

Fabricação Digital para a Arquitetura e Construção no Brasil, utilizando o método Contouring

Digital Fabrication for Brazil's Architecture and construction, the use of Contouring method.

Flávia Biccás da Silva Polonini

Brasil

flabiccas@yahoo.com.br, <http://lattes.cnpq.br/9895169933723806>.

Abstract. *This paper presents a digital manufacturing strategy for architecture and construction, which allows the production of high complexity objects. This piece demonstrates the use of CAD / CAM technologies in the manufacturing process through Contouring method, which translate the general geometry of the building in two-dimensional components and is applied by architects like Bernard Franken. The paper show partial results from the undergraduate dissertation, Virtual Ways, by the author, through its application to a model. As a result, the article analyzes the differences between the use of digital and traditional manufacturing technology, emphasizing its use in Brazil.*

Keywords. CAD/CAM; Digital Fabrication; Contouring; complex geometry; construction.

Fabricação Digital

Nas últimas décadas, a era da informação digital tem afetado vários aspectos da sociedade, assim como a arquitetura em várias maneiras: da automação dos desenhos técnicos com a inserção do CAD nos escritórios e perspectivas de maquete eletrônica, à técnicas contemporâneas e digitais de concepção projetual. Para os arquitetos, o fascínio crescente pelo uso de ferramentas computacionais para o desenvolvimento projetual renovou o interesse na exploração de geometrias complexas em edificações, por meio de técnicas avançadas de modelagem como animação, geração e evolução da forma.

De modo a explorar essas formas em edifícios construídos foi preciso desenvolver novas soluções de engenharia e de construção, também apoiadas em tecnologias digitais, que possam traduzir essas superfícies complexas em componentes de um sistema estrutural adequado. Para tanto, foi necessário a importação de tecnologia de diferentes indústrias: automobilística, aeroespacial e náutica, aonde tecnologias CAD/CAM são empregadas para fabricação de objetos de alto nível de complexidade.

De uma forma geral, CAD (Computer Aided Desing) é o processo de projeto que se utiliza de técnicas gráficas computadorizadas, através da utilização de programas computacionais (software) de apoio, auxiliando na resolução dos problemas associados ao projeto.

Por sua vez, CAM (Computer Aided Manufacturing) trata de todo e qualquer processo de fabricação controlado por computador, no qual o grupo de equipamentos mais comuns são os CNC (Computer Numerical Control), que podem utilizar o processo subtrativo, aditivo, formativo e corte bidimensional.

Porém juntos, essa tecnologia funciona como uma interface operacional entre a concepção e a construção, aonde a forma espacial não mais é definida por plantas e cortes, mas diretamente como um modelo virtual e tridimensional, que foi denominado 'file-to-factory' ou Fabricação Digital (FD) (RUBY, 2001).

O processo de produção da FD é inteiramente digital, no qual as informações tridimensionais do objeto a ser construído são transformadas em peças, podendo equivaler à estrutura, formas ou o

revestimento externo do edifício, que posteriormente serão montados no local para criar o edifício.

Este processo é, comumente, dividido nas seguintes etapas:

1. A partir do modelo arquitetônico, retiram-se as informações estruturais para todas as partes do edifício, através de um software CAM.
2. Traduzem-se todas as informações em peças que sejam corretamente dimensionadas ao tipo e formato do material a ser utilizado, distribuindo os componentes na área de fabricação.
3. Depois de fabricadas, as peças são devidamente identificadas para guiar a montagem das mesmas na obra.

Assim, a Fabricação Digital se configura num contínuo digital entre as fases de concepção e fabricação e/ou construção da arquitetura, eliminando os desenhos técnicos e analógicos, pois a informação agora navega de um computador para outro (KOLAREVIC, 2005).

Por fim, o que diferencia essa tecnologia de outras é capacidade de produzir uma grande variedade de formas complexas, sem custo adicional, visto que o valor é definido ou pelo peso, ou pelo tempo de uso dos equipamentos CNC que está relacionado ao número de arquivos digitais, e não pela forma a ser produzida (RUBY, 2001; FRANKEN, apud KOLAREVIC, 2005).

Contouring

Existem várias opções de métodos que traduzem a arquitetura em estruturas, esse artigo apresentará o Contouring que é destinado ao uso de maquinário CNC de corte bidimensional, pois trabalha com materiais em chapas. Por isso, esse sistema objetiva traduzir edifícios e suas superfícies tridimensionais em elementos e componentes estruturais bidimensionais.

No Contouring (contorno), os sistemas estruturais são obtidos através do corte da forma tridimensional do edifício por uma seqüência de seções planas, geralmente paralelas entre si e posicionadas em intervalos regulares, formando 'fatias' horizontais e/ou verticais, onde cada seção transversal define o contorno da superfície original.

SIGraDi 2009 sp

Conceitualmente, é um processo semelhante ao Lofting, usado na construção de barcos (KOLAREVIC, 2005, p.43), que geralmente produz duas estruturas típicas as 'anteparas' e as 'cavernas'. Na primeira, o plano é cheio e na segunda é estilizado em uma forma próxima a um arco, assim deixando área livre para a passagem tanto num barco como numa arquitetura.

Devido a essa qualidade, a estrutura mais utilizada é a do tipo caverna e o resultado é uma estrutura autoportante curvilínea, cuja forma é composta pelo agrupamento de todas as secções que recria a forma original numa continuidade visual que está implícita (IWAMOTO, 2009, p.12), pois a superfície não está lá, mas pode ser percebida.

Antes de começar a utilizar o método varias questões devem ser analisadas para decidir a melhor opção para geometria que estiver trabalhando.

Antes do início da utilização deste método, várias questões devem ser analisadas pelo usuário, de modo a escolher a melhor abordagem para cada tipo de geometria a ser traduzida em estrutura. Primeiro

a direção de corte das secções está relacionada à tipologia vertical ou horizontal do edifício projetado. Se for horizontal, o corte será projetado da vista de topo produzindo planos verticais nos sentidos X e/ou Y. Já uma geometria vertical possui um corte frontal, que produzirá planos horizontais e verticais, sendo o segundo muitas vezes radial a 'planta baixa' do edifício (GRIFFITH; SASS; MICHAUD, 2006).

Segundo, a seqüência de secções pode ser uni ou bidirecional, sendo a segunda mais comum devido ao travamento da estrutura. Normalmente, para facilitar a organização do sistema estrutural, as secções são organizadas em malha bidirecionais em formato de grade ortogonal, uma herança dos métodos tradicionais de projetar, mas novas opções estão sendo usadas, como posicionamentos em diagonal, inclusive estruturas primárias e secundárias. Por exemplo, o estádio 'Ninho do pássaro' de Herzog & Meuron, que usando-se de cortes tangenciais tanto para estrutura primária como secundária, expandiram o vocabulário do Contouring do seu potencial de adaptação e modulação para a irregularidade e informalidade (IWAMOTO, 2009).

Por fim, uma estrutura em arco, geralmente, implica numa direta relação entre quantidade de arcos, neste caso secções, e a resistência aos esforços físicos. Porém, Griffith, Sass e Michaud (2006, p.466) constataram que "o aumento da quantidade de secções, além de um certo limiar, faz pouco para aumentar a força global do sistema e, de fato, realiza o efeito inverso adicionando carga morta com pouco ou nenhum efeito estrutural". Assim, um equilíbrio entre número de secções e seus espaçamentos deve ser pensada em paralelo a análise de cargas para o sistema estrutural.

Para demonstrar o processo de Contouring, a autora o aplicou na fabricação da maquete do seu trabalho de conclusão do curso, Rumos Virtuais, para realizar o estudo volumétrico da forma. Deste modo, optou-se por trabalhar com anteparas, ao invés de cavernas, visto que produzem uma estrutura mais estável, junto com os encaixes de sobreposição em forma de fenda.

Conceitualmente, é um processo semelhante ao Sliceforms, usado por John Sharp em seu livro Sliceforms: Mathematical Models from Paper Sections, que é mundialmente difundido para trabalhos em papel. Exemplo do uso de técnica semelhante pode ser vista na obra de Álvaro Siza e Eduardo Souto de Moura, o Serpentine Pavilions 2005.

Todo o processo foi feito em ambiente virtual 'manualmente', isto é, sem ajuda de scripts e modelado em 3D, incluindo as secções, as intersecções dos planos, o desenho dos encaixes, e a distribuição das peças na prancha a ser cortada (figura 01). No processo ilustrado na figura 02, abaixo, observa-se na parte

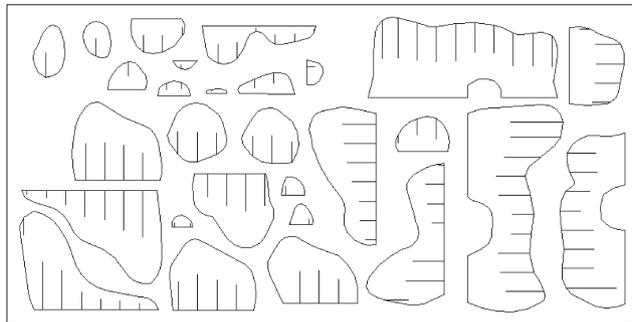


Figura 01 – Prancha de corte no CNC.

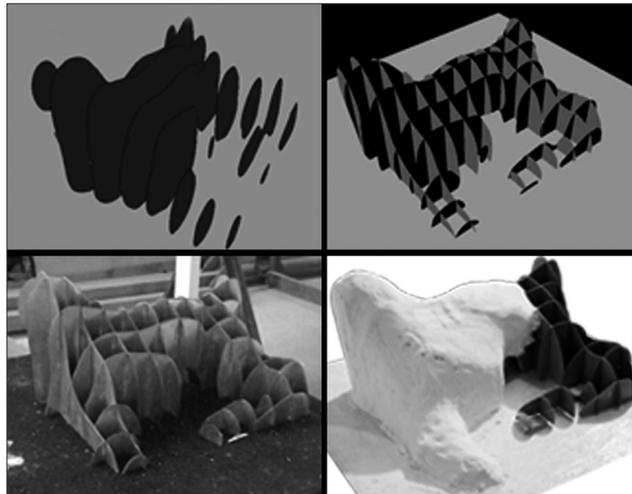


Figura 02 – Processo de execução da maquete.

superior os planos resultantes do corte da geometria na direção Y e o modelo 3D com todos os planos de corte. Enquanto que na parte inferior, visualiza-se a maquete, cortada no CNC de plasma em chapa de aço carbono galvanizado, antes e depois de receber massa corrida para geração de sua superfície curvilínea

A escolha desse método, como processo de fabricação, ocorre devido a sua simplicidade, rapidez e economia, principalmente quando se automatiza algumas etapas da produção, através de programas de 'Nesting' e rotinas para o 'Autolisp'. O 'Nesting' distribuiu as peças nas chapas do material escolhido de modo otimizado para que haja o mínimo de perda ou, neste caso, de sobra de material (PUPO, 2008). Já as rotinas 'Autolisp' enumeram, codificam e catalogam todas as peças a fim de criar a ordem de montagem na local da obra (BOER; OOSTERHUIS, 2009).

Por fim, o Contouring combinado com CNC de corte bidimensional é um processo viável, com possibilidade de diminuir em até "90% a mão de obra tradicional e de 25 a 75% dos custos" (ALLUMS; WEBB, 2004, p.325), visto que reduz o tempo de produção, o transporte e a montagem de geometrias complexas.

Diferenças entre Digital e Tradicional

As tecnologias digitais não só se diferenciam pela substituição de métodos tradicionais pela inserção do computador, mas por transformar a lógica de cada tempo. Assim, da solução da dificuldade construtiva de geometrias complexas, através dos métodos de Fabricação Digital, surge uma estrutura típica dessa arquitetura, Monocoque ou monocasco, que se encontra em oposição à lógica binária da construção modernista, como a Domino House, em que se separou a estrutura da casca externa (GIOVANNI, apud KOLAREVIC, 2005).

A estrutura Monocoque se identifica pela união entre a estrutura e a pele do edifício numa casca integrada autoportante, que absorve todo esforço estrutural, sem necessidade de revestimento externo, uma vez que é a prova de entrada de água. Tal estrutura, constituiu-se por superfícies fluídas e envolventes, sem planos horizontais e verticais, que reflete as complexas geometrias utilizadas na sua criação.

Outras mudanças foram causadas pelo uso da FD, dentre elas a migração do conceito de padronização, produção em série e pré-fabricação herdada do Modernismo para a noção de Customização em massa (Mass-customization), que surge da habilidade de produzir componentes irregulares com a mesma facilidade dos padronizados sem elevar os custos, isto é, a produção industrial de objetos únicos. Juntamente com técnicas digitais de gerativas e evolucionárias de concepção, pode-se desenvolver a idéia de arquitetura como produto, atendendo variações e diferenciações locais em série. Um exemplo disso pode ser visto no projeto Embryological House do arquiteto Greg Lynn e no Chimericla house de Kolatan e McDonald. Esses projetos propõem a produção de casas que possuam um sistema geométrico guia que as tornem diferentes entre si, mas com uma identidade em comum.

A Customização em massa é uma consequência de destaque da FD por transpor o paradigma mecânico do Modernismo, dos modelos universais que supostamente serviriam a todos, mudando o foco da produção do produto para seu usuário com o objetivo de pensar numa arquitetura que “uma vez tenha superado a objetividade de nossas necessidades, possa responder a subjetividade dos nossos desejos (SAGGIO, 2001, p.29)”.

Fabricação Digital no Brasil

Infelizmente, segundo PUPPO (2008), no Brasil, a aplicação da FD é limitada devido aos custos de importação dessa tecnologia e pela falta de mão de obra especializada para executar esse tipo de construção. Apesar disso, é crescente o interesse na FD demonstrado por meio de pequenas manifestações por todo Brasil, através principalmente de pesquisas em universidades, mas também chegando a atingir o mercado do Espírito Santo.

Para demonstrar a presença do equipamento de CNC em municípios capixabas, foram consultadas três empresas, ora denominadas de Pública A, Privada A e Privada B, que utilizavam tais equipamentos para realização de modelagem. As informações obtidas nesta consulta encontram-se resumidas no quadro 01, abaixo:

Empresa	Tipo de equipamento	Uso
Pública A	Impressora 3D, da Seacam	Pesquisa e capacitação
Privada A	Dois de Corte à laser Um Router de grande porte	produção de maquetes e protótipos
Privada B	Corte a plasma e oxicorte	Produz e vende equipamento CNC

Quadro 01 – Características das empresas usuárias do CNC

A empresa Privada A, fundada em 1991, é voltada para a produção de maquetes e protótipos para os mais diversos segmentos como, construção civil, indústria, publicidade, propaganda e design. Se utiliza de CNC a laser para criar maquetes e suas peças na escala exata, recentemente adquiriu uma Router importada de grande porte. Este equipamento ampliará o leque de soluções na execução de trabalhos que até então limitavam-se àqueles de porte médio.

A empresa Privada B, fundada em 1986, é voltada a automação industrial e comercial, e desenvolve equipamentos de alta tecnologia, além do CNC, direcionados a pelletização de minério de ferro. Desenvolve os seus próprios produtos com tecnologia nacional, detendo assim as patentes, e possui clientes em todo Brasil e no exterior.

A empresa Pública A, fundada em 2008, é de iniciativa e usa recursos da prefeitura de Vitória com coordenação da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Procura a curto prazo, trabalhar a qualificação imediata de recursos humanos formados em engenharias ligadas à Cadeia Produtiva de Petróleo e Gás Natural (CPPGN), e a longo prazo, promover a capacitação e a pesquisa em tecnologias tridimensionais aplicadas a diversas cadeias produtivas do Estado, como indústria moveleira, construção civil, design de produtos e metalmeccânica.

Assim como a entrada do computador no processo de projetar também teve um começo difícil, também a Fabricação Digital pode estar passando pelo mesmo processo, o qual apoiado na ampliação do interesse e do uso dessa tecnologia no Brasil, talvez indique uma nova direção na área de arquitetura e construção civil.

Créditos

A autora agradece a Automatica S.A. por ceder material, equipamentos, mão-de-obra e instalações para a realização da maquete.

Referências

- Allums, V.; Webb, E.: 2004, Potentials & Pitfalls of Digital Fabrication: Practice & Legal Aspects for Designers. En: Aia-Tap / Acadia Fabrication Conference, 23. Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture. Cambridge (Ontario): p. 324 - 327. Disponível em: <http://www.ornamental-iron.com/publichtml/aia-tap_acadia_webb_1.htm>. Acesso em: 04 set. 2009.
- Boer, S.; Oosterhuis, K. Architectural Parametric Design and Mass Customization. Disponível em: <http://www.oosterhuis.nl/quickstart/fileadmin/Projects/129%20the%20web%20of%20north%20holland/02_Papers/000-040603-ECPPM.pdf>. Acesso em: 07 set. 2009.
- Franken, B.: 2005, Real as data. En: Kolarevic, B. (Ed.). Architecture in the digital age: design and manufacturing. New York: Taylor & Francis, p. 121-138.
- Griffith, K.; Sass, L.; Michaud, D.: 2006, A strategy for complex-curved building design: Design structure with Bi-lateral contouring as integrally connected ribs. En: Proceedings of the 10th Iberoamerican Congress of Digital Graphics, Santiago – Chile. p. 465 - 469. Disponível em: <http://cumincad.scix.net/data/works/att/sigradi2006_e028c.content.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2009.
- Iwamoto, L.: 2009, Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques. Princeton Architectural Press, New York.
- Kolarevic, B. (Ed.): 2005, Architecture in the digital age: design and manufacturing. Taylor & Francis, New York.
- Pupo, R. T.: 2008, Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte, Parc: Pesquisa em arquitetura e construção, Campinas, v. 01, n. 03, p.1-19, Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~parc/vol1/n3/vol1-n3-pupo.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2009.
- Ruby, A.: 2001, Beyond Form: Architecture in the age of digital producibility. En: Schmal, P. C. (eds.). Digital Real - Blobmeister: first built projects. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, p. 206-213.
- SAGGIO, A.: 2001, New Subjectivity: architecture between Communication and Information. En: Schmal, P. C. (eds.). Digital Real - Blobmeister: first built projects. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser. p. 20-29.