

Modelagem Paramétrica em Arquitetura: Estratégias para Materializar Formas Complexas

Parametric Modeling in Architecture: strategies to materializing complex shapes

Wilson Florio

Universidade Estadual de Campinas e Universidade Mackenzie, Brasil.

wflorio@iar.unicamp.br ou wflorio@pq.cnpq.br

Abstract. *This research investigates the relation between parametric modeling (PM) and digital fabrication (DF) of complex shapes in architecture. The complexity involving the recent designs in architecture has demanded new procedures, as much during the conception as to make possible its construction. Thus, the PM and the DF have allowed architects and engineers conceiving, detailing and constructing complex structures with more precision and faster. In this paper, the author contributes for a discussion in this field, still incipient in Brazil, particularly in the process of PM teach-learning.*

Keywords. *Parametric Modeling; Digital Fabrication; Construction; Contemporary Architecture; Complexity.*

Modelagem Paramétrica e Fabricação Digital

Com o aumento da complexidade dos edifícios na atualidade, as técnicas de modelagem tradicionais CAD, embora fundamentais, tornaram-se insuficientes para atender às novas demandas de precisão e rapidez, tanto na proposição como na fabricação de elementos construtivos. Diante desse desafio a técnica de modelagem paramétrica (MP) tem assumido esse papel, propiciando a produção de formas cada vez mais arrojadas.

Normalmente, durante o processo de criação e desenvolvimento de um projeto de arquitetura, características específicas de partes desenhadas são revisadas e modificadas muitas vezes. Para responder a esse problema foi desenvolvida uma estrutura, embutida em programas gráficos computacionais, baseada em parâmetros e hierarquia: as variações paramétricas.

Novas ferramentas computacionais em ambientes paramétricos permitem programar as dependências entre componentes, entre um ponto e outro, com variáveis chamadas parâmetros. Estes permitem construir regras, traçar relações entre os pontos de uma curva, de uma superfície ou entre objetos, e ainda estabelecer “graus de inteligência” e o relacionamento entre esses pontos. Além disso, essa característica permite alterar e testar várias possibilidades, rapidamente, e obter diferentes resultados para serem comparados entre si. Portanto, essa criação por variação catalisa a produção de diferentes idéias, e permite fazer emergir diferentes soluções para um mesmo problema.

O uso de parâmetros para definir a geometria de elementos construtivos, no âmbito da construção civil, tem provado ser cada vez mais eficaz no processo de projeto. Edifícios são compostos literalmente de milhares de partes individuais e de um grande número de conexões. Uma modelagem geométrica desse tipo exige que essas porções sejam agrupadas em componentes constituídos por parâmetros, de modo a facilitar a manipulação deles de acordo com a necessidade.

Na MP o projeto é o resultado de um número de condições pré-estabelecidas pelo usuário, onde as mudanças feitas em um parâmetro afetarão as funções que dependem dele. Esta é uma das vantagens sobre os programas CAD tradicionais, onde as entidades são isoladas.

Se por um lado a MP tem auxiliado na concepção e no desenvolvimento de projetos complexos, por outro lado a FD tem

viabilizado tecnicamente a construção civil. Nas últimas décadas os desenhos têm sido enviados para a máquina de corte a laser, a plasma, jato d'água (Kolarevic, 2003; Schodek et. al, 2005; Meredith, Lasch e Sasaki, 2007), entre outros processos, criando famílias de objetos similares, mas únicos. Esse é o conceito de mass-customisation, ou seja, customização em massa, onde pode-se fabricar em série objetos levemente diferentes entre si, mas com a mesma eficiência produtiva.

Porém, para que seja possível fabricar peças curvilíneas modeladas geometricamente no computador é necessário desdobrá-las (unfold) em superfícies planas antes de efetuar o corte. As superfícies desdobráveis (developable surfaces) são aquelas que permitem uma subdivisão em partes, e que têm uma curvatura conveniente e aceitável para curvar (Florio, 2005). Por esse motivo a importância de gerar geometrias baseadas em superfícies regradas.

Os programas gráficos atuais, como o Rhinoceros, permitem desdobrar superfícies regradas, ou seja, permitem planificar formas ou superfícies 3D. Ao serem planificadas essas superfícies podem ser cortadas pelas técnicas mais comuns de FD. Portanto, a técnica do “unfolding” (ou unroll) é um dos recursos básicos que permitem a racionalização de elementos construtivos para serem fabricados digitalmente.

Rhinoceros e Paracloud

Embora a MP tenha se tornado mais acessível aos arquitetos, a tarefa de criar modelos paramétricos complexos introduziu a necessidade de novas habilidades (Nir, 2007), incluindo linguagens de programação e conhecimentos de geometria complexa. Todavia, o desenvolvimento de novos métodos de MP simplifica essa tarefa e permite superar certas restrições geométricas até recentemente modeladas com grande dificuldade.

Nos últimos anos têm sido disponibilizados scripts (McNeel and Associates; kolarevic, 2003; Bonwetsch, 2007; Nir, 2007) para operar em diversos programas de modelagem geométrica. Programas como Rhinoceros, Maya, Generative Components, e algoritmos generativos como Grasshopper e Paracloud Modeler utilizam scripts para gerar uma diversidade de parâmetros, possibilitando a criação de novas famílias de formas e ornamentos complexos.

Um dos programas que estão sendo utilizados na pesquisa realizada pelo autor é o Paracloud Modeler. Este programa, criado por Eyal Nir, utiliza um conceito muito simples: uma coleção de pontos pode descrever a geometria de qualquer objeto tridimensional no espaço.

SIGraDi 2009 sp

Este programa permite gerar superfícies e objetos complexos a partir de uma nuvem de pontos (cloud of points). Devido a total compatibilidade com o Paracloud utilizamos o programa Rhinoceros.

Uma vez estabelecido o link entre eles, os parâmetros estabelecidos no Paracloud podem ser enviados para o Rhino na produção de modelos geométricos digitais. Como o Rhino opera com recursos NURB, pode-se gerar curvas de terceiro grau e, conseqüentemente, superfícies curvilíneas contínuas. Essas superfícies topológicas podem ser geradas a partir de poucos parâmetros no Paracloud, e posteriormente serem enviadas para a modelagem no Rhino.

A seguir serão relatados quatro experimentos utilizando o processo Rhino-Paracloud-Rhino. Esses experimentos contribuem para a discussão sobre a relação entre MP, FD e formas complexas.

Experimentos realizados

A agilidade em modelar, alterar e comparar diferentes configurações entre si é extremamente desejável no processo de projeto. Com a MP isso é possível. A seguir são apresentados alguns exemplos do uso de parâmetros para modelar elementos construtivos.

Experimento 1

Normalmente, estruturas espaciais metálicas demandam muito tempo para a modelagem geométrica 3D. Quando modeladas pelas técnicas tradicionais de extrusão, demandam tempo e paciência. A MP facilita e acelera esse processo.

Neste experimento as diferentes estruturas obtidas foram derivadas de módulos desenhados no Rhino e importados no Paracloud (fig.1). As barras foram geradas a partir de uma célula, cujos eixos estão inseridos dentro de um cubo (1x1x1), localizado na origem do sistema cartesiano.

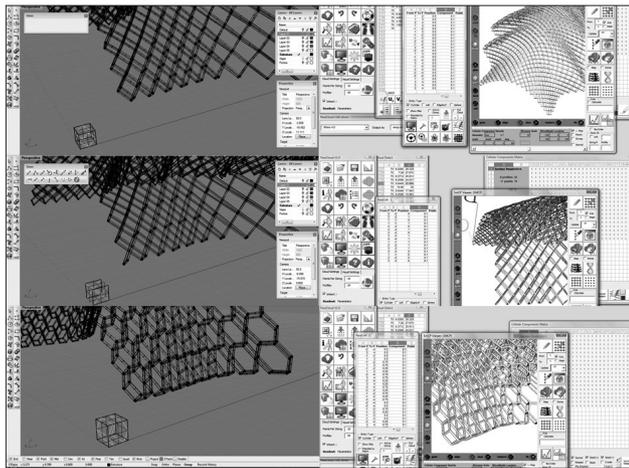


Figura 1. MP de estrutura metálica espacial.

A superfície orgânica modelada no Rhino foi importada no Paracloud, e na seqüência, foi importada cada uma das células, denominadas no programa como Paracell. As coordenadas de cada ponto dessa célula paramétrica estabelecem a posição e direção de cada barra no espaço. Neste caso optou-se pelo parâmetro "cylinder", que permite estabelecer o raio do componente, que neste caso é barra cilíndrica.

Cada uma das células dispostas no Paracell recebe um número (neste caso, 1, 2 e 3). Nota-se na figura 1, que cada célula contém um conjunto de coordenadas de acordo com cada ponto no espaço, ou seja, sua nuvem de pontos.

Na seqüência esses números foram inseridos, separadamente, na tabela chamada Cellular Components Matrix (fig.1, em amarelo). Embora seja possível fazer combinações entre as células 1, 2 e 3, neste caso optamos por modelar separadamente cada uma delas.

Pode-se notar na figura 1 que a partir de diferentes células consegue-se rapidamente visualizar e modelar diferentes estruturas, e compará-las entre si em diferentes situações de projeto.

Experimento 2

Neste estudo para uma grande cobertura de ginásio de esportes, os parâmetros que constituem a célula (ou módulo) da estrutura foram definidos diretamente no Paracell. Assim, por meio da escolha de pontos no cubo (fig.2, coordenadas 1,2,3,4 e -1,-2,-3,-4), pode-se determinar a posição das coordenadas das barras (paralelas ou diagonais).

Esse procedimento permite estabelecer o desenho e o diâmetro de cada uma dessas barras, e o comportamento por meio de parâmetros no Paracell. Na figura 2, o parâmetro 1 (que estabelece o raio de todas as barras) e o 2 (que estabelece o comprimento e a direção das barras, com valores 0,3; 0,5 e 0) no quadro de diálogo Paracell permitem estabelecer diferentes combinações, resultando em diferentes padrões e desenhos de componentes da estrutura do edifício.

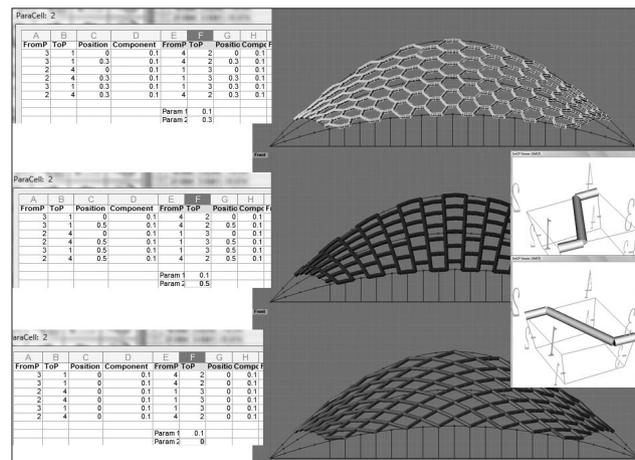


Figura 2. MP da estrutura ginásio de esportes.

Experimento 3

O processo de MP pode envolver tanto a modelagem da estrutura como das vedações de um edifício. Neste experimento, utilizou-se os mesmos procedimentos que no experimento 1, mas com uma diferença: foram utilizados os comandos do Rhino no quadro de diálogo do Paracell no Paracloud.

Neste caso, foi utilizado o comando "control points" (CP) do Rhino, que permite alterar o grau de curvatura dos perfis da célula (closed ou open; 1º, 2º ou 3º grau), que resulta em superfícies NURB mais suaves (verde) ou retilíneas (azul). Como pode-se notar na figura 3, as letras CP ou TP foram inseridas como parâmetros, que quando enviados ao Rhino instruem este programa a modelar a partir de curvas de 1º, 2º ou 3º grau, e/ou abertas ou fechadas. A combinação entre esses parâmetros possibilita múltiplos resultados, com geometrias regulares ou complexas.

É importante assinalar que quando se deseja gerar estruturas 3D é necessário usar o "offset" no programa Paracloud para gerar a profundidade da estrutura. A malha gerada pelo offset foi parametrizada no Paracloud e enviada para ser gerada no Rhino, por meio das opções Ribs Options. As nervuras (ribs) na direção U e V (x e y no espaço) foram enviadas separadamente para ser modeladas em 2D no Rhino pela técnica do "unfolding". Todas as nervuras 2D foram colocadas lado a lado como pode ser visto na figura 3. Como as nervuras foram geradas com a opção "notch", pôde-se escolher a espessura do entalhe (neste caso 1 mm) e gerar automaticamente os recortes para encaixe entre as peças. Por fim, essas peças foram diagramadas em uma folha tamanho A2 e enviadas para a máquina de corte a laser, em papel cartão de espessura de 1 mm.

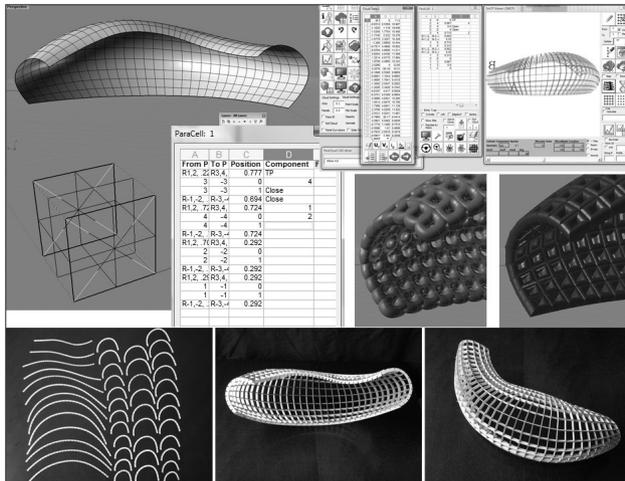


Figura 3. MP de cobertura pelo parâmetro CP.

Portanto é possível modelar diferentes coberturas a partir de pequenas alterações nos parâmetros estabelecidos no Paracloud. Neste exemplo, pode-se notar que a célula é a mesma, mas as formas dos módulos são levemente diferentes.

Experimentações diversas

Há muitas estratégias possíveis para gerar e materializar formas complexas a partir dos recursos de MP e FD. Nesta pesquisa em andamento, procura-se investigar possibilidades de fazer emergir novos conceitos que contribuam para a solução de problemas em arquitetura, que vão desde a concepção de formas e espaços até o detalhamento e sua materialização. Na figura 4 pode-se ver outras imagens de experimentos diversos que envolvem a MP e a FD de estruturas, vedações, elementos vazados e quebra-sóis.

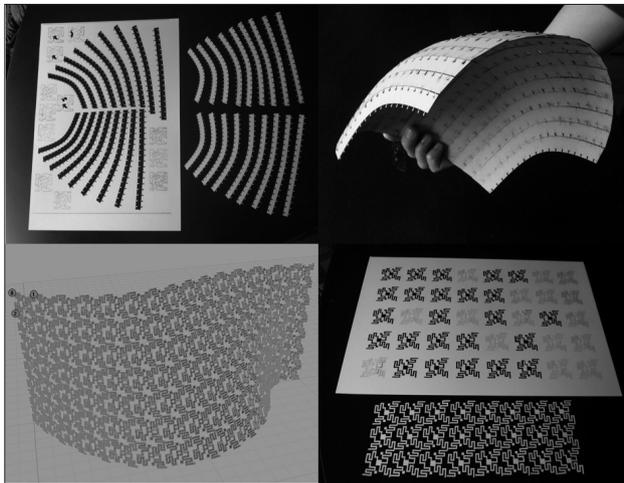


Figura 4. MP e FD de experimentos diversos.

Conclusões Finais

O processo de encontrar e fazer emergir novas formas (form-finding) por meio de MP incentiva o questionamento das soluções existentes e auxilia a materialização de propostas mais ousadas e complexas.

O relacionamento histórico entre arquitetura e seus meios de produção está incessantemente sendo alterado pelos novos processos controlados digitalmente, tanto na prática de projeto como na fabricação e construção. Assim, a conciliação entre a MP e a FD torna possível propor e materializar diferentes idéias de um modo ágil, envolvendo múltiplas ações cognitivas que estimulam a criatividade.

Agradecimentos

A presente pesquisa tem o apoio do CNPQ.

References

- Bonwetsch, T.; Bärtschi, R.; Kobel, D.; Gramazio, F.; Kohler, M. 2007, Digitally Fabricating Tilted Holes: Experiences in Tooling and Teaching Design. In: Proceedings of the Ecaade 25, pp. 793-799.
- Florio, W. 2005, O Uso de Ferramentas de Modelagem Vetorial na Concepção de uma Arquitetura de Formas Complexas. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- Florio, W.; Tagliari, A. O uso da cortadora a laser na fabricação digital de maquetes físicas. In: Anais do Sigradi, Cuba, Havana, 2008, pp. 1-8.
- Goldberg, S. A. 2006, Computational Design of Parametric Scripts for Digital Fabrication of Curved Structures, International Journal of Architectural Computing, IJAC, vol. 4, nº 3, pp. 99-117.
- Hensel, M.; Menges, A. 2006, Material and Digital Design Synthesis: integrating material self-organisation, digital morphogenesis, associative parametric modeling, and computer-aided manufacturing, Architectural Design, vol. 76, nº 2, pp. 88-95.
- Kolarevic, B. (ed.). 2003, Architecture in the digital age: design and manufacturing. Spon Press, New York.
- Meredith, M.; Lasch, A.; Sasaki, M. 2007, From Control to Design: parametric/algorithm architecture, Actar, New York.
- Nir, E. 2007, From No-Dimensions to N-Dimensions with Parametric Point-Clouds, International Journal of Architectural Computing, IJAC, pp. 46-59.
- Schodek, D.; Bechthold, M.; Griggs, K.; Kao, K.M.; Steinberg, M. 2005, Digital Design and Manufacturing: CAD/CAM Applications in Architecture and Design, John Wiley and Sons, United States of America.