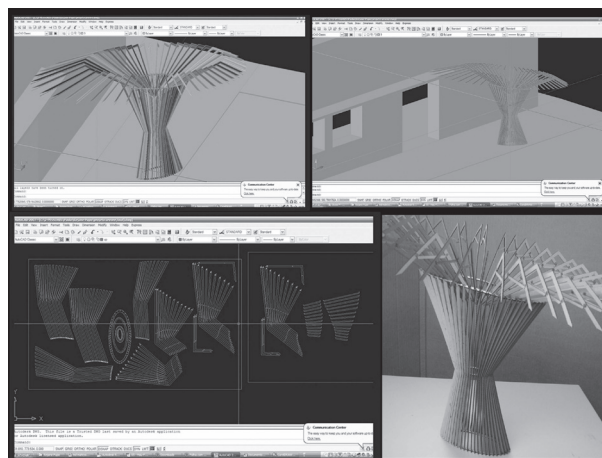


Fig. 1. Componentes desenhados individualmente

No entanto, a maior dificuldade encontrada para viabilizar a execução do projeto foi o alto grau de complexidade na montagem da forma arquitetônica, a grande quantidade de peças e o curto prazo para desenvolvimento do exercício. Esta constatação só pôde ser realizada após estudar a viabilidade da execução do projeto, através do modelo físico utilizando-se a cortadora a laser para desenvolvimento de um protótipo em escala reduzida.

A segunda abordagem adotada foi um sistema generativo de projeto, utilizando o *software* Rhinoceros para concepção do modelo geométrico digital e o *plug-in* Grasshopper com o objetivo de introduzir parâmetros vinculados à forma arquitetônica. O Grasshopper é um editor gráfico

de algoritmo integrado com as ferramentas de modelagem 3-D do *software* Rhinoceros e permite que projetistas e arquitetos explorem novas formas utilizando algoritmos generativos. Assim, a partir da forma concebida no *software* Rhinoceros (Fig. 2) juntamente com o *plug-in* paramétrico Grasshopper, o processo se tornou dinâmico e permitiu a modificação de parâmetros e alterar o projeto rapidamente, proporcionando mais liberdade para ajustes e intervenções na forma.

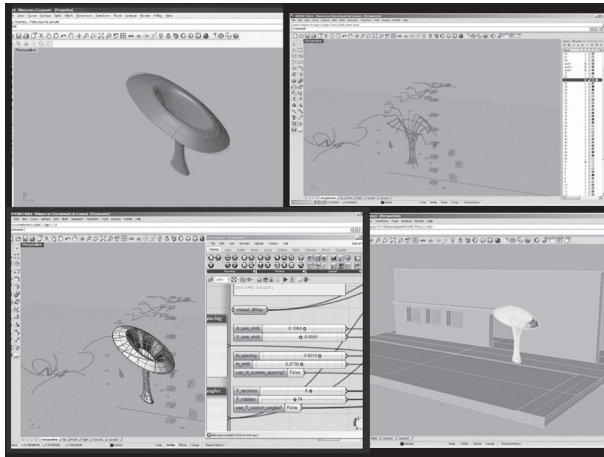


Fig. 2. Parametrização no Grasshopper.

Outra vantagem observada refere-se à etapa de desenho e planificação das peças, em contraposição ao processo de desenho de cada um dos componentes no AutoCAD. Nesta última alternativa foram gerados de forma automatizada, por meio da programação no Grasshopper.

O processo projetual da cobertura incluiu o desenvolvimento de 4 protótipos na cortadora a laser para definição da forma, ajustes e planejamento da fabricação. Neste caso, constatou-se que o uso da PR, com a cortadora a laser (Universal Laser System X660), não somente permitiu a visualização e materialização do projeto, bem como possibilitou estudos para viabilizar sua fabricação digital no que tange a análise de encaixes, espessuras, dimensionamento e fragmentação das peças. Nos protótipos 1 e 2, desenvolvidos em papelão ondulado 6 mm e papel Paraná, respectivamente, foram constatados problemas nos encaixes, dimensão da largura das peças e a espessura dos materiais. A escala dos protótipos também se apresentou inadequada, tornando inviável a montagem do primeiro. No entanto, a mudança de material demonstrou grande diferencial na execução do segundo modelo. Os protótipos 3 e 4, produzidos em papel Paraná, mostraram-se fundamentais para definição dos encaixes, estudo para execução do seccionamento das peças e análise do desempenho da estrutura (Fig. 3).

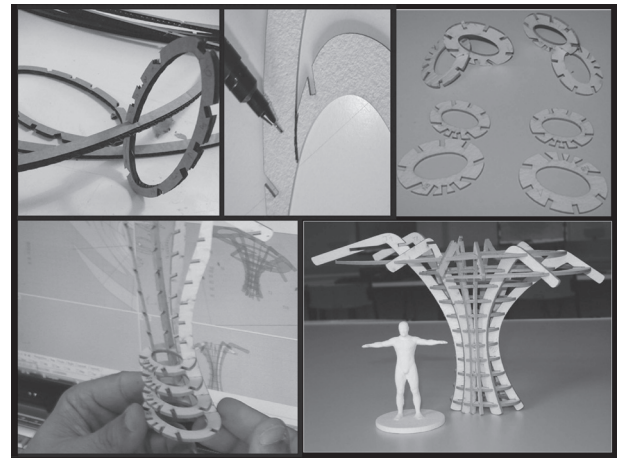


Fig. 3. Protótipos 3 e 4

Posterior ao desenvolvimento dos protótipos, foram introduzidos testes para análise do desempenho do material escolhido para a execução do modelo em escala 1:1, na fresadora CNC, bem como verificação dos encaixes de acordo com a espessura da placa e planejamento da FD. O material escolhido para a fabricação foi a placa de MPU – painel de poliuretano revestido com alumínio com 20 mm de espessura, devido sua durabilidade e maleabilidade. Os estudos para verificação do acabamento e corte do material foram realizados com diferentes tipos de fresa na CNC, permitindo também verificar os encaixes e fixação das peças (Fig. 4).

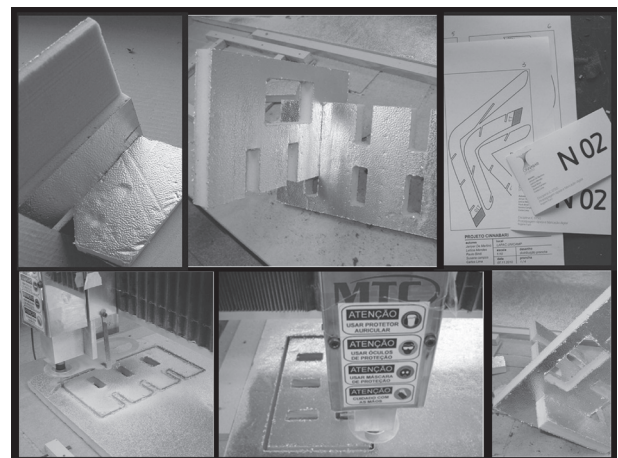


Fig. 4. Testes de encaixe e fixação em CNC

Após a realização dos testes, foram desenvolvidas as etapas de adequação dos desenhos, documentação, usinagem das peças e montagem do modelo em escala 1:1. Na etapa de adequação dos desenhos foi utilizado o *software* AutoCAD para desenhar as peças seccionadas devido às

restrições quanto ao tamanho da fresadora CNC e das placas de MPU. Posteriormente utilizou-se o *software* ArtCAM para a definição dos percursos de corte, desbaste e furos, gerando arquivos para o *software* Mach3, responsável pela geração do código *g-code* de usinagem executada pela fresadora CNC.

A etapa de Documentação consistiu no desenho de cada peça e no mapeamento das partes distribuídas nas placas de MPU. Dessa forma, foi necessária a criação de nomenclatura e normatização dos componentes para a identificação e montagem das peças fabricadas (Fig. 5). Foi desenvolvida uma planilha para localização das peças e quantificação do material (placas de MPU, peças para junção em MDF, parafusos, arruelas e porcas).

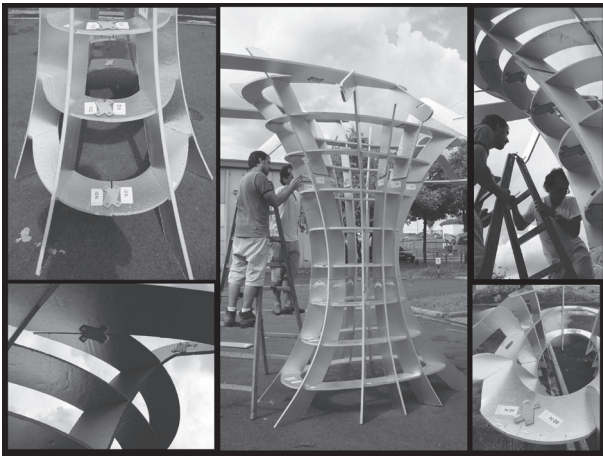


Fig. 5. Estudos realizados na fresadora CNC e montagem.

Considerações finais

O desenvolvimento deste exercício proporcionou um entendimento das transformações ocorridas no processo projetual a partir da introdução das tecnologias digitais, tais como os sistemas generativos de projeto, como por exemplo, a modelagem paramétrica e as técnicas de PR e FD. Os pontos mais relevantes deste exercício foram:

- 1.compreender as etapas que envolvem a abordagem de projeto generativo, por meio da utilização do *software* paramétrico Grasshopper e suas potencialidades em contraposição às abordagens tradicionais;
- 2.analisar a utilização da PR não apenas para visualização da forma arquitetônica e materialização digital, mas como ferramenta de avaliação para estudos de viabilidade e planejamento da fabricação;
- 3.explorar os recursos de FD e avaliar cada etapa da execução do modelo em escala 1:1;

4.o desenvolvimento e treinamento da equipe de estudantes a partir da introdução das tecnologias de PR, FD e modelagem paramétrica.

Agradecimentos

Os autores agradecem as agências de fomento que têm financiado e dado o suporte para as pesquisas, FAPESP, CAPES, CNPq e SAE-UNICAMP, do Brasil, e as empresas MPU Multivac Poliuretanos pelo apoio e doação das placas utilizadas.

Referências

- Buswell, R. A.; Soar, R.C.; Gibb, A. G. F.; Thorpe, A. 2007. Freeform construction: Megascala rapid manufacturing for construction. Oxford: Automation in Construction, v.16.
- Celani, G.; Pupo, R. 2008. Prototipagem Rápida e Fabricação Digital para arquitetura e construção: Definições e estado da arte no Brasil. São Paulo: Caderno de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.
- Kolarevic, B. 2005. Architecture in Digital Age: design and manufacturing. Londres: Routledge.
- Pupo, R. 2008. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. Campinas: PARC n.3, vol.1.
- Pupo, R.; Celani, G. 2008. Implementando a fabricação digital e a prototipagem rápida em cursos de arquitetura: dificuldades e realidades. Cuba: Congresso de La Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital.