

## Será o digital um equívoco na Arquitetura?

Sara Eloy, ISCTE-IUL/ADETTI-IUL, Portugal, sara.elay@iscte.pt

André Cruz, ULHT, Portugal, andre.cruz@ulusofona.pt

### Resumo

Neste artigo discutem-se os caminhos de investigação e prática que relacionam o uso da tecnologia digital no processo de projeto em Arquitetura e ainda a pertinência do seu uso no contexto atual nacional e internacional.

Questionamo-nos se existe o perigo da tecnologia digital excluir o papel e a criatividade do arquiteto ou se esta poderá ser um trampolim para explorar essa mesma criatividade. Para isso é feita uma descrição sumária das hipóteses digitais atuais em contexto de projeto de arquitetura as quais são analisadas sob o ponto de vista do seu impacto conhecido no processo de projeto. São mostrados alguns exemplos desse impacto e é discutido o seu papel enquanto ferramentas e metodologia de projeto.

Palavras-chave: digital, computação, conceção, simulação, fabricação

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): "Será o digital um equívoco na arquitetura?" In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

## Introdução

Os estudos sobre métodos em projeto desenvolvidos na década de 60 constituíram um dos primeiros passos para a discussão sobre qual o papel do computador no trabalho do arquiteto. Desde então as tecnologias digitais têm, de diferentes modos, feito parte do trabalho desenvolvido pelos arquitetos, gerando frequentemente alguma polémica.

As tecnologias CAD, que surgiram nos anos 60 e começaram a ser massivamente utilizadas nos anos 80, alteraram vários aspetos do processo de projeto mas, apesar das potencialidades das novas ferramentas, o seu uso focou-se essencialmente na representação do projeto e na realização de modelos 3D com o objetivo de gerar *renders* foto-realísticos para vender a imagem final dos projetos. De facto, a modelação tridimensional dos edifícios era feita essencialmente para ilustrar o projeto e não como método de validação e exploração das soluções propostas quer ao nível funcional quer ao nível construtivo. Foi durante os anos 90 que se iniciou a utilização de ferramentas de fabricação digital e scan 3D em arquitetura (Mitchell e McCullough 1994) assim como a definição de alternativas de projeto com base em ferramentas digitais paramétricas. (Hensel *et al* 2010)

Apesar da clara predominância do uso de ferramentas digitais, é um facto que estas continuam a ser olhadas com desconfiança por muitos. Mitchell e McCullough (1994: 464) explicam que as novas ferramentas disponíveis em cada período da história parecem-nos geralmente estranhas em contraste com as que as precederam.

Não sendo o uso da tecnologia em si considerado um modo de fazer arquitetura interessa-nos discutir o papel que a tecnologia digital tem tido na arquitetura contemporânea, assim como analisar quais os reais benefícios do seu uso e em que contextos esses benefícios são ou não desejáveis e pertinentes.

As crescentes exigências e conseqüente especialização no projeto de arquitetura e na construção são causas da necessidade de maior controlo e rigor e melhor desempenho dos espaços construídos. A tecnologia digital é utilizada como ferramenta auxiliar do projeto e da construção na medida em que permite fazer avaliações e diagnósticos informados, decisões fundamentadas em dados quantificáveis e maior possibilidade de responder adequadamente às diversas exigências da construção. Desde a fase de levantamento e análise à escala urbana ou à escala do edifício, passando pela fase de geração de soluções de projeto que cumpram requisitos predefinidos, e pela fase de simulação (digital e/ou física) e avaliação das soluções, a tecnologia digital tem vindo a apresentar ferramentas que complementam e auxiliam o processo tradicional de projeto.

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): "Será o digital um equívoco na arquitetura?" In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

Neste artigo pretende-se começar por fazer uma descrição sumária das ferramentas digitais que atualmente têm mostrado ser úteis ao desenvolvimento do projeto de arquitetura e a sua ligação a outras áreas como a robótica, a biologia e a eletrónica. Sobre estas ferramentas procura-se compreender como estas podem intervir nas várias fases de projeto desde as fases iniciais de geração até à fase de construção.

Na segunda parte deste artigo apresentam-se algumas experiências feitas quer ao nível da investigação quer ao nível da prática profissional, e ainda considerações sobre se, no contexto do ensino e da prática de arquitetura, o domínio das ferramentas digitais é atualmente uma opção ou uma necessidade inevitável.

## **Hipóteses digitais**

### *Os processos generativos, os algoritmos e a personalização*

As linguagens generativas de projeto constituem práticas ou procedimentos que, colocados em movimento, adquirem autonomia e geram diferentes resultados pertencentes a uma família ou linguagem. Estes procedimentos, que constituem conjuntos de regras ou algoritmos, podem basear-se em linguagens naturais de computação ou em procedimentos implementados num computador.

Nos processos generativos não se procura a forma final mas sim o processo que permite gerar diferentes formas possíveis. Nesta lógica, a uma ideia é associado um conjunto de regras (algoritmo) que abstraem essa ideia. Através da programação esse algoritmo é corrido com diferentes valores de parâmetros e os resultados são observados e validados pelo designer que pode, se necessário, redefinir as regras ou os parâmetros para obter outras soluções.

A maioria dos processos generativos de projeto baseia-se em modelação paramétrica realizada com recurso a diversos ambientes de programação e *scripting* associados a *software* gráfico.

De entre as linguagens generativas de projeto, as gramáticas de forma, que surgiram há mais de 30 anos com Stiny e Gips (1972), são sistemas de algoritmos desenvolvidos para gerar e compreender composições gráficas através da computação direta, que utiliza formas, em substituição da computação indireta que utiliza textos ou símbolos (Knight 2000). Tal como outros processos generativos, uma gramática de forma é constituída por um conjunto de regras que, após aplicadas, geram linguagens de desenho. As diversas soluções geradas através de um processo generativo são adequadas, já que respondem a critérios definidos *a priori* e são personalizáveis já que permitem responder a requisitos diversificados quer seja do cliente quer seja do contexto (Duarte 2001).

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): "Será o digital um equívoco na arquitetura?" In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

### *As propostas vindas do biomimetismo*

Paralelamente à exploração atual de padrões e formas complexas tem havido um crescente interesse na investigação sobre otimização de materiais e processos de construção. Estas linhas de investigação tocam frequentemente conceitos de biomimetismo, morfogénese e emergência apoiadas na exploração de sistemas generativos. A natureza, sustentável por definição, produz soluções duradoras de máximo desempenho com o mínimo de recursos (Oxman 2010). Esta capacidade de plena integração e precisão das estruturas naturais permite-lhes adaptarem-se às restrições do meio exterior.

O trabalho de Neri Oxman no MIT tem sido pioneiro na área da investigação em geração computacional da forma, com inspiração na natureza. Oxman (2010) procura inverter a ordem tradicional do processo de projeto colocando a materialidade como o motor generativo ao invés da forma.

À complexidade das formas naturais surgiram como resposta a utilização de sistemas generativos computacionais e, nos anos 90, a possibilidade de usar curvas NURBS nos *software* CAD abrindo assim um novo leque de formas para a arquitetura (Scheurer 2010). Apesar de ainda se encontrar numa fase de plena experimentação, a aplicação das lógicas da natureza à construção pretende que esta responda de modo flexível e eficiente às variações de exigências.

### *Os ambientes imersivos*

O melhoramento da interação homem-máquina através do desenvolvimento de modos de comunicação mais naturais, *p.e.* através do gesto ou da voz, tem vindo a permitir que as ferramentas digitais se aproximem mais da lógica natural de pensar e desenhar e que, por essa razão, a sua introdução no processo de projeto tenda a ser mais compreendida e aceite.

A modelação de cenas 3D em ambientes virtuais imersivos, nos quais são utilizados gestos naturais do operador (Araújo *et al* 2012), permite maior liberdade e uma maior aproximação àquilo que é o ato de desenhar ou de fazer uma maquete.

O uso de ambientes virtuais imersivos como a CAVE (*CAVE Automatic Virtual Environment*) permite simular cenários à escala real e criar experiências de utilizador ricas do ponto de vista visual, auditivo e incluindo a sensação de tato, temperatura, cheiro, etc. Este sistema permite aos utilizadores perceberem de modo imediato e em tempo real uma simulação virtual de um espaço bastante realista, interativo e à escala natural, ideal para perceber as dinâmicas espaciais<sup>1</sup>. Através de uma

---

<sup>1</sup> Programa do encontro “Arquitetura e Tecnologia” realizado no ISCTE-IUL em 19 de Julho de 2012 com coordenação de Sara Eloy, Miguel Sales Dias e Jorge d’Alpuim.

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): “Será o digital um equívoco na arquitetura?” In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

interface multimodal (fala, gesto do corpo e das mãos) o utilizador pode explorar e interagir, em tempo real, com o mundo virtual e obter informação útil em diversas fases de um projeto. A utilização desta tecnologia em fases iniciais, quer pelo arquiteto, quer pelo(s) futuro(s) utilizador(es), permite fazer uma avaliação pré-construção do espaço real, à escala real, numa fase em que qualquer alteração é ainda possível.

#### *A fabricação e a montagem*

A fabricação digital veio abrir novas possibilidades no processo que vai da conceção ao fabrico, aliviando constrangimentos de geometria e permitindo o fabrico de elementos customizados sem acréscimo de mão-de-obra e tempo.

Muito mais do que produzir maquetas à escala, a fabricação digital e as ferramentas que lhe estão associadas permitem produzir modelos à escala natural e com isto orientar o seu uso para métodos de produção pós-industrial que se manifestam como uma mudança do anterior paradigma da produção em massa repetitiva.

As tecnologias de fabricação digital utilizadas passam por diversos processos e máquinas, desde as subtrativas (aquelas que cortam e subtraem material como as fresadoras ou as cortadoras laser), às aditivas (que fabricam através do depósito de material, como as impressoras 3D) e às formativas (que deformam o material dando-lhe assim novas formas).

O uso da robótica na montagem das peças finais constitui um passo mais recente da fabricação digital, já que permite levar o rigor do fabrico de peças até ao seu posicionamento na construção permitindo uma correspondência perfeita entre o que foi concebido e o produto final que se encontra no terreno. Neste campo o trabalho de Gramazio & Kohler na ETH de Zurique tem sido pioneiro e permite-nos antecipar o que poderá vir a ser o futuro da construção, onde a integração se fará desde a conceção até à entrega do edifício pronto (Bonwetsch 2012).

#### **Do (não tão) básico CAD ao projeto generativo: investigação, ensino e prática**

Graças às tecnologias digitais, desde há vários anos, a relação entre a fase de conceção e de fabrico tem vindo a aumentar e a informação entre ambas é partilhada, sendo que esta partilha melhora consideravelmente o desempenho final do objeto construído.

Apesar disso, o ainda corrente uso do computador apenas como uma prancha de desenho, sem lhe fornecer “conhecimento” continua a traduzir-se numa perda de oportunidade. (Plácido e Eloy 2000: 225)

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): “Será o digital um equívoco na arquitetura?” In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

Tal como foi referido anteriormente os sistemas generativos de projeto permitem manipular diversos parâmetros necessários ao projeto (legislação, propriedades construtivas e materiais, dados do utilizador, parâmetros ambientais, etc). Um processo de projeto desenvolvido com base na manipulação dos diversos parâmetros, de acordo com variados contextos permite que, a partir de uma conceção “em massa”, sejam produzidos objetos únicos e personalizados.

As gramáticas da forma são processos generativos não determinísticos, já que permitem que múltiplos desenhos sejam gerados com base numa única linguagem, mas de acordo com diferentes escolhas tomadas ao longo do processo de geração. De facto, as gramáticas de forma não procuram encontrar uma solução para um problema de projeto mas sim múltiplas soluções baseadas no mesmo conjunto de regras ou critérios.

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): “Será o digital um equívoco na arquitetura?” In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

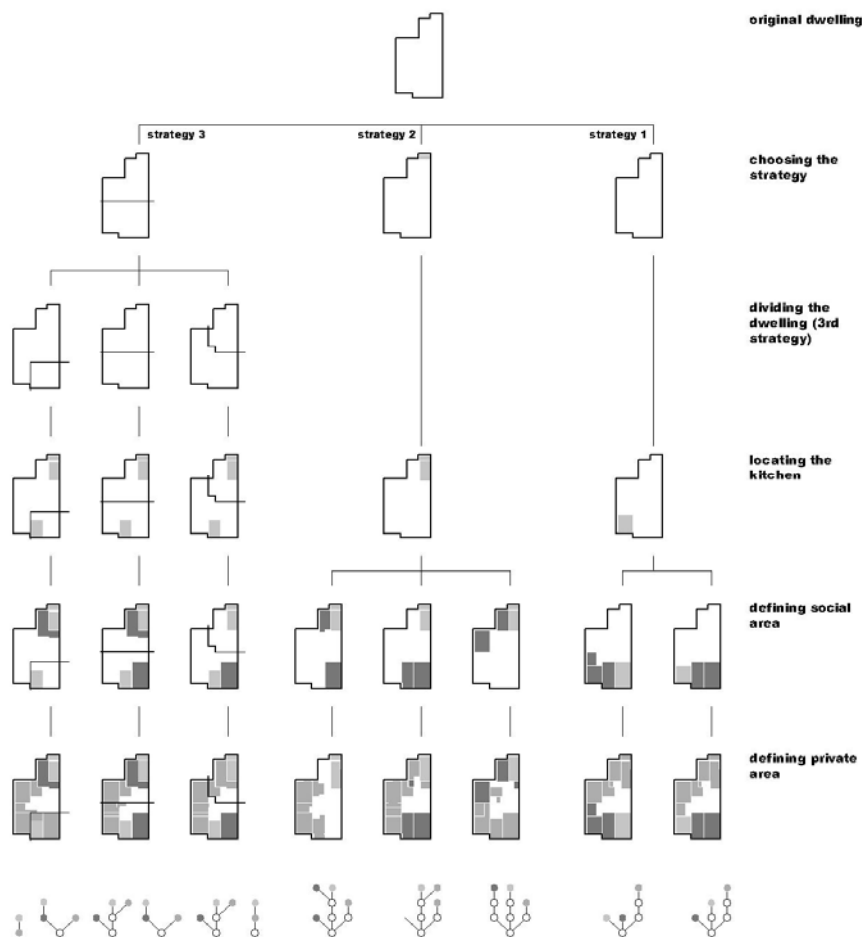


Fig. 1 – Árvore de derivação simplificada que ilustra diferentes soluções de projeto desenvolvidas através de diferentes estratégias de reabilitação com base na gramática de transformação dos edifícios “rabo-de-bacalhau” (Eloy 2012).

As gramáticas originais (Stiny 1976) e, de entre estas, as gramáticas de transformação em arquitetura (Eloy 2012), são linguagens generativas que permitem explorar soluções de desenho baseadas num vocabulário de formas, relações espaciais e condições. Estas podem ser usadas desde o início do desenvolvimento de um projeto, permitindo a exploração de variações (Fig. 1).

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): “Será o digital um equívoco na arquitetura?” In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

Numa gramática de forma desenvolvida como auxiliar ao projeto de arquitetura é necessário incorporar condições funcionais caso contrário estaríamos a tratar o problema como um “jogo de formas” (Mitchell 2008: 197). No caso de projetos de reabilitação arquitetónica, apesar destes serem frequentemente realizados caso a caso, é possível e desejável que se defina uma metodologia de projeto que suporte todo o processo e que forneça critérios comuns às intervenções a realizar. Esta metodologia vai permitir clarificar a tomada de decisões e acelerar todo o processo de projeto (Eloy 2012).



Fig. 2 – Desenho com estrutura de layers com toda a informação visível para determinado piso para a esc.1/50

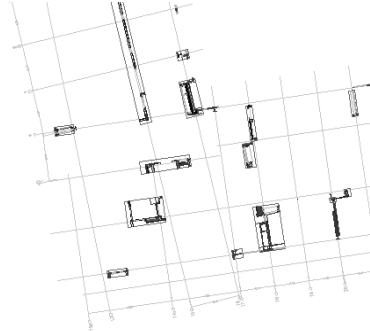


Fig. 3 – Desenho com estrutura de layers com toda a informação visível para determinado piso para a esc.1/5 e 1/2

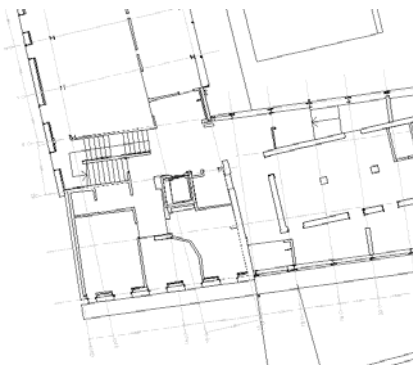


Fig. 4 – Desenho com estrutura de layers com a informação sobre elementos primários da construção para determinado piso

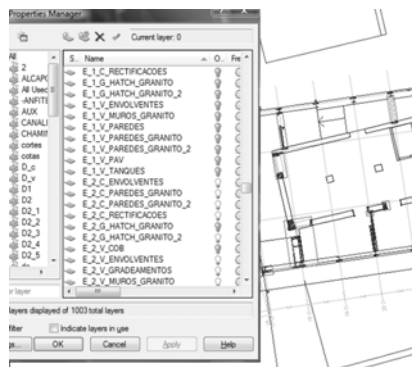


Fig. 5 – Janela da caixa de layers com identificação de filtros

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): “Será o digital um equívoco na arquitetura?” In proceedings of the 2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura., 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52



As regras incluídas na gramática de transformação dos edifícios “rabo-de-bacalhau” (Eloy 2012) pretendem representar o conhecimento do arquiteto, incluindo critérios e variáveis que condicionam a transformação dos fogos tais como: limites de demolição e de construção; características funcionais; características topológicas; características dimensionais, etc. É através destes critérios ou regras que a gramática de transformação vai gerar novas soluções de projeto, personalizadas para diferentes dados de programa (diferentes contextos familiares e diferentes fogos) (Fig. 1).

Ainda na fase de conceção e, também, numa fase de passagem do projeto à construção, a utilização de ferramentas digitais no desenho do projeto é vantajosa em inúmeros aspetos. Exemplo disso é a utilização da estrutura de *layers* proposta pela norma NP EN ISO 13567 (2002) que potencia a partilha eletrónica de documentos e permite dotar o sistema CAD de conhecimento acerca do desenho de construção. Apesar de a uniformização da nomenclatura de *layers* ser um procedimento com inúmeras vantagens para todos os intervenientes no sector da construção, a verdade é que a aplicação da norma portuguesa continua a ser preterida pelo “cada um por si”. De entre outras vantagens, a utilização de uma estrutura única e informativa de *layers* permite uniformizar os critérios de organização, aumentar o controlo da informação, utilizar um modelo gráfico único que evite redundâncias e contenha toda a informação geograficamente referenciada. (Plácido e Eloy 2000: 226) O projeto parcialmente ilustrado nas Fig. 2 a Fig. 5, realizado no atelier dos Arquitetos Pedro Viana Botelho e Nuno Teotónio Pereira, foi desenvolvido em CAD com recurso à utilização de uma estrutura de *layers* com os critérios sugeridos pela NP 13567. Sendo uma obra de reabilitação a utilização de critérios como *p.e.* a indicação do Estado (Novo, Existente, a Demolir) revelou-se de extrema importância quer para o desenvolvimento do projeto em atelier quer na fase de construção.

Tendo em conta que o trabalho do computador pode facilitar a resolução de inúmeras tarefas, a introdução de competências digitais nos currículos da formação em Arquitetura é fundamental nos dias de hoje (Duarte 2007, Celani 2012) e “‘ser ou não ser digital’ deixou de ser uma mera opção” (Kruger 2012).

O conhecimento dos processos digitais permite aos alunos (futuros arquitetos) poderem optar por usá-los ou não, mediante a vantagem que estes trarão para o problema de projeto.

### **Considerações finais**

A dimensão de tecnologias digitais que têm vindo a surgir associadas ao projeto de arquitetura tem permitido abrir portas para novas explorações nesta área. O uso combinado de diferentes ferramentas de análise, geração, simulação, visualização e fabrico, entre outras, permite o desenvolvimento de soluções diversas, informadas e eficientes sob diversos aspetos. Assistimos hoje à alteração do

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): “Será o digital um equívoco na arquitetura?” In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

paradigma do CAD enquanto ferramenta passiva para um novo registo ativo capaz de procurar soluções e sugerir alternativas com base em variáveis e contextos.

A utilização das ferramentas digitais desde as fases iniciais de projeto permite obter significativas vantagens e aumentar a precisão da informação utilizada e deste modo explorar de modo mais intensivo alternativas e deteção de problemas. Frequentemente as tecnologias digitais são tidas como intrusos no projeto quando na verdade estas apenas constituem ferramentas que agilizam e tornam possíveis tarefas que manualmente seriam intermináveis.

Questões como a parameterização e a personalização não são novidades na arquitetura. O arquiteto sempre utilizou parâmetros para projetar que influenciaram a forma, a dimensão, a orientação e outros aspetos das suas obras. Neste sentido, a utilização *p.e.* de um *software* paramétrico não constitui o uso de uma ferramenta para fazer uma tarefa novas mas sim uma ferramenta que permite desenvolver tarefas de projeto que seriam, feitas de modo manual, intermináveis e maçadoras. Por isso, não é a Arquitetura digital, mas sim o digital uma de entre muitas ferramentas usadas hoje na conceção arquitetónica.

### Referências

ARAÚJO, B; JORGE, J; DUARTE, J (2012) "Combining Virtual Environments and Direct Manipulation for Architectural Modeling" in Proceedings de *30th eCAADe Conference*, Volume 1, Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture, pp409-418

BONWETSCH, T (2012) "Robotic Assembly Processes as a Driver in Architectural Design" in *Nexus Network Journal*: Volume 14, Issue 3 (2012), Forthcoming Winter 2012

CELANI, G (2012) "Digital Fabrication laboratories: pedagogy and impacts in architectural education" in *Nexus Network Journal*: Volume 14, Issue 3, Forthcoming Winter 2012

DUARTE, J P (2001) *Customizing Mass Housing: A Discursive Grammar for Siza's Malagueira houses*. Tese de doutoramento. MIT.

DUARTE, J P (2007) "Inserting New Technologies in Undergraduate Architectural Curricula: a Case Study" in Proceedings de *eCAADe 2007 Conference*, Frankfurt: pp423-430.

ELOY, S (2012): "A transformation grammar-based methodology for housing rehabilitation". Tese de doutoramento, Instituto Superior Técnico, UTL.

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): "Será o digital um equívoco na arquitetura?" In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitetura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitetura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52

HENSEL, M, MENGES, A, WEINSTOCK, M (2010) *Emergent Technologies and Design: towards a biological paradigm for architecture*. New York, Routledge.

KNIGHT, T W (2000) *Shape Grammars in education and practice: history and prospects*. MIT. Disponível <<http://web.mit.edu/tknight/www/IJDC/>>

KRUGER, M (2012) "Digital Turning: uma mudança de direcção?" in *Revista JA Ser Digital*, nº244, Jan/Fev/Mar 2012. pp26-32

MITCHELL, W; MCCULLOUGH, M (1994) *Digital Design Media*. John Wiley & Sons.

MITCHELL, W (2008): *A Lógica da Arquitectura: projeto, computação e cognição*. Campinas. Brasil: Unicamp.

NP EN ISO 13567-1:2002 (Ed. 1) *Documentação técnica de produtos. Organização e designação de camadas ("layers") em CAD*. Parte 1: Visão geral e princípios.

OXMAN, N (2010) "Structuring Materiality: design fabrication of heterogeneous materials" in *AD The New Structuralism*, July/August 2010, nº206, pp79-85

PLÁCIDO, I; ELOY, S, (2000): "Um Modelo Planar para a Comunicação à Obra do Projecto de Arquitectura" in *SIGraDi'2000 – Construindo (n)o espacio digital (constructing the digital Space)* pp227-229.

SCHEURER, F (2010) "Materialising complexity" in *AD The New Structuralism*, July/August 2010

STINY, G (1976) "Two exercises in formal composition" in *Environment and Planning B*, vol.3, pp187-210.

STINY, G; GIPS, J (1972) "Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture" in C.V.Freiman, ed., *Information Processing 71*, pp1460-1465.

ELOY, S; CRUZ, A. (2012): "Será o digital um equívoco na arquitetura?" In proceedings of the *2nd Seminário de Arquitectura, urbanismo e Design da Academia de Escolas de Arquitectura e Urbanismo de Língua Portuguesa – Os Palcos da Arquitectura.*, 5-7 Nov 2012, FAULT. Volume I, pp. 45-52