

arq|lab

ARQUITECTURA E ARTE

Maio 2009 | €5,50

Neutelings Riedijk

Shuhei Endo

Ensamble Studio

Ventura Trindade

FARE

Plano B

Xefirotarch

Oyler Wu

Electroland

Nacho Carbonell

Edgar Martins

Victor Palla

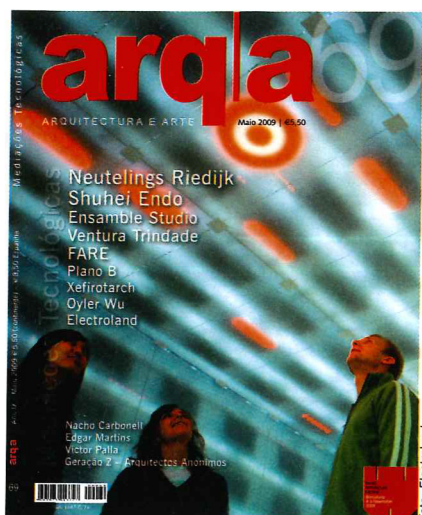
Geração Z – Arquitectos Anónimos



ISSN: 1647-077X

World
Architecture
Festival
Barcelona
4-6 November
2009

ÍNDICE materias



Electroland, Instalação "Target Breezeway Space", Nova Iorque, 2006

06 Editorial

Luís Santiago Baptista – *Mediações Tecnológicas: Entre o mundo físico e o campo digital*

08 News

14 Projectos

16 Neutelings Riedijk – *Instituto Holandês de Som e Imagem, Hilversum*

24 Shuhei Endo – *Casa "Bubbletecture", Sayo-cho, Hyogo*

30 Ensemble Studio – *Casa Hemeroscopium, Las Rozas, Madrid*

36 Ventura Trindade – *Estação Biológica do Garducho, Herdade dos Guizos, Mourão*

44 FARE – *Centro de Bem-Estar para Mulheres CBF, Ouagadougou*

50 Plano B – *Casa em Arruda dos Vinhos, Lisboa*

54 Xefirotarch – *Instalação "Sur", PS1 MoMA, Nova Iorque*

58 Oyler Wu – *Instalação "Live Wire", SCI-Arc Gallery, Los Angeles*

62 Electroland – *Instalação "Target Breezeway Space", Rockefeller Center, Nova Iorque*

64 Crítica

Diogo Aguiar e Gonçalo Furtado – *Modelação e Manufatura*

70 Design

Carla Carbone – *Nacho Carbonell: O lugar da matéria*

74 Artes

Sandra Vieira Jürgens – *Edgar Martins: Geometrias instáveis*

David Santos – *Victor Palla: Lisboa triste e alegre*

81 Opinião Paralelas & Perpendiculares

Baptista-Bastos – *A tecnologia torna o indivíduo mais frágil?*

82 Livros

Mário Chaves

84 Materiais

Materiais fornecidos pelas marcas

89 Indoors Cozinhas

Materiais fornecidos pelas marcas

99 Geração Z

Arquitectos Anónimos

Editor:

Futur magazine

Sociedade Editora, Lda

R. Alfredo Guisado, 39 – 1500-030 LISBOA

Telefone: 217 703 000 (geral)

217 783 504/05 (directos) Fax: 217 742 030

futurmagazine@gmail.com

arq|a

ARQUITECTURA E ARTE

www.revarqa.com – futurmagazine@gmail.com

Director

Luís Santiago Baptista

lsbaptista@revarqa.com

Redacção

Margarida Ventosa (Coordenação)

margaridav@revarqa.com

Baptista-Bastos (Opinião),

Bárbara Coutinho (Editor Design) Carla Carbone,

David Santos (Editor Artes)

Gonçalo Furtado (Editor Crítica),

Mário Chaves (Livros), Nadia R. Bento (Tradução),

Paula Melâneo, Sandra Vieira Jürgens

Director de Arte/Produção

Edmundo Tenreiro

Paginação e Imagem

Raquel Caetano

Bruno Marcelino (desenhos)

Edição web

Paula Melâneo

Direcção de Comunicação/Marketing

Maria Rodrigues

Telm. 918 203 966 • mrodrigues@revarqa.com

Publicidade – PORTUGAL

Clarinda Anágua

Telm. 919 957 890 • clarinda.anagua@revarqa.com

Jorge Reis

Telm. 917 585 310 • jorge.reis.pub@gmail.com

Maria João Melo

Telm. 968 030 327 • mjarqa@gmail.com

Publicidade – BRASIL

Jorge S. Silva

Tel. +55 48 3237 - 9201

Cel. +55 48 9967 - 4699

jssilva@matrix.com.br

Publicidade – ESPANHA

Pilar Trendero Comunicación

Tel. +34 936 918 447

info@pilartendero.com

Impressão

SIG - Sociedade Industrial Gráfica

Rua Pêro Escobar, 21

2680-574 Camarate

Distribuição

Logista Portugal

Area Ind. Passil, It 1-A, Palhavã

2894-002 Alcochete

Tiragem

10.000 Exemplares

Periodicidade

Mensal

ISSN: 1647-077X

ICS: 124055

Depósito Legal: 151722/00

Os artigos assinados são da inteira responsabilidade dos autores

DIOGO AGUIAR E GONÇALO FURTADO

1. Introdução

A circunstância contemporânea pós-industrial, em que hoje vivemos, encontra-se fortemente dependente das tecnologias digitais. Atente-se que convivemos com o plano educacional *"One Laptop Per Child"*¹ de Nicholas Negroponte, próximo da realidade para que este apontava em *"Being Digital"*². Paralelamente, ocorrem incontestáveis repercussões no campo da arquitectura. Como sintetizámos noutra ocasião: "um pouco por todo o lado implementa-se o modelo da Sociedade de Informação que se caracteriza pela centralidade que assume a informação e a comunicação e pelo acelerado ritmo de mudança. (...) Certo é que esta mutação transversal se instaura a toda a sociedade, como expressa o facto da Internet ter passado de mero recurso técnico a um verdadeiro fenómeno social económico e político. (...) A visibilidade das repercussões quotidianas da S.I. leva a supor como certo que as ressonâncias na arquitectura não tardem e torna pertinente analisar eventuais oscilações disciplinares ao nível da prática e da teoria."³

De facto, constata-se hoje que a arquitectura não é indiferente à omnipresença das tecnologias digitais. Com o desenvolvimento da computação e dos sistemas CAD, o desenho, enquanto método de criação arquitectónica, tomara o desafio de redefinir o seu âmbito, ampliando-se. Assim, o domínio de novos meios e geometrias, que conformaram novos espaços digitais de modelação projectual, levaria a uma redefinição metodológica no campo da representação e concepção arquitectónica. Em suma, o quadro tecno-cultural digital e físico – a que alude o título deste artigo – parece vir a caracterizar uma parte significativa da prática da arquitectura.

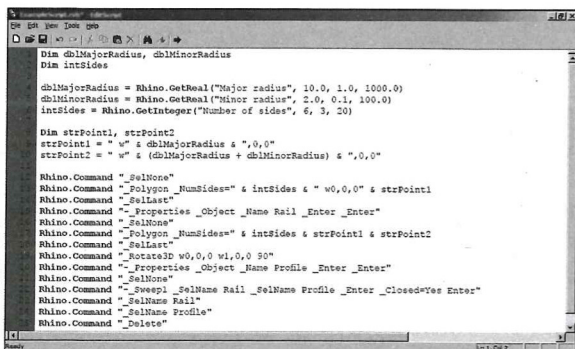
2. Modelação Geométrica

O desenho assistido por computador que, como por vezes assinalava Fernando Lisboa, é um desenho que deixa de ser desenhado para ser "construído", possibilita o controlo tridimensional de geometrias de grande complexidade, não-euclidianas, estendendo o campo de acção e o repertório linguístico e formal da arquitectura contemporânea. Deste modo, mais do que *"estiradores electrónicos"*⁴, os sistemas de desenho computacional consideram simultaneamente diversos parâmetros⁵,

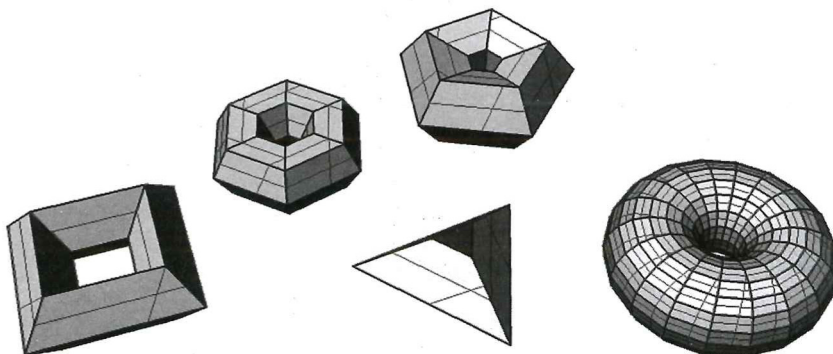
que poderão incluso assumir um papel na condução dos processos de concepção formal. É a performance interactiva das variantes que delimitam produtivamente o processo criativo, o qual opera a quatro (ou mais) dimensões, e a sua consequente transposição formal. Ao mesmo tempo, o modelo digital adquire enorme protagonismo, comportando intrinsecamente a informação requerida para a sua construção. No que reporta a esta realidade favorecida pela integração CAD/CAE/CAM – repetimos palavras anteriormente usadas. "Tende a conformar-se um novo ambiente de projecto que possui múltiplas potencialidades se entendermos os CAD como uma aportação metodológica e não só instrumental. Neste sentido o Projecto assistido por computador disponibiliza práticas de modelação e procedimentos generativos (representações dinâmicas integrais), aconselhamento inteligente (quando associado a sistemas de raciocínio baseado na casuística) e práticas colaborativas de rede, assim como oferece a possibilidade de concepção-manufatura-experiência (quando associados a softwares de gestão Parametric CAD e manufatura - CAD CAM)."⁶

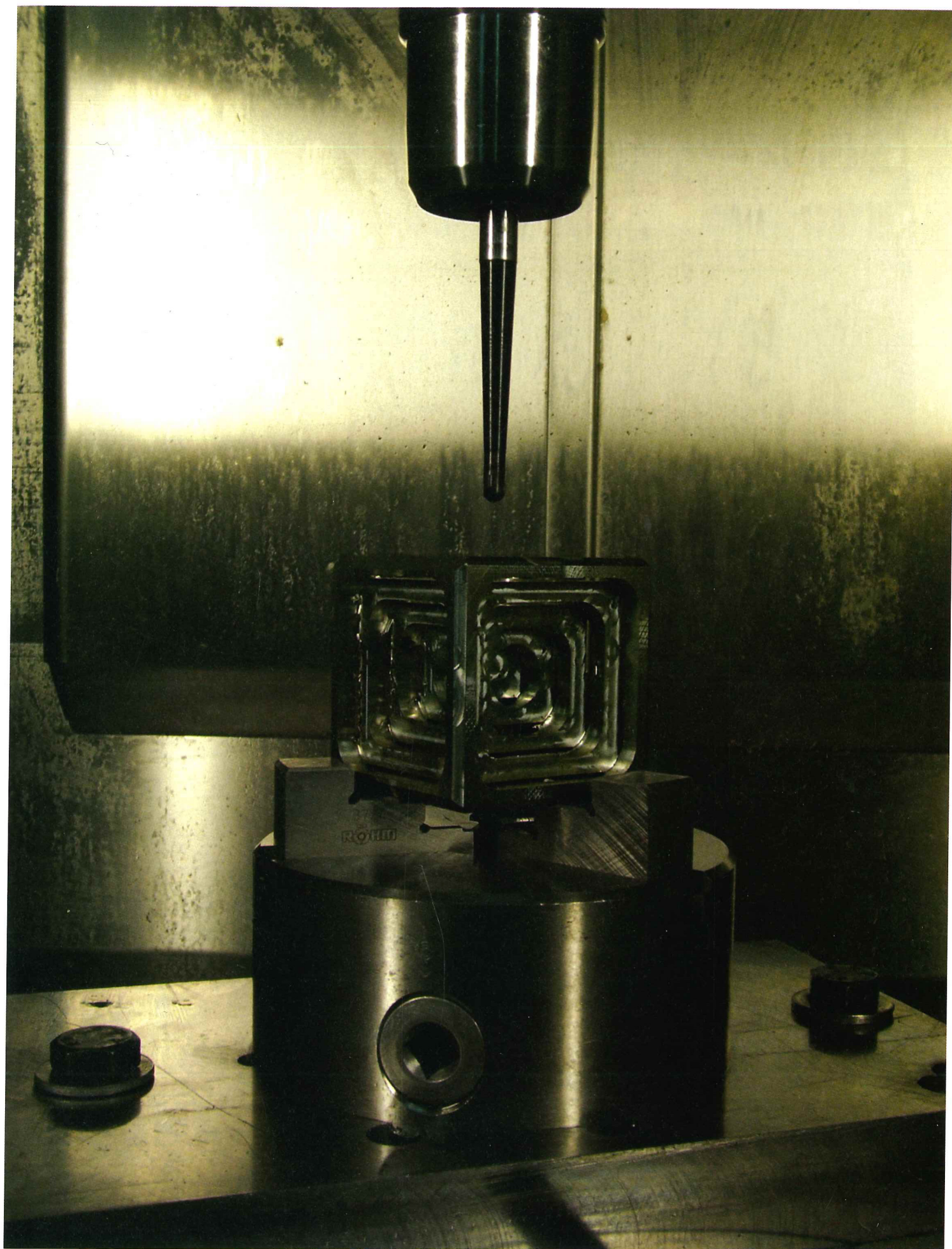
O desenho contemporâneo de concepção digital supera assim representações fixas, através de outras dinâmicas e vectorialmente definidas, que se constroem através de relações e associações topológicas, como logo evidenciado por William Mitchell e Malcolm McCullough.⁷ E, neste contexto, poderá, por exemplo, realçar-se a importância de "NURBS", um dos sistemas computacionais de modelação geométrica tridimensional universalmente mais adoptado⁸, caracterizado pela flexibilidade topológica das *"splines"* (e das superfícies por elas definidas), garantida pela sua definição vectorial. Graças à sua definição matemática, "NURBS" permite relacionar de um modo paramétrico, as dimensões físicas e outras variáveis do modelo tridimensional, de um modo que, quando se alteram os valores a elas intrínsecos, também a sua forma se altera, reconfigurando-se. Tratam-se de *"actualizações"* de um mesmo modelo, que portanto se assume como a-morfo.

Sobre este mesmo aspecto, gostaríamos de aludir a um carácter mais dinâmico do processo digital. Podemos dizer que, de certa forma, as novas maquetas (os modelos tridimensionais digitais) são disformes, no sentido em que não têm uma forma única referente que possamos

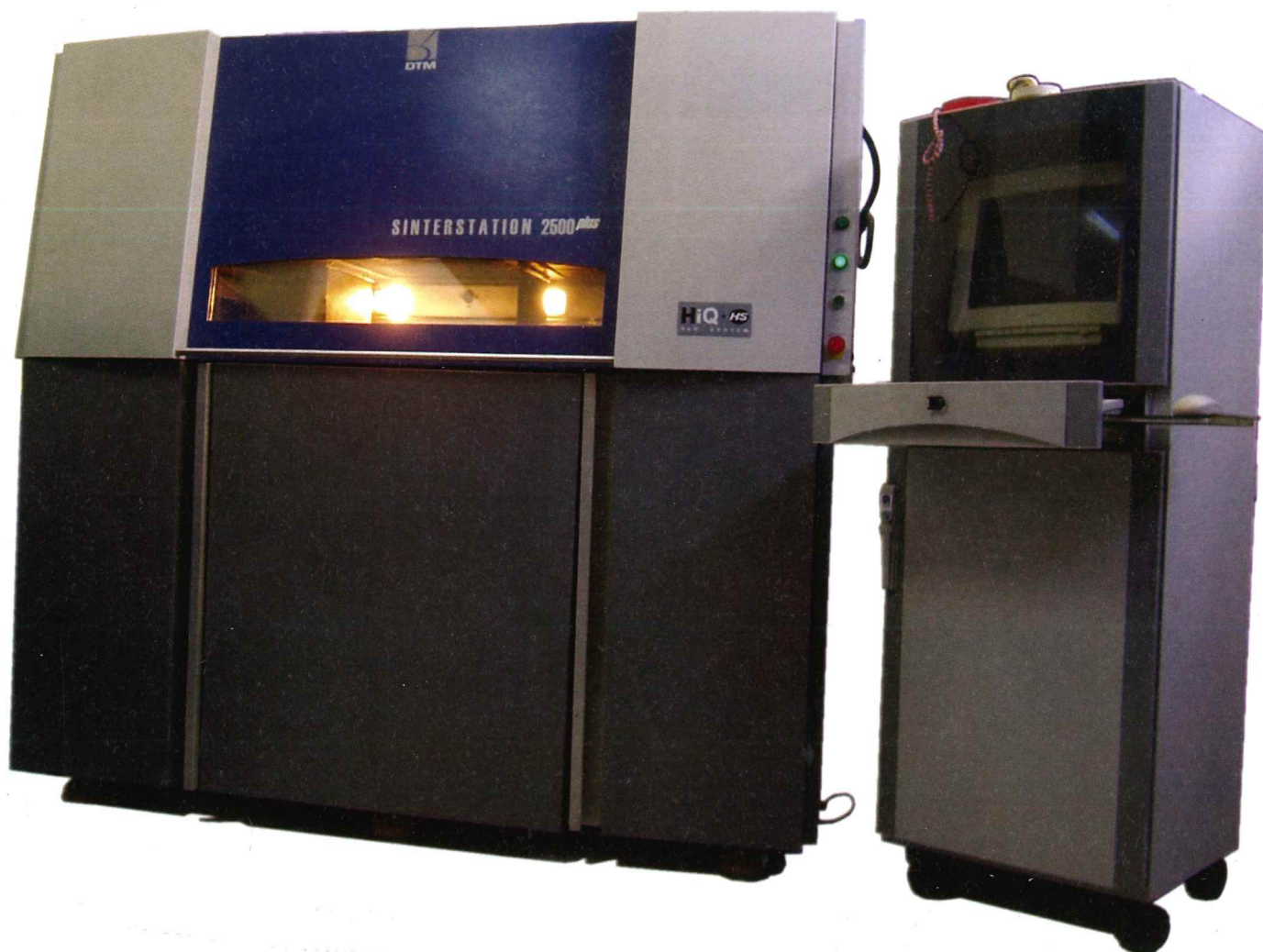


Script para Volumetria Toroidal. À esquerda a configuração de um script que, como um novo comando pretende automatizar a formalização de volumetrias toroidais; à direita algumas das suas possíveis configurações, considerando raio maior, menor e número de faces do polígono.





Maquinaria de 5 axis CNC-milling. Processo Subtractivo de Controle Numérico Computadorizado.



Maquinaria de SLS - "Selective Laser Sintering". Processo Aditivo de Prototipagem Rápida.

representar estaticamente. Com as novas tecnologias de "desenho e maquete", a forma vem literalmente de acordo com o processo de projecto, etc; e, neste suporte de projecto, estamos sempre a pensar/projectar uma solução que inclusive pode deixar de ser única e determinista. Deixa de ser um momento estático, como de resto acontecia muito com o desenho, maquete e projecto tradicionais. Por outro lado, e de um modo muito prático, a associação paramétrica permite também alterar um desenho ou modelo de um modo mais fácil, produzindo de forma interactiva alterações topológicas, sem que tal implique abdicar do trabalho prévio.

Portanto, pode dizer-se que um parâmetro é uma variável à qual outras variáveis estão relacionadas, mediante equações paramétricas, reagindo sempre em sua concordância. O arquitecto opera sobre e de acordo com os parâmetros em que está sistematizada a evolução do processo criativo, que por sua vez restringe o resultado final de acordo com as delimitações feitas pelo arquitecto. Refira-se que esta modelação dita paramétrica pode ser efectuada através da simples alteração "manual" das dimensões no modelo tridimensional digital, através de uma folha de cálculo ou ainda de um *script*. Referindo-se a este mesmo assunto, Patrik Schumacher alude ao crescente interesse pelas lógicas de programação aplicadas à concepção arquitectónica – correspondente a uma segunda fase do Digital –, afirmando que os "(...) métodos de produção digital estão a afastar-se do modo tradicional de construir os modelos geométricos digitais. Deixamos de desenhar, para passar a programar ("*scripting*"). Isto tem uma relação directa com a transformação dos requisitos da investigação. A programação exige um nível de abstracção que, mais do que reproduzir um resultado, informa a máquina de modo a que esta possa produzi-lo, promovendo um aumento exponencial de 'output' [...]." ⁹ Este autor assume, pois, alterações de nível metodológico que têm conduzido a uma automatização

do processo projectual. Em particular, é evidenciado o nível de abstracção necessário, que favorece as condições para uma solução, mais do que propriamente a solução em si, fomentando, a espontaneidade da mesma. Nesta mesma acepção, poderíamos evocar a definição de algoritmo por Fernando Lisboa, que o define como a solução capaz de dar forma a um problema, evidenciando a pertinência da sua utilização na concepção arquitectónica: "Se a definição exacta de algoritmo consiste, precisamente, numa sequência finita e ordenada de regras, instruções ou operações, afim de resolver uma determinada classe de problemas, então formalizar um problema é definir o algoritmo da sua solução. (...) O algoritmo (...) sendo, por um lado, condição suficiente para a formalização de um processo, de um fluxo de informações, é por outro lado condição necessária para a programação de máquinas lógicas."¹⁰

Por último, interessa referir que a exploração e o domínio dos novos sistemas computacionais deu origem a diferentes técnicas digitais de modelação geométrica tridimensional, que, ainda assim, podem inter-relacionar-se, tirando o máximo partido de cada uma.

3. Manufatura

Sendo rigorosamente definidos, através de precisas funções matemáticas, os modelos tridimensionais digitais em "NURBS" podem ser traduzidos, de um modo directo, '*file-to-factory*', para a maquinaria de fabrico. Tal abdica da rígida normalização que caracteriza os, assim obsoletos, desenhos de execução, pelo que a produção de desenhos bidimensionais de execução poderá mesmo deixar de fazer sentido. Por outro lado, nos modelos digitais podem encontrar-se intrinsecamente integradas propriedades materiais e estratégias construtivas inerentes à proposta, desde o início do processo de concepção. De facto, um dos aspectos mais interessantes das novas ferramentas e sistemas de projecto tem a ver com

As tecnologias digitais promovem, de facto, um enquadramento favorável à –“personalização em massa”. Conceito este que insinua que o fabrico de componentes diferenciados pode ser financeiramente equivalente à produção em série de elementos idênticos, superando os constrangimentos impostos pelo imperativo da estandardização. E tal comporta, como facilmente se perceberá, significativas repercussões no mundo da Arquitectura.

a indistincção entre a concepção, produção e experiência. Com os CAD-CAM, quando se “constrói” um desenho está-se também a “desenhar” os parâmetros de fabrico, transporte, montagem e gestão, codificados no próprio desenho. Este enfoque é relevante pois enfatiza um entendimento sobre o CAD em que o seu potencial está muito para lá do mero formalismo imagético computacional. Em oposição a esse entendimento redutor, o domínio de algumas destas ferramentas de resto desprivilegia meros interesses formalistas, permitindo o perseguir de uma solução e o contacto com o mundo concreto da realidade construtiva/tectónica. Ao encurtar de um modo significativo o ciclo, a integração CAD/CAM favorece ainda o controlo continuado de todas as etapas, desde concepção

inicial até ao acabamento final. Interessa pois referir que os sistemas de CAM continuam a permitir que, também nos processos digitais, seja possível a realização de rigorosas maquetas de estudo e apresentação e ainda a produção real de componentes de construção para a concretização do projecto. Tal ocorre mediante o recurso a distintos processos de fabrico, seleccionados consoante a pertinência em cada caso específico e que aqui interessa, sumariamente, descrever. Assim, nos sistemas de CAM, um modelo digital pode ser produzido, através de três distintas metodologias: operações aditivas (adição/aglomeração) no caso das RP machines, substractivas (corte ou remoção) e formativas (deformação) no caso das CNC machines.



Maquinaria de SLS - "Selective Laser Sintering". Processo Aditivo de Prototipagem

Refira-se que, já em meados dos anos 1990, Mitchell e McCullough defendiam, de modo pioneiro, a operatividade dos processos aditivos de Prototipagem Rápida para a prática de arquitectura, identificando cinco processos principais: “*Stereo Lithography Apparatus*” (SLA), “*Selective Laser Sintering*” (SLS), “*Fused Deposition Modeling*” (FDM), “*Laminated Object Manufacture*” (LOM) e “*3D-Printing*” (TDP).¹¹ Todos eles recorrem à sobreposição sucessiva de material, camada a camada, configurando o modelo através de diversos processos curativos, dependendo da tecnologia seleccionada.

O processo SLA, que tira partido dos materiais *fotopoliméricos* (tais como a resina *epoxy*), permite a realização de modelos complexos, ou mesmo ocos, já que o meio envolvente à produção é líquido, mas a sua resistência mecânica não é comparável com a dos modelos de SLS¹², pelo que necessitam de um tratamento pós-cura. Sem necessitar de criar suportes sólidos para partes sem apoio (ao contrário do que acontece em SLA), já que o material não sintetizado actua como suporte, os modelos dos processos SLS baseiam-se na fundição de finas camadas de pó de material plástico ou metal e são indicados para a produção de objectos complexos, com concavidades, necessitando, ainda assim de acabamento, dada a sua estrutura porosa e permeável. Relativamente à tecnologia FDM, que se baseia na extrusão de finos filamentos de termoplásticos que solidificam sob refrigeração, as estruturas de suporte (geralmente em cera solúvel em água) constituem-se como o único desperdício de material.

Os processos LOM, que se constroem a partir da sobreposição de folhas de material, não permitem a realização de modelos ocos e necessitam de um acabamento superficial, mas os modelos podem adquirir uma volumetria considerável¹³. Relativamente à tecnologia TDP, mais utilizada em ambiente de escritório, esta parte da sobreposição de camadas de pó (geralmente cerâmica), compensa-se a durabilidade das superfícies não for um requisito essencial, dado que os modelos resultantes são frágeis, mesmo depois do obrigatório acabamento térmico.¹⁴

Numa outra metodologia, destacam-se dois principais processos de carácter subtrativo e que utilizam sistemas de subtracção, remoção, ou desbaste de material, recorrendo ao controlo simultâneo de dois, ou mais eixos de acção: CNC-cutting (2D) e CNC-milling (3D), respectivamente. O primeiro consiste num processo de fabrico bidimensional, sendo provavelmente a tecnologia de manufactura assistida por computador mais utilizada, devido ao seu custo acessível e à capacidade de produzir objectos de dimensão considerável. Relativamente ao segundo processo, este fabrica objectos tridimensionais, tendo sido já usado para a produção de diversos componentes finais de construção (tais como paredes de pedra, moldes para cofragens de betão armado, moldes para modelação de vidro, etc.).

A última das metodologias anteriormente referidas relaciona-se com os processos formativos, que não adicionam nem subtraem material, consistindo na sua deformação, também ela controlada numericamente por computador, geralmente denominados por CNC-bending. O processo ocorre sobretudo mediante a acção mecânica e/ou por aquecimento e permite a produção de componentes finais de construção realizados à escala real.

Note-se que, contendo em si toda a informação necessária, o modelo tridimensional digital é, como fomos enfatizando, condição suficiente e, ao mesmo tempo, imprescindível para a sua própria produção/construção. Assim, a computação – modelação geométrica – dos modelos digitais garante, automaticamente, a exequibilidade da sua manufactura/construção, superando constrangimentos impostos pela geometria euclidiana e pela lógica da repetição. Como fora já sintetizado por José Pedro Sousa e Gonçalo Furtado, “com a associação às tecnologias de manufacturação [...] decorrem mecanismos capazes de materializar a informação proveniente da realidade sintética das aplicações CAD, estabelecendo uma ligação directa e efectiva entre projecto, propriamente dito e a construção [...] criando condições para uma revisão de alguns conceitos que se tornaram dominantes, como o de standardização.”¹⁵ Em suma, as tecnologias digitais promovem, de facto, um enquadramento favorável à “personalização em massa”. Conceito este que insinua que o fabrico de componentes diferenciados pode ser financeiramente equivalente à produção em série de elementos idênticos, superando os constrangimentos impostos pelo imperativo da standardização. E tal comporta, como facilmente se perceberá, significativas repercussões no mundo da Arquitectura.

4. Técnicas de Construção

Pode deduzir-se que a concepção de formas geometricamente complexas, digitalmente concebidas, aponta em sentido lato para um reposicionamento da técnica, da tectónica e da construção de arquitectura. Para indagar e considerar a construção de complexas formas ‘non-standard’, diferencie-se também aqui as estratégias de fabrico tridimensional e as de fabrico bidimensional. Relativamente às primeiras, dadas as reduzidas dimensões dos objectos possíveis de produzir com os referidos processos de fabrico tridimensional disponíveis, verifica-se mais frequentemente a sua utilização ao nível do detalhe arquitectónico ou, ainda, para a produção de elementos enquanto componentes de um todo. Aqui, a volumetria inicial é dividida em partes menores – os componentes –, variando a sua dimensão consoante a tecnologia utilizada. Obtidas as peças finais, assiste-se ao montar de um enorme *puzzle* tridimensional, que configura a volumetria final. Por vezes, para a sua montagem *in loco*, recorre-se, igualmente, a tecnologias digitais.¹⁶

Numa outra perspectiva, o recurso a processos de fabrico bidimensional obriga, necessariamente, a uma reinterpretação da volumetria inicialmente concebida. Procura-se obter um volume (tridimensional) através de uma sucessão de elementos bidimensionais, sendo beneficiadas as aproximações geométricas que melhor descrevam a forma tridimensional inicial. De acordo com Branko Kolarevic, “as estratégias de produção usadas na fabricação 2D incluem, geralmente, o contorno, a triangulação (ou a ‘tessellation’ poligonal), o uso de ‘ruled’, ‘developable surfaces’ e o desdobramento. Todas elas envolvem a extracção de componentes bidimensionais, planos, de superfícies ou sólidos, geometricamente complexos e definidores



Maquinaria de 5 axis CNC-milling. Processo Subtractivo de Controlo Numérico Computadorizado.

da forma do edifício. Qual destas estratégias é usada depende daquilo que se pretende definir construtivamente: a estrutura, a fachada, uma combinação dos dois, etc.”¹⁷

A título de conclusão, gostaríamos de constatar que observando algumas arquitecturas com formas não-euclidianas, geometricamente complexas, que pontualmente foram surgindo ao longo do último século na História da Arquitectura, verifica-se que, efectivamente, muitas foram produzidas com recurso a elementos bidimensionais e estratégias geométricas semelhantes.¹⁸ Neste sentido, as estratégias referidas por Kolarevic

não seriam novidade e/ou exclusividade da utilização das tecnologias digitais na concepção de arquitectura. No entanto, estas vieram, indubitavelmente, torná-las mais acessíveis à prática quotidiana do ‘arquitecto comum’, sugerindo vários caminhos possíveis para a construção de formas ‘non-standard’. Saliente-se, assim, o papel que a tecnologia computacional possui ao permitir considerar, repensar, modelar e construir novas geometrias de modo cada vez mais empírico e intuitivo. Por tudo isto, o impacto ao nível da prática e também das linguagens da Arquitectura poderá ser, no mínimo, significativo. ■

1 Em particular, em Portugal, o governo implementou o computador ‘Magalhães’, que resulta de uma parceria com a ‘Intel’. Note-se que a ‘Intel’ se desvinculou recentemente do referido projecto ‘One Laptop Per Child’.

2 NEGROPONTE, Nicholas, *Ser Digital*, Lisboa: Caminho, 1996 [1995].

3 FURTADO, Gonçalo, “Arquitectura e Sociedade da Informação”, in: FURTADO, Gonçalo e BRAZ, Rui (ed.), *Arquitectura e Sociedade de Informação*, Porto, FAUP: 2002, pág.9.

4 ALVES, Fernando, BRAGA, Fernando, SIMÃO, Manuel, NETO, Rui e DUARTE, Teresa, *ProtoClick – Prototipagem Rápida*, Porto: ProtoClick, 2001, pág.10

5 Estes poderão ser de ordem funcional, programática, tipológica, geométrica, ambiental, social, construtiva, estrutural, financeira, etc.

6 FURTADO, Gonçalo, “Arquitectura e Sociedade da Informação”, in: FURTADO, Gonçalo e BRAZ, Rui (ed.), *Arquitectura e Sociedade de Informação*, Porto, FAUP: 2002, pág.11.

Veja-se também: FURTADO, Gonçalo, “Interferências do Digital na Arquitectura” (Tese de Mestrado), Barcelona: Universidade Politècnica de Catalunya, 2000.

7 MITCHELL, William e MCCULLOUGH, Malcolm, *Digital Design Media* (2nd ed.), Nova Iorque: Wiley, 1995 [1991], pág.133.

8 KOLAREVIC, Branko (ed.), *Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age*, Nova Iorque: Taylor&Francis, 2003, pág.15.

9 SCHUMACHER, Patrick, “From Drawing to Scripting” in O1 AKAD, “Experimental research in Architecture and Design – Beginnings”, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2005. Disponível em: <http://patrickschumacher.com>.

10 LISBOA, Fernando, *Desenho de Arquitectura Assistido por Computador*, Porto: FAUP Publicações, 1997, pág.13.

11 MITCHELL, William e MCCULLOUGH, Malcolm, *Digital Design Media* (2nd ed.), Nova Iorque: Wiley, 1995 [1991], págs.427-431.

12 ALVES, Fernando, BRAGA, Fernando, SIMÃO, Manuel, NETO, Rui e DUARTE, Teresa, *ProtoClick – Prototipagem Rápida*, Porto: ProtoClick, 2001, pág.72.

13 ALVES, Fernando, BRAGA, Fernando, SIMÃO, Manuel, NETO, Rui e DUARTE, Teresa, *ProtoClick – Prototipagem Rápida*, Porto: ProtoClick, 2001, pág.62.

14 Outros processos de prototipagem rápida estão em desenvolvimento, embora muitos se assemelhem aos já enunciados, apresentando-se como meras variações sobre o mesmo método, muitas vezes patenteado. Importa referir, em particular, o processo *Electron Beam Melting* (EBM), que fabrica peças metálicas pela da fusão de pó metálico, através de um feixe de electrões, num espaço em vácuo. Ao contrário de SLS, os modelos finais são totalmente sólidos (livres de ‘buracos’) e extremamente resistentes.

15 FURTADO, Gonçalo e SOUSA, J. Pedro, “Espaço real e espaço virtual” in *Arquitectura e Vida*, vol. 20, Outubro de 2001b, pp.127.

16 Frank Gehry, *Guggenheim Museum*, Bilbao, Espanha, 1997.

17 KOLAREVIC, Branko (ed.), *Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age*, Nova Iorque: Taylor&Francis, 2003, pág.43.

18 Ainda sem poder recorrer à maquinaria controlada por computador, os ditos edifícios foram construídos, muitas vezes, obedecendo a regras geométricas regradas, que afinal são relativamente simples, quando equacionadas perante a sua complexa aparência.