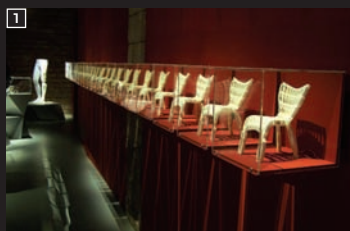


Como a fabricação digital aplicada ao design e à arquitetura é realidade viável em Barcelona

3D em detalhes

POR AFFONSO ORCIUOLI E GABRIELA CELANI

Ao entrar na exposição no Disseny Hub, no centro histórico de Barcelona, vemos uma série de 20 maquetes aparentemente idênticas de uma cadeira. Mas uma análise mais detalhada dos objetos revela que cada modelo é, na verdade, ligeiramente diferente dos demais. Segundo o autor da cadeira, Ammar Eloueine, cada modelo representa um frame (quadro) de uma animação na qual uma malha circula verticalmente por dentro do limite volumétrico do objeto. Cada frame da animação corresponde a um modelo 3D ligeiramente diferente dos demais, e cada um deles foi materializado por meio de impressão 3D. A materialização de um objeto a partir de um modelo virtual não é mais ficção científica, é uma opção viável para a produção de objetos únicos.



FULL PRINT3D – PRINTING OBJECTS

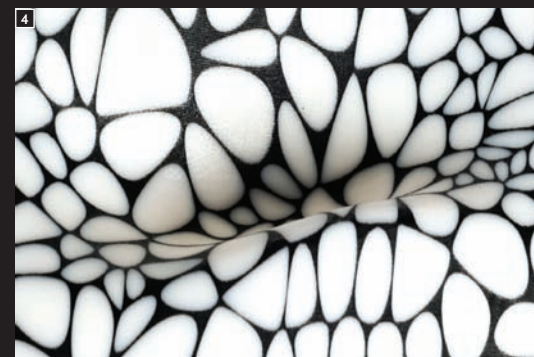
A exposição no DHub, que pode ser vista até 29 de maio de 2011, tem como objetivo ilustrar o uso de tecnologias aditivas de fabricação digital na produção de objetos de uso cotidiano. São apresentadas cadeiras, fruteiras, joias, tecidos e até próteses ortopédicas projetados em meio digital e produzidos automaticamente por máquinas controladas por computador.

Essas tecnologias, conhecidas popularmente como impressão 3D, incluem estratégias diferentes de fabricação, algumas já desenvolvidas há décadas, e outras ainda em fase de aperfeiçoamento. Todas têm

em comum o fato de se basearem na sobreposição de camadas sucessivas de material líquido ou em pó, como resinas, plásticos, gesso e metal, que vão sendo solidificadas umas sobre as outras por diferentes métodos – que podem incluir jatos de aglutinantes, luzes que provocam reações químicas, e até raios laser ou feixes de elétrons, que fundem a camada superior às inferiores.

Até hoje, os principais entraves para a utilização dessas tecnologias era seu elevado custo e suas limitações dimensionais. Há até pouco tempo elas eram utilizadas apenas para a produção de protótipos durante o desenvolvimento de produtos para a indústria. Por isso, são ainda conhecidas como técnicas de prototipagem rápida. Apesar do altíssimo custo, a produção de um protótipo rápido se justificava tendo em vista o enorme lucro que resultaria da produção em escala industrial do objeto.

Mas isso está mudando, e a exposição do DHub pretende mostrar, justamente, que é possível utilizar essas técnicas para a produção de objetos únicos diretamente para o uso, e não apenas protótipos. Talvez por isso a curadoria da exposição, a cargo de Ramón Prat e de Marta Malé, tenha utilizado a expressão fabricação aditiva em lugar de prototipagem rápida. Afinal de contas, os objetos apresentados não são protótipos, mas objetos de consumo, que possuem a característica especial de terem sido



TÉCNICAS DE FABRICAÇÃO DIGITAL ADITIVA

As técnicas de fabricação digital podem ser classificadas em três categorias: aditivas, subtrativas e formativas. As técnicas aditivas produzem objetos por meio da deposição sucessiva de camadas de material. Existem diversos processos de fabricação aditiva, como as impressoras a pó (3DP), o sistema Fusion Deposition Modeler (FDM), a Sinterização Seletiva a Laser (SLS), o sistema de Estereolitografia (SLA) a tecnologia Electro Beam (EB) e o Contour Crafting (CC).

3DP - IMPRESSÃO 3D

Possui um rolo que deposita e compacta finas camadas de pó sucessivamente. Sobre cada camada um cabeçote imprime seções do objeto a ser produzido com jatos de um líquido aglutinante, que pode ser incolor ou colorido. As seções vão se aglutinando umas sobre as outras, desde a base até o topo do objeto. Nas impressoras 3D coloridas são utilizados três recipientes com as cores amarelo, ciano e magenta, e sua combinação permite a impressão de objetos em qualquer cor, lisos ou estampados. Além disso diferentes materiais podem ser utilizados, desde um pó semelhante ao gesso até um que possui propriedades elásticas, resultando em objetos flexíveis. Após o término da impressão, a peça é retirada da máquina e o excesso de pó é eliminado com um jato de ar comprimido. A peça impressa precisa ser coberta por uma resina para adquirir maior resistência.

FDM - FUSION DEPOSITION MODELER (MODELAGEM POR DEPOSIÇÃO DE MATERIAL FUNDIDO)

Modelagem por deposição de material fundido (plástico ABS, policarbonato, poliéster etc.), que depois de aquecido e derretido é depositado camada a camada, formando o objeto. Essa técnica utiliza também um plástico pouco resistente como material de suporte nas áreas em que a geometria do objeto o exige. Após a impressão o material de suporte é retirado. O material utilizado pode ser branco ou colorido, mas a técnica não permite a combinação de cores em uma mesma peça.

produzidos por meios automatizados, ao mesmo tempo de serem únicos.

A exposição está organizada em seis grupos temáticos que enfatizam as possibilidades da fabricação aditiva: formas orgânicas (freeform), variação, personalização, complexidade, materialidade e novas aplicações. O último módulo mostra novos direcionamentos resultantes de pesquisas recentes na área, como aplicações na indústria de alimentos e na construção civil. A exposição tem, ainda, uma sala especial com informações didáticas sobre as diferentes técnicas de fabricação aditiva, com painéis explicativos e peças produzidas em diferentes equipamentos

SLS - SELECTIVE LASER SINTERING (SINTERIZAÇÃO SELETIVA A LASER)

Semelhante à técnica 3DP, porém com a utilização a partir de polímeros em pó que se fundem quando expostos a um feixe de laser. O laser desenha sobre a superfície de cada camada a seção correspondente do objeto, fundindo-a à camada inferior. Esta técnica não permite a produção de objetos coloridos, mas o produto final pode receber pintura.

SLA - STEREOLITOGRAPHY (STEREOLITOGRAFIA)

Modelos 3D a partir de polímeros líquidos sensíveis à luz, que se solidificam quando expostos à radiação de um feixe de laser ultravioleta. Os modelos produzidos por esta técnica apresentam transparência.

EBM - ELECTRON BEAM MELTING (DERRETIMENTO POR FEIXE DE ELÉTRONS)

Com materiais que podem criar componentes de alta resistência ao impacto e à temperatura em geometrias complexas, esta tecnologia é ideal para análises estruturais durante o processo de projeto ou para utilização final. A peça é construída em uma câmara a vácuo, necessária para que os elétrons sigam um caminho direto ao metal, proporcionando um ambiente sem impurezas externas. Na maioria das vezes há a necessidade de pós-processamento da peça.

CONTOUR CRAFTING

Tecnologia em desenvolvimento na University of Southern California. Consiste na deposição de camadas de um tipo especial de cimento de alta resistência, possuindo um grande potencial na construção automatizada de grandes estruturas. Quando desenvolvida permitirá, por exemplo, construir automaticamente uma casa inteira, incluindo instalações elétricas, hidráulicas e ar condicionado, permitindo que os arquitetos projetem formas de geometria complexa.

e com materiais variados, que podem ser tocadas.

Uma exposição como essa permite divulgar ao grande público as possibilidades dos novos sistemas de produção. Mas, embora extremamente importante, a divulgação apenas não é suficiente. Para que o uso das novas tecnologias no cotidiano se torne realidade é preciso incluir esse conhecimento na formação de designers e arquitetos, e oferecer serviços especializados para a execução dos projetos.

DO PROJETO À REALIZAÇÃO

Tendo em vista a necessidade de formar profissionais que saibam tirar proveito dos novos métodos de

1

De Ammar Elouéine, a peça CoReFab 11624-11644 é feita de poliamida e náilon

2

Cadeira Solid C2 M de Patrick Jouin. De estereolitografia/resina epóxi e revestimento metálico (bronze e níquel)

3

Mobiliário materializado a partir de um esboço, assinado por Sofia Lagerkvist, Charlotte von der Lancken, Anna Lindgren e Katja Sävström, utiliza pó termoplástico

4

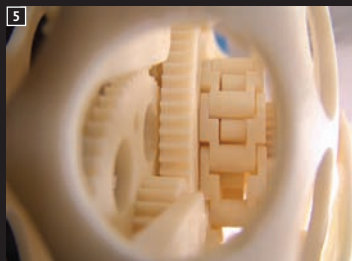
Monocoque, de Neri Oxman. Reprodução à escala da obra, criada para a exposição *Design and the elastic mind*. Em compostos de polímeros.

5 FORMAÇÃO EM DESIGN E FABRICAÇÃO DIGITAL EM BARCELONA

5 Relógio impresso em 3D, de Peter Schmitt e Robert Swartz. Modelado por deposição de material fundido (FDM)

6 Vestido de Janne Kyttänen e Jiri Evenhuis feito com poliamida sinterizada com laser

7 Sapatos Head over Heels sinterizado com laser, assinado por Sjors Bergmans



Em termos mundiais, pode-se dizer que os laboratórios de fabricação digital de maior prestígio encontram-se no Massachusetts Institute of Technology (Cambridge), na Architectural Association (Londres) e no ETH (Zurique), com recursos que podem chegar à utilização de robôs. No caso do sul da Europa, Barcelona se destaca com uma oferta cada vez mais abrangente. Pioneira no uso de tecnologia digital, a Universitat Internacional de Catalunya - EsArq foi a primeira faculdade de arquitetura da Espanha a contar com um laboratório de fabricação digital. Em 2000 usava o software Rhinoceros (McNeel), e uma máquina CNC. O inovador curso de pós-graduação intitulado Arquitecturas Genéticas, hoje BioDigital Architecture, formou uma série de arquitetos que hoje dão aulas nessa área. Atualmente a EsArq/UIC dispõe de uma fresadora CNC da marca AXYZ, uma cortadora a laser de grandes dimensões e uma impressora 3D da marca Z-Corp. Além disso, conta com microscópios da Faculdade de Engenharia Genética e Biologia, cujos professores “geneticistas” também dão aulas no curso de mestrado. Todos os alunos de graduação podem utilizar as três máquinas digitais. Com objetivos didáticos, e de maneira paulatina, já desde o primeiro ano os alunos utilizam esses recursos. Aulas de geometria descritiva, por exemplo, são dadas com o suporte de software CAD, o que faz com

que os alunos se familiarizem desde cedo com a tecnologia.

Outro centro de destaque é o Instituto de Arquitectura Avançada de Catalunya (Iaac), que também oferece curso de pós-graduação nessa área. O Iaac conta com as mesmas tecnologias mencionadas anteriormente e também com uma cortadora laser de grande potência capaz de cortar chapas de aço. Recentemente essa instituição abrigou o SmartGeometry, um importante evento internacional de modelagem paramétrica. O Iaac também faz parte da rede internacional de laboratórios de fabricação digital criada pelo MIT, os FabLabs.

Percebe-se, por parte de todas as escolas de design e arquitetura, uma necessidade emergente de criar esses laboratórios, que estão se convertendo em um excelente complemento a todas as disciplinas ligadas ao design. Como dizia Marshall McLuhan, “Todos os meios são uma prolongação de alguma faculdade humana, psíquica ou física. A roda é uma prolongação do pé. O livro, uma prolongação do olho. A roupa, uma prolongação da pele. O circuito elétrico, uma prolongação do sistema nervoso central. O homem se transforma.” Já é possível assumir o computador como uma prótese do cérebro, e utilizar máquinas de controle numérico como uma extensão de nossas capacidades físicas e de manipulação da matéria.

produção, as escolas de design e de arquitetura de Barcelona incluem disciplinas obrigatórias nos programas de graduação e pós-graduação e oferecem cursos livres de atualização para profissionais.

Contudo, de nada adiantaria a formação de profissionais se a cidade não tivesse empresas que oferecessem um serviço especializado de execução de projetos com técnicas de fabricação digital. Não estamos falando apenas da disponibilidade de equipamentos. Existe um longo caminho a ser percorrido entre a peça projetada e a peça executada, entre o modelo 3D virtual e objeto físico. A expressão “file to factory” (do arquivo à fábrica) esconde o fato de que o modelo virtual precisa, na maioria dos casos, ser corrigido, adaptado, preparado e transformado em código de máquina para que possa ser compreendido pelos equipamentos de fabricação digital. No caso da fabricação aditiva é preciso muitas vezes ajustar a espessura do modelo para evitar o uso excessivo de material. Já nas técnicas de fabricação subtrativas é necessário realizar um cuidadoso planejamento da usinagem, especificando o diâmetro das ferramentas, bem como seu percurso e a estratégia de desbaste. Nessas etapas, que exigem grande experiência e

aplicativos especiais, são decididas questões como textura, acabamento e montagem das peças.

A FABRICAÇÃO DIGITAL NA PRODUÇÃO DO ESPAÇO CONSTRUÍDO

O emprego das técnicas de fabricação digital na produção de edifícios – ou partes deles – ainda é muito limitado no Brasil.

A questão da formação já começa a ser tratada, com a criação de laboratórios de fabricação digital em escolas de arquitetura, como o pioneiro Lapac na Unicamp, e cursos abertos para profissionais. Alguns exemplos foram os workshops durante o congresso Sigradi 2009, realizado na Universidade Mackenzie, e o workshop oferecido por Franklin Lee e Anne Save de Beaurecueil, com o apoio de Regiane Pupo, em julho de 2010 em São Paulo, dentro de um programa de cursos internacionais da AA de Londres. Os resultados desses workshops já começam a ser expostos e publicados, ajudando a divulgar as novas técnicas no Brasil, mas até o momento não houve nenhuma grande exposição sobre os meios de produção pós-industrial, como a do DHub.

Contudo, a questão do oferecimento de serviços parece ser o principal gargalo. Existem no Brasil



8 Flauta impressa em 3D, de Amit Zoran e Robert Swartz. ABSi/FDM, com Fortus Titan

9 Anéis Ciclo Celular, de Jessica Rosenkrantz e Jesse Louis-Rosenberg, de nylon

10 11 Spiral Panel, no Restaurante do Hotel Torres Fira (Toyo Ito). Produzido por MedioDesign, em Barcelona

empresas que dispõem de equipamentos para executar aplicações de fabricação digital na arquitetura, em especial no que se refere às tecnologias subtrativas. Mas não se trata apenas da disponibilidade de equipamentos. O Brasil já possui algumas empresas de prototipagem rápida aplicada ao desenvolvimento de produtos, mas ainda carece de empresas especializadas que ofereçam as condições necessárias para a realização de projetos de arquitetura e design utilizando técnicas de fabricação digital. Trata-se, portanto, de um círculo vicioso. As máquinas estão disponíveis, mas quem as usa não tira proveito delas como poderia. Os arquitetos, por outro lado, não propõem um uso mais arrojado dos equipamentos por não conhecerem suficientemente suas possibilidades.

Finalmente, é preciso dizer que a fabricação digital não substitui os elementos produzidos em série nem os elementos artesanais. Ela ocupa um nicho de produtos com geometria complexa, que precisam ter excelente acabamento e constituem-se em peças únicas ou séries muito pequenas, cuja industrialização por métodos mecânicos não se justifica. Os demais meios de produção não serão substituídos pela fabricação digital, mas ela resolve casos que o artesão e a indústria não poderiam resolver. O arquiteto precisa conhecer todas as possibilidades de produção. Assim como os arquitetos das décadas de 1960 e 1970 aprenderam a projetar explorando as possibilidades de uso de pré-moldados, os arquitetos contemporâneos devem projetar levando em conta as possibilidades também da fabricação digital.

ESTUDO DE CASO

O Spiral Panel é um painel de formato cilíndrico de grandes dimensões no recém-inaugurado hotel Torres Fira (L'Hospitalet del Llobregat, Barcelona), com arquitetura de Toyo Ito. Para a realização do projeto, a equipe de Toyo Ito entrou em contato com a MedioDesign, de Barcelona, um ateliê especializado na fabricação de peças únicas e de séries limitadas. O ateliê conta com programas de design avançado, programação de máquinas CNC (sistemas CAD-CAM) e dispõe de uma máquina fresadora de três eixos com câmbio automático de ferramentas. Para surpresa do arquiteto Juan Pablo Quintero, diretor da MedioDesign, a equipe de Toyo Ito apresentou inicialmente desenhos feitos à mão onde apenas se intuía que se tratava de um "pattern" que deveria se proliferar por uma superfície. Não dispunham de conhecimentos de fabricação digital, e nunca haviam visto uma máquina CNC. O MedioDesign se colocou como um intermediário entre o designer e a materialização de suas ideias. Materiais e técnicas de montagem, acabamentos e programação são os recursos que o ateliê oferece aos designers. Nesse caso, assumiu-se também a modelagem geométrica em plataforma CAD.

Um engenhoso processo idealizado por MedioDesign possibilitou a instalação dos painéis em tempo recorde, com o uso de materiais de baixo custo (MDF hidrófugo). Após a fresagem, os painéis foram laqueados. Neste trabalho destaca-se a execução de ranhuras na parte posterior dos painéis para que eles pudessem ser encurvados, bem como a solução de encaixes e fixação sobre a parede.

BIBLIOGRAFIA

MCLUHAN, Marshall. *El medio es el mensaje*. Paidós. Barcelona. 1997
 FURTADO Silv, N.; BRIDGES, A. H. e LIMA, E. M. *A indústria da construção civil está pronta para a fabricação digital e a customização em massa? Uma pesquisa sobre um caso brasileiro*. Anais do SIGraDi 2009, São Paulo, 2009.
 Exposição *FullPrint3d - Printing Objects* no DHub. <http://www.dhub-bcn.cat/en/node/366>
 Laboratório de Fabricação Digital do Dhub. www.dhubfab.com
 Tooling Group. www.toolinggroup.org
 Medio Design. www.mediodesign.com
 Lapac-Unicamp. www.fec.unicamp.br/~lapac
www.biodigitalarchitecture.com
www.additivemanufacturingforum.org
www.smartgeometry.org

AGRADECIMENTOS

REGIANE PUPO, pós-doutoranda do Lapac-Unicamp, por sua contribuição na definição das técnicas de fabricação aditiva.

AFFONSO ORCIUOLI é arquiteto, pesquisador e professor em Barcelona, candidato a doutor pela EsArq - UIC (www.orciuoli.net).

GABRIELA CELANI é doutora pelo MIT e é professora da Unicamp, onde coordena o Lapac.

IMAGENS

1/6 Affonso Orciuoli 2 Thomas Duval 3/4/5/7/8/9 divulgação DHub 10 Javier Tles 11 María León