

Maquetes Híbridas: Diálogos Entre as Técnicas Tradicionais e as Tecnologias Digitais no Processo Projetual

Hybrid Models: Dialogues Between Traditional Techniques and Digital Technologies in the Design Process

Frederico Braidia Rodrigues de Paula

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
frederico.braidia@ufjf.edu.br

Lara Scanapieco Barreto

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
lara.scanapieco@gmail.com

Felipe Arlindo Silva

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
felipe_arlindo@hotmail.com

Fernando Lima

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
fernando.tadeu@ufjf.edu.br

Vinícius Moraes

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
vinicius.moraes@ufjf.edu.br

Abstract

This article is about hybrid models, as a kind of three-dimensional representation emerged from the possibilities of combining traditional techniques with digital technologies. The purpose is to reflect on the possibilities of production and applications of these types of hybrid models, highlighting them as recurring elements of design practice after the rise of new technologies of information and communication, and prototyping and digital manufacturing. By adopting the model as an object of research, we propose to expand the field of reflection on the incorporation of several digital technologies in the design process, specifically aspects of three-dimensional and graphical representation.

Keywords: Hybrid models; Digital technologies; Architecture and Urbanism.

Introdução

Este artigo aborda o tema da produção das maquetes híbridas no âmbito da Arquitetura e Urbanismo, as quais são concebidas a partir das interações entre as técnicas tradicionais (processos prioritariamente artesanais) e as novas tecnologias digitais (processos controlados ou auxiliados por computador). Ele é resultado de uma pesquisa de Iniciação Científica intitulada “A linguagem híbrida das maquetes de arquitetura e urbanismo na contemporaneidade: diálogos entre as técnicas tradicionais e as tecnologias digitais”, levada a cabo no âmbito do Grupo de Pesquisa das Linguagens e Expressões da Arquitetura, Urbanismo e Design (LEAUD), vinculado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade de Engenharia, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Tem-se como objetivo principal apresentar uma reflexão sobre as possibilidades de produção e as aplicações desses tipos híbridos de maquetes e modelos, destacando-os como elementos recorrentes da prática projetual no campo da Arquitetura e Urbanismo após o advento das novas tecnologias de informação e comunicação, dos processos de prototipagem e de fabricação digital.

Do ponto de vista metodológico, os dados aqui apresentados foram levantados a partir de uma pesquisa bibliográfica e iconográfica, na área de representação gráfica digital, sobre tecnologias da computação e sobre os métodos tradicionais de confecção de maquetes para a Arquitetura e Urbanismo, tanto no meio acadêmico quanto no profissional. Inserem-se, nesse escopo, os estudos da utilização de maquetes e modelos nos processos projetuais levados a cabo pelos escritórios de arquitetos de renome na contemporaneidade, tais como Eisenman Architects, Gehry Partners, Richard Meier & Partners Architects, Coop Himmelb(l)au, Foster and Partners e Zaha Hadid Architects.

Neste estudo, destacam-se as maquetes de projetos cujas formas são, predominantemente, as não-euclidianas, as quais estão intimamente relacionadas à introdução das novas tecnologias (digitais) de informação e comunicação nos processos de projeto (de arquitetura), de construção e de fabricação através da utilização dos programas de CAD (*Computer Aided Design*, ou Desenho Auxiliado por Computador), da exploração da tecnologia CAM (*Computer Aided Manufacturing*, ou Fabricação Auxiliada por Computador), da incorporação da plataforma BIM (*Building*

Information Modeling, ou Modelagem de Informação da Construção) e da consequente utilização de máquinas CNC (*Computer Numeric Control*, ou seja, de equipamentos Numericamente Controlados por Computador), aliadas às técnicas tradicionais de confecção, e que, por isso, podem ser denominadas maquetes híbridas.

As inúmeras possibilidades de emprego das tecnologias supracitadas nos processos de projeto impõem uma perene discussão sobre a questão da informática aplicada à arquitetura e ao urbanismo e sobre as suas articulações com as técnicas tradicionais. Desde a década de 1990, com o advento da era da cultura digital, as tecnologias de informação e comunicação, no campo da arquitetura e urbanismo, têm originado novas práticas de projeto. Na realidade, de acordo com Mitchell (2008), já na década de 1980, registraram-se grandes avanços no desenvolvimento de tecnologias digitais aplicadas ao processo de criação projetual. Essas tecnologias têm sido transferidas das indústrias aeroespacial e automotiva para a arquitetura e o urbanismo e têm transformado a lógica de trabalho e os meios de produção.

No que diz respeito ao campo da expressão e representação gráfica, as investigações também se fazem necessárias. E, se, por um lado, as pesquisas sobre a representação tridimensional da arquitetura vêm crescendo, por outro, as possibilidades de hibridizações entre as técnicas tradicionais e as novas tecnologias encontram-se em aberto e merecem ser problematizadas. A problemática dos meios de representação permanece presente e, agora, aos meios ditos tradicionais, somam-se as tecnologias digitais, as quais contribuem para uma maior complexidade do tema (Steele, 2001, p.8).

Assim, busca-se, neste artigo, ampliar o campo de reflexão sobre a incorporação das novas tecnologias digitais no escopo de atuação da arquitetura e do urbanismo, focando-se nos aspectos de representação gráfica e tridimensional, elegendo-se a maquete como objeto de investigação e abordar, à luz da bibliografia especializada, a construção teórica de uma conceituação para maquetes híbridas.

O Lugar das Maquetes de Arquitetura e Urbanismo na Contemporaneidade

Ao longo da história da arquitetura e do urbanismo, o desenvolvimento de maquetes e modelos tridimensionais tem se mostrado como uma ferramenta altamente eficaz de concepção, de representação e de apresentação do projeto, uma vez que elas podem, potencialmente, comunicar de forma imediata as ideias acerca dos materiais, das formas, dos tamanhos, das cores etc.. Ainda depois da introdução das ferramentas computacionais no ofício dos arquitetos e urbanistas, percebe-se o incremento dos processos de modelagem tridimensional. Verifica-se que as

maquetes permanecem, desde o Renascimento, como uma forma de comunicação arquitetônica.

O lugar da maquete no universo da representação tridimensional em arquitetura e urbanismo estende-se desde o processo da concepção, muitas vezes apresentando-se como modelos volumétricos sem formato ou escala definidos, servindo de auxílio para a abordagem das possibilidades formais do arquiteto, passando pelas diversas fases projetuais, em que sua confecção muitas vezes se mostra como determinante na possibilidade de alterações no projeto e, por fim, chega até a etapa de apresentação, influenciando a compreensão do projeto por parte do cliente.

Nesse sentido, parece ser um truísmo afirmar que as maquetes continuam tendo um lugar relevante no cenário da arquitetura e do urbanismo e, do ponto de vista cognitivo, quanto mais instrumentalizados estiverem os projetistas, dotados com técnicas e métodos de expressão e representação, maiores serão as possibilidades de exploração do pensamento projetual. Segundo Dunn (2010, p.9, tradução nossa), “o motivo é que os distintos métodos e técnicas de exploração provocam processos de pensamento diferentes e fomentam uma maior compreensão durante o processo projetual”. Além do mais, tal como apontou Martinez (2000, p.12), “o projetista inventa o objeto no ato de representá-lo”.

Outro motivo que fomenta a produção de maquetes é que elas constituem-se em formas de representação tridimensionais, ou seja, são objetos cujas dimensões coincidem com as dimensões da arquitetura, portanto, mostram-se como potenciais fontes de ricas informações tomadas do mundo “real”. De acordo com Dunn (2010, p.8, tradução nossa), “fundamentalmente, a maquete arquitetônica física nos permite perceber a experiência tridimensional em vez de ter que imaginá-la. Não somente possibilita um método mais eficaz de comunicação com o receptor (seja o professor, o cliente ou o público), como também permite ao emissor (quer dizer, o estudante ou o arquiteto) desenvolver e seguir revisando o projeto”.

Se o final do século passado ficou marcado pela incorporação da prancheta eletrônica nos ambientes de projeto, com a utilização dos programas de CAD, percebe-se, nos dias hoje, a maior exploração da tecnologia CAM, a propagação da plataforma BIM e uma consequente utilização de máquinas CNC. Portanto, assiste-se a uma mudança não somente da representação arquitetônica, do ponto de vista da qualidade e da técnica, mas a uma inovação no próprio processo de projetar, uma vez que a expressão *file to factory* (do arquivo à fábrica) já se apresenta como uma realidade, ou seja, a fabricação automatizada do objeto arquitetônico, pelo menos em partes, a partir de um modelo digital se impõe como uma possibilidade concreta.

Nesse novo contexto de projeção e de materialização do ambiente construído, destacam-se os equipamentos e os processos de prototipagem rápida e de fabricação digital. Essas máquinas permitem tanto a produção de protótipos, modelos de testes, quanto a fabricação (geração) de produtos acabados ou elementos construtivos a serem empregados diretamente nas obras. Também a utilização de *scanners* 3D viabiliza a digitalização de modelos físicos, restituindo as informações analógicas ao ambiente digital.

Como se vê, são vastos os diálogos, as combinações e as hibridizações possíveis entre as tecnologias tradicionais e as digitais para a produção de maquetes na contemporaneidade. Esse amplo espectro advém de um panorama estabelecido com o rol de recursos tecnológicos existentes que articulam o trabalho artesanal com os recursos computacionais. Os tablets e as mesas digitalizadoras, por exemplo, rompem com as dicotomias entre as técnicas tradicionais e as tecnologias digitais; e as impressoras 3D, por suas vezes, materializam as formas virtualmente concebidas.

Segundo Kolarevic (2005), as ferramentas de geração digital passaram a permitir uma nova abordagem da forma, eliminando diversas restrições geométricas impostas pelos sistemas tradicionais de desenho. Este novo panorama incentiva o emprego de geometrias complexas, ou não-euclidianas, como as superfícies NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*), cuja construção sem o suporte digital seria praticamente impossível ou exigiria muito esforço para se executar. Ao mesmo tempo, estes processos de produção numericamente controlados por computador possibilitam uma lógica baseada na “*masscustomization*”.

No entanto, mesmo após o surgimento das tecnologias digitais, as técnicas tradicionais de produção de maquetes e modelos tridimensionais continuam sendo utilizadas. Ressalta-se que, o aparecimento de uma nova forma de trabalho, ou uma nova tecnologia que se manifesta como uma nova linguagem, não pressupõe a extinção de uma técnica anterior.

É por isso que, no mundo humano, tal como afirma Santaella (1996, p.314), as linguagens “abundam numa variedade que nunca cessa de crescer com surpreendente volatilidade”, desde suas formas mais rudimentares até as mais complexas como, por exemplo, o sistema da língua, as linguagens simbólicas das ciências exatas ou a linguagem do computador. Também, sob esse aspecto, Lévy (2003, p.72) contribui, mencionando que “quanto mais as linguagens se enriquecem e se estendem, maiores são as possibilidades de simular, imaginar, fazer imaginar um alhures ou uma alteridade”. É nesse sentido que se busca evidenciar as maquetes híbridas como manifestações contemporâneas e como um novo tipo emergido dentro do vasto universo das representações tridimensionais.

O Vasto Universo dos Tipos de Maquetes

São inúmeros os tipos de maquetes existentes e suas classificações variam de acordo com o referencial teórico adotado. Nacca (2009, p.17-18), por exemplo, apresenta os seguintes tipos de maquetes: 1) *Maquetes industriais*, usadas para representar grandes empreendimentos; 2) *Maquetes artísticas*, empregadas para expressar ideias criativas de artistas plásticos; e 3) *Maquetes artesanais*, as quais encontram-se intermediando as anteriores. Em outra organização, Nacca (2009, p.20-22) agrupa os diferentes tipos de maquetes em três categorias: 1) *Por objeto a ser representado* (Topográfica, De edificação, Urbanística, De ambiente e De objeto); 2) *Por finalidade* (Estudo, Comercial ou de divulgação e Cenário); e 3) *Pelos componentes que apresenta* (Volumétrica e Figurativa).

De acordo com Mills (2007), os tipos de maquetes são: 1) *Maquetes primárias*, que possuem conceitos abstratos e são empregadas para a exploração de diferentes estágios ou enfoques (Maquetes preliminares, Maquetes de diagrama, Maquetes de conceito, Maquetes de volumes, Maquetes de cheios e vazios, Maquetes de desenvolvimentos e Maquetes de apresentação ou Maquetes de acabamento); 2) *Maquetes secundárias*, que são utilizadas para a análise de componentes específicos da edificação ou do terreno (Maquetes do sítio com curvas de nível – Relevo, Maquetes do contexto ou Maquetes de urbanismo, Maquetes de paisagismo ou Cobertura vegetal, Maquetes de interiores, Maquetes de seção, Maquetes de fachadas, Maquetes de estrutura ou Maquetes da trama e Maquetes de detalhe ou conexão).

Segundo Miro, Carbonero & Coderch (2010), as maquetes se classificam em diferentes tipologias, dependendo (1) da *fase de projeto arquitetônico* a que correspondem (Maquetes de trabalho e Maquetes de apresentação, Maquetes de Anteprojeto, Maquetes de Projeto e Maquetes de Execução); (2) segundo a *representação* (Maquetes Topográficas, subdivididas em Maquetes de terreno, Maquetes de intervenções paisagísticas, Maquetes de paisagens naturais e Maquetes de jardins e as Maquetes de Edificações, subdivididas em Maquetes urbanísticas, Maquetes de edifícios, Maquetes de estruturas, Maquetes de interiores e Maquetes de detalhes); (3) a *finalidade* para que foram criadas (Maquetes De exibição e Maquetes Didáticas); ou (4) os *elementos básicos envolvidos* em sua criação (Maquetes Volumétricas, De estrutura e De superfícies). No entanto, os autores ressaltam que, na maioria dos casos, as maquetes resultam de uma combinação de elementos e tipos, que podem ser encaixar em diferentes tipologias.

Também Braidă et al. (2012) utilizam as fases do projeto, as habilidades demandas dos projetistas e as questões cognitivas envolvidas em cada etapa com base para a classificação das maquetes em: 1) Maquetes de concepção, 2) Maquetes de

desenvolvimento e 3) Maquetes de apresentação. Do ponto de vista da representação, pode-se afirmar que essas fases possuem, de certa forma, um paralelo com os três tipos de projeto evidenciado por Laseau (1982): (a) projeto individual, (b) projeto em equipe e (c) projeto público.

Para Knoll & Hechinger (2006), as maquetes podem ser divididas em: 1) Maquetes topográficas (Maquete de terreno, Maquete da paisagem e Maquete de jardim); e 2) Maquetes de Edificação (Maquete de urbanismo, Maquete de edifício, Maquete de estrutura, Maquete de interior e Maquete de detalhe construtivo). E, de acordo com Dunn (2010), os tipos de maquetes são: Maquetes conceituais, Maquetes urbanísticas, Maquetes de volumes, Maquetes de trabalho, Maquetes espaciais, Maquetes de arquitetura de interiores, Maquetes de iluminação, Maquetes de apresentação/ exibição, Protótipos de tamanho natural, Maquetes descritivas, Maquetes predicativas, Maquetes de avaliação, Maquetes de exploração e Maquetes do futuro.

Essa diversidade de classificações evidencia o vasto escopo abarcado pela produção de maquetes no contexto da arquitetura e do urbanismo e, mesmo assim, ainda não consegue contemplar todo o universo de tipos de modelos tridimensionais, os quais ainda poderiam ser nomeados, por exemplo, segundo os materiais empregados. Por fim, faz-se necessário destacar uma terceira classificação proposta por Nacca (2009, p.15-16), para quem as maquetes podem também ser: 1) *Física*, quando executada com materiais tangíveis que ocupam lugar no espaço “real”; 2) *Virtuais*, quando o projeto é representado através da computação gráfica, permitindo que o espectador caminhe virtualmente pelo projeto, como se o mesmo já estivesse construído.

Todo esse preâmbulo se faz necessário para destacar como essa última divisão mostra-se relevante dentro do contexto do presente artigo, pois se fundamenta na técnica ou na tecnologia de desenvolvimento das maquetes, ou ainda, no meio utilizado para a modelagem. E, é a partir do reconhecimento da existência desses dois tipos de maquetes, as físicas e as virtuais, que se revela, na contemporaneidade, um terceiro tipo, fundamentado do hibridismo das duas possibilidades.

As Maquetes Híbridas Como Manifestações Contemporâneas

Conforme destacado nas seções anteriores, as novas tecnologias aplicadas à arquitetura e ao urbanismo têm possibilitado, também, uma revolução no âmbito da representação. Neste artigo revelam-se as maquetes híbridas como manifestações contemporâneas, emergidas das possibilidades de combinação dos tipos de maquetes físicas (ou manuais ou analógicas) com as maquetes virtuais (ou digitais).

As maquetes manuais, como o próprio nome diz, são feitas artesanalmente. Essa técnica é a mais antiga e antecede à era

digital. Já as maquetes digitais, caracterizadas por serem construídas completamente no meio virtual e lá permanecerem armazenadas, tendo como forma de saída, em geral, os suportes bidimensionais (em perspectivas digitais). Esse tipo de maquete teve seu aparecimento mais recente, com o avanço tecnológico dos computadores e dos *softwares* de modelagem tridimensional, que proporcionou estudos mais rápidos e precisos, além de reduzir a demanda por espaço físico para preservação dos modelos.

No entanto, esses dois tipos de maquetes não têm permanecido estanques, pois as novas possibilidades tecnológicas têm permitido a fusão deles em um tipo híbrido. Com a combinação de técnicas tradicionais com as tecnologias digitais, há o surgimento da maquete híbrida. Esse é um termo novo que, aos poucos, vem somando-se à bibliografia sobre o tema, sobretudo nos textos estrangeiros, como, por exemplo, naquele publicado por Dunn (2012).

A conceituação de uma maquete híbrida, embora ainda seja nebulosa, parte da interação entre técnicas tradicionais, já conhecidas e incorporadas ao repertório da representação arquitetônica, e de tecnologias computacionais recentes. Ainda não se podem determinar, com precisão, quais são as técnicas e as tecnologias que, somadas, caracterizam uma maquete híbrida, no entanto, o uso de máquinas CNC combinadas com intervenções manuais, de equipamentos como fresas, cortadora com fio de aquecimento e estereolitógrafo combinados com colagens e processos artesanais de modificação, fazem parte deste universo. Também os scanners e impressoras 3D fazem parte do rol dessas tecnologias que participam da produção de maquetes híbridas.

Sendo assim, as maquetes híbridas podem ser identificadas pela alternância do processo de produção, pelos intercâmbios entre os universos analógicos e digitais, que não pressupõem nenhuma ordem a priori. Um dos exemplos mais emblemáticos está no trabalho de Frank Gehry. De acordo com Mills (2007, p.194), o escritório de Gehry, mesmo utilizando um dos mais sofisticados softwares do mercado, “se mantém fiel aos métodos tradicionais de produção de maquetes”.

O processo de projeto do Centro de Concertos Walt Disney, alicerçado na produção de maquetes híbridas, envolveu, por exemplo, a construção de diversas maquetes de estudo feitas à mão, a digitalização de um modelo feito em grandes dimensões para a geração de uma maquete eletrônica e a saída tridimensional de uma maquete digital por meio de uma impressora 3D, de prototipagem rápida. O paradigmático Museu Guggenheim de Bilbao (Espanha) também se destaca como processo de concepção, desenvolvimento e execução calcado na produção e análise de maquetes híbridas, devido à sua complexidade, tal como relata Sperling (2002): “(...) optou-se por um sistema integrado de projeto, manufatura e engenharia que

permitisse o recebimento das informações iniciais de um modelo físico tridimensional, pois ao arquiteto interessava começar o projeto com modelos físicos e posteriormente transferi-los ao computador, por meio de engenharia reversa”.

No entanto, nos dias de hoje, os exemplos não mais se resumem ao trabalho de Gehry, nem somente ao universo profissional. No âmbito acadêmico verificam-se experiências de produção de maquetes híbridas como processo de concepção, desenvolvimento e apresentação de projetos, uma vez que os cursos de arquitetura e urbanismo, inclusive no Brasil, começam a contar com laboratórios equipados com impressoras e scanners 3D, máquinas de corte a laser e fresadoras, além do tradicional ferramental utilizado em maquetarias. Assim, o desenvolvimento de projetos fundamentados em formas não-euclidianas tem sido admitidos, uma vez que as técnicas de representação do objeto a ser construído não mais se limitam aos eixos cartesianos.

Observa-se que a incorporação de maquetes híbridas no universo da arquitetura e urbanismo tem ampliado as formas de modelagem e representação do projeto, garantindo uma maior liberdade formal, uma vez que “as técnicas híbridas permitem aos projetistas explorar os métodos de investigação analógicos e digitais como atividades paralelas e interdependentes” (Dunn, 2012, p.77).

Também destacam-se, mediante tamanha liberdade formal contemporânea e desenvolvimento de vasto leque de aparatos tecnológicos, a ampliação das possibilidades de manipulação da forma e o maior domínio sobre a mesma, ainda que ela seja gerada e calculada por processos informatizados. Nesse contexto, sem dúvida alguma, toma lugar a produção das maquetes híbridas, as quais fazem diminuir (ou até desaparecer) os limites entre as técnicas tradicionais e as tecnologias digitais.

Considerações Finais

Conforme se buscou ressaltar neste artigo, as maquetes híbridas surgem como um novo tipo de representação tridimensional emergido das possibilidades de combinação das técnicas tradicionais com as tecnologias digitais. Esse tipo de maquete apresenta-se em plena sintonia com o período em que vivemos, com os processos de projeto que lançamos mão e com as formas que temos concebido. Sem pressupor a completa substituição das técnicas tradicionais de produção de maquetes, as novas tecnologias permitem uma ampliação e complementação das mesmas, trazem maior agilidade para determinadas atividades de projeto e garantem ousadia e viabilidade estético-formal, além de oferecer subsídios para a produção de modelos capazes de ser compartilhados nos casos de projeto à distância.

Por fim, cabe mais uma vez destacar que a produção de maquetes híbridas, dado também à diminuição dos custos dos equipamentos, não mais se restringem ao cenário composto por poucos profissionais e tem encontrado espaço no meio acadêmico, o qual, aos poucos, vai assimilando e explorando suas possibilidades e limitações. É nesse sentido que as investigações levadas a cabo pelo LEAUD/UFJF tem buscado dar sua contribuição.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os pesquisadores e bolsistas do Grupo de Pesquisa das Linguagens e Expressões da Arquitetura, Urbanismo e Design (LEAUD).

Referências

- Braida, F. Et al. (2012). O papel da impressora 3D nas diversas etapas do projeto. In Cardoso, D. R. Et al (Orgs). Anais do XVI Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital – sigradi (pp. 580-583). Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora.
- Dunn, N. (2010). Maquetas de arquitectura: médios, tipos e aplicación. Barcelona: Blume.
- Knoll, W., & hechinger, Martin. (2009). Maquetas de arquitectura: técnicas y construcción. Barcelona: Gustavo Gili.
- Kolarevic, B. (2003). Architecture in the digital age: design and manufacturing. New York: Spon Press.
- Laseau, P. (1982). La expresión gráfica para arquitectos y diseñadores. Barcelona: Gustavo Gili.
- Lévy, P. (2003). O que é o Virtual?. São Paulo: Editora 34.
- Martinez, A. C. (2007). Ensaio sobre o projeto. Brasília: Ed. Unb.
- Mills, C. B. (2007). Projetando com maquetes: um guia para a construção e o uso de maquetes como ferramenta de projeto. Porto Alegre: Bookman.
- Miró, E. P., CARBONERO, P. P., & CODERCH, R. P. (2010). Maquetismo arquitectónico. Barcelona: Parramón ediciones.
- Mitchell, W. J. (2008). A lógica da arquitetura: projeto, computação e cognição. Campinas, SP: Editora da Unicamp.
- Nacca, R. M. (2009). Maquetes e miniaturas: técnicas de montagem passo-a-passo. São Paulo: Giz Editorial.
- Santaella, L. (1996). Produção de linguagem e ideologia. 2. Ed. São Paulo: Cortez.
- Sperling, D. M. (2002). O Projeto Arquitetônico, novas tecnologias de Informação e o Museu Guggenheim de Bilbao. Disponível em <http://www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A038.pdf>.
- Steele, James. (2001). Arquitectura y revolución digital. México: Ediciones Gustavo Gili.
- Projecto y construcción digital en arquitectura. Barcelona: Blume (2012).