UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

Vanderlei Rotelli

Maquetes: o estado da arte

SÃO PAULO
2017

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

Vanderlei Rotelli

Maquetes: o estado da arte

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Ciências

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO
ORIGINAL, SOB RESPONSABILIDADE DO AUTOR E ANUÊNCIA DO
ORIENTADOR.

O original se encontra disponível na sede do programa

São Paulo 25 de Junho de 2017.

Área: Tecnologia da Arquitetura

Linha de Pesquisa: Processo de Produção da
Arquitetura e do Urbanismo/Representações

Orientador Prof. Dr. Arthur Hunold Lara

SÃO PAULO
2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL DO AUTOR: vr.maquetes@gmail.com

Rotelli, Vanderlei

R843m Maquetes: o estado da arte / Vanderlei Rotelli. -- São Paulo, 2017.
106 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP.
Orientador: Arthur Hunold Lara

1.Maquete 2.Modelos tridimensionais I.Título

CDU 72.001.57

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, o prof. Dr. Arthur Lara Hunold, pelas ideias, pelo apoio e pelas indicações, que foram fundamentais na elaboração e conclusão deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, por terem insistido quando eu teria desistido. À minha família pelo suporte e pela força.

Agradeço principalmente à Claudia, por ser quem é, e por me aceitar como sou.

Agradeço a todos os amigos que participaram direta ou indiretamente deste trabalho. Não vou citar seus nomes, pois foram muitos, e posso cometer alguma injustiça, mas estão todos em meu coração.

Resumo

Este estudo se propõe a falar sobre as maquetes de apresentação, que são executadas por profissionais especializados, para o Mercado Imobiliário. Foi feito um levantamento sobre como este mercado trabalha atualmente no Brasil, estudando metodologias, materiais e maquinários utilizados. Para tanto, foram feitas visitas técnicas a três das principais empresas especializadas no setor, documentando fotograficamente as formas de trabalho, os materiais mais utilizados e quais máquinas podem ser encontradas.

Foi analisada, também, uma das inovações mais recentes e revolucionárias nesta área que é a Fabricação Digital (FD), que, além de influenciar diretamente o setor de construção de maquetes, está alterando a metodologia de trabalho dos arquitetos e designers, pois torna muito mais tênue a linha entre o desenho digital e a execução do modelo físico.

Para tanto, foi feita uma visita técnica em um dos doze FabLabs Livres SP, abertos a todos os interessados na cidade de São Paulo, onde foi avaliado o maquinário disponível e suas possibilidades de uso, bem como o acesso a esta nova tecnologia disponibilizada pela Prefeitura Municipal de São Paulo. Estes Laboratórios são abertos ao público e oferecem, além do acesso direto às máquinas, cursos que ensinam a projetar e utilizar esta nova tecnologia.

Palavras-chave: Maquetes; Modelos Arquitetônicos; Modelos Tridimensionais.

Abstract

This study intends to talk about the models of presentation, which are carried out by specialized professionals, for the Real Estate Market. A survey was made on how this market currently works in Brazil, studying methodologies, materials and machinery used. For that, technical visits were made to three of the main companies specialized in this sector, photographically documenting the forms of work, the most used materials and which machines were found there.

It was also analyzed one of the most recent and revolutionary innovations in this area that is Digital Fabrication (FD), which, in addition to directly influencing the model construction sector, is changing the architects' and designers' working methodology since it makes thinner the line between the digital drawing and the completion of the physical model.

A technical visit was made to one of the twelve FabLabs Livres SP, open to all interested in the city of São Paulo, where the available machinery and their possibilities of use were evaluated, as well as the access to this new technology provided by the City Hall Municipality of São Paulo. These laboratories are open to the public and offer courses on how to design and use this new technology. In addition, they offer direct access to the machines.

Key words: Architect's models; Architectural models; Three-dimensional models.

Lista de Figuras

Figura 1 – Modelo de Jardim com Figueira – (c. 2.000).	7
Figura 2 – Réplica do modelo de Argos – 680 A.C.	8
Figura 3 – Paradeigma do Capitel coríntio de Tholos – séc. IV a.C	8
Figura 4 – Modelo do templo de Niha.	9
Figura 5 – Desenho em planta do templo de Niha.	10
Figura 6 – Jarra com o topo em formato de telhado – 6000 a 2000 a.C.10	
Figura 7 – Pátio com torres laterais.	11
Figura 8 – Dispositivo para elevação de águas, encontrado no livro de Al Jazari.	12
Figura 9 – Modelo de praça cerimonial, relacionado com o culto aos mortos.1.110 – 1470 d.C.	13
Figura 10 – Detalhe da Pedra de Sayhuite.	13
Figura 11 – Maquete de Brunelleschi para a cúpula da igreja de Nossa Senhora del Fiore.	15
Figura 12 – Modelo do lanternim projetado por Brunelleschi.	15
Figura 13 – Modelo da cúpula da basílica de São Pedro.	16
Figura 14 – Projeto de Antonio da Sangallo para a Basílica de São Pedro.	17
Figura 15 – Modelo de estudo da fachada Sudeste.	17
Figura 16 Modelo de Wren para a Catedral de São Paulo, 1673.	18
Figura 17 Maquete “invertida” da estrutura com arcos parabólicos.	19
Figura 18 – Maison Citrohan, 1920.	20
Figura 19 – Maquete de massa (primeiro plano) e espacial (segundo plano).	20
Figura 20 – Projeto para a East Ham Chest Clinic, 1932. Fonte: RIBA Architecture Image Library.	21
Figura 21 – Vista da exposição “Arquitetura Moderna: Exibição Internacional”	22
Figura 22 – Le Corbusier junto a maquete da Unité d’Habitation.	23
Figura 23 – Mies Van der Rohe trabalhando com James Speyer e George Danforth no Instituto de Tecnologia de Chicago, em 1938.	23
Figura 24 – Paulo Mendes da Rocha em seu atelier.	24

Figura 25 – Oscar Niemeyer e o modelo do edifício da Ed. Mondadori.	25
Figura 26 – Frederick Kiesler e um modelo da “Endless House”.	26
Figura 27 – Ópera de Sidney (primeiro estudo), 1957.	26
Figura 28 – Modelo do Estádio Olímpico de Munique.	27
Figura 29 – Frank Gehry em seu estúdio, trabalhando em um modelo.	28
Figura 30 – Peças executadas em uma cortadora a laser.	30
Figura 31 – Non-standard architecture Graz University of Technology.	30
Figura 32 – Topografia executada com fresadora CNC.	31
Figura 33 – Estrutura executada em impressora 3D.	31
Figura 34 – Azabu-Jyuban Building – 1986 – Zaha Hadid Architects.	32
Figura 35 – Casa de Ópera de Guangzhou – 2003/2010 – Zaha Hadid Architects.	32
Figura 36 – Castiçais – Zaha Hadid Design.	33
Figura 37 – Flores Residence – 1979 – Morphosis.	34
Figura 38 – Hanking Center Tower – 2012/2014 – Morphosis.	34
Figura 39 – Chapa de acrílico no tamanho da fachada.	35
Figura 40 – Desenho da fachada executada na placa de acrílico.	36
Figura 41 – Chapa de acrílico no tamanho da fachada.	36
Figura 42 – Chapa de acrílico no tamanho da fachada.	37
Figura 43 – Chapa de acrílico no tamanho da fachada.	37
Figura 44 – Detalhe de vãos com acabamento feito com lixas e limas.	38
Figura 45 – Desenho da fachada, com indicação de “paredes” e “peitoris”.	39
Figura 46 – Corte das “paredes” na serra circular.	40
Figura 47 – Gabarito para a montagem das fachadas.	41
Figura 48 – Início da montagem da fachada.	41
Figura 49 – Sequência da montagem.	42
Figura 50 – Finalização da montagem.	42
Figura 51 – Sequência da montagem.	43
Figura 52 – Aplicação de massa.	44
Figura 53 – Aplicação de lixa.	45
Figura 54 – Aplicação de massa para o ajuste final.	45
Figura 55 – Fresadora em uso.	46
Figura 56 – Detalhe do acabamento em uma abertura.	47

Figura 57 – Máquina de corte a laser em uso.....	48
Figura 58 – Detalhe do acabamento das aberturas.....	48
Figura 59 – Máquina de corte a laser.	50
Figura 60 – Fachadas dos edifícios.	51
Figura 61 – Lajes e Sacadas.	52
Figura 62 – Vidros e caixilhos.....	52
Figura 63 – Gradil.	53
Figura 64 – Detalhe do Playground.	53
Figura 65– Edifício em fase de acabamento.....	54
Figura 66 – Máquinas de Corte a laser.....	55
Figura 67 – Paredes e “lajes” da maquete.....	56
Figura 68 – Sacadas.....	57
Figura 69 – Detalhe de uma base, com as vagas de estacionamento demarcadas.....	58
Figura 70 – Detalhe da pintura de fundo.	58
Figura 71 – Preparação de cores.	59
Figura 72 – Jardineiras e bancos.....	60
Figura 73 – Vidros e caixilharia com iluminação.....	60
Figura 74 – Abertura na “laje”	61
Figura 75 – Prédio finalizado, com a abertura para a colocação dos vidros já coberta.	62
Figura 76 – Recepção da empresa, com uma maquete já utilizada.	63
Figura 77 – Sala de informática, onde apenas dois computadores estão sendo utilizados.....	64
Figura 78 – Gabarito com os tipos de revestimentos cerâmicos mais utilizados.	65
Figura 79 – Plotter de rígidos.....	65
Figura 80 – Impressão de caixilhos sobre acrílico.	66
Figura 81 – Máquina de corte a laser.	66
Figura 82 – Algumas das peças que eram executadas pela impressora 3D.....	67
Figura 83 – Maquete de áreas comuns com paredes em acrílico transparente.	68
Figura 84 – Iluminação a ser colocada sobre as áreas comuns.	69

Figura 85 – Caixas de iluminação de unidades aleatórias na edificação.	69
Figura 86 – Pintura em janelas aleatórias.....	70
Figura 87 – Montagem de vegetação.	71
Figura 88 – Palmeiras prontas.....	71
Figura 89 – Sala de pintura.....	72
Figura 90 – Marcenaria.....	73
Figura 91 – Montagem da base de uma maquete, de aproximadamente 6,50 m x 4,50m.....	73
Figura 92 – Salão principal da empresa.	74
Figura 93 – Montagem de uma edificação em MDF.	75
Figura 94 – Acabamento da edificação, através da pintura.	76
Figura 95 – Caixa de luz, para iluminação interna da maquete.	76
Figura 96 – Espaço destinado às aulas.	84
Figura 97 – Trabalho em andamento.....	85
Figura 98 – Corte a laser e fresadora.	85
Figura 99 – Máquinas manuais para trabalhos com madeira, disponíveis para os usuários.....	86
Figura 100 – Modelos executados por usuários.	87
Figura 101 – Usuários utilizando o scanner 3D.	87
Figura 102 – Modelo Digital e Programação de Usinagem do assento.	90
Figura 103 – Sketch Chair.	90
Figura 104 – Modelo impresso em papelão, pronto para ser construído em compensado.....	90
Figura 105 – Oficinas da Foster+Partners.	91
Figura 106 – Oficinas da Foster+Partners.	91
Figura 107 – Maquete de uma implantação.....	95
Figura 108 – Montagem de uma volumetria.	95
Figura 109 – Montagem de uma edificação.....	96
Figura 110 – Detalhe de uma montagem.....	96
Figura 111 – Detalhe da execução de uma maquete topográfica.....	96
Figura 112 – Detalhe da execução de uma maquete topográfica.....	97
Figura 113 – Detalhe da execução de uma maquete topográfica.....	97
Figura 114 – Localização dos FabLab's no Brasil.	99

Lista de Abreviações e Siglas

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Design*

CBA – *Center for Bits and Atoms*

CEU – Centro Educacional Unificado

CIETEC – Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia

CNC – *Computer Numeric Control*

FAU – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

FD – Fabricação Digital

ITS – Instituto de Tecnologia Social

LAME – Laboratório de Modelos e Ensaios

LED – *Light-emitting Diode*

LSI – Laboratório de Sistemas Integráveis

MDF – *Medium Density Fiberboard*

MIT – *Massachussets Institute of Technology*

NSF – *National Science Foundation*

OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo

POLI – Escola Politécnica

TIC – Tecnologias da Informação e da Comunicação

USP – Universidade de São Paulo

Sumário

Resumo	v
Abstract.....	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Abreviações e Siglas	xi
1- Introdução.....	1
1.1 – Conceituação.....	4
1.2 – Objeto de Estudo	5
1.3 – Objetivos	6
2 – Uma breve história das maquetes e modelos	7
2.1 – Maquetes até o Renascimento.	7
2.2 – Maquetes Modernas	19
3 – Execução profissional de maquetes no Brasil	35
4 – Visitas Técnicas às empresas especializadas	50
4.1 – Primeira Visita	50
4.2 – Segunda Visita	55
4.3 – Terceira Visita	63
5 – FabLab.....	77
5.1 – FabLabs no Brasil	81
6 – Conclusão	89
Anexo I.....	94
Anexo II.....	99
Anexo III.....	100
Referências Bibliográficas	102

1- Introdução

O ser humano sempre teve a necessidade de comunicar suas ideias, e representá-las de forma gráfica ou física foi uma das primeiras maneiras de traduzir esses conceitos aos seus semelhantes. Desde a arte rupestre, passando pela pintura, fotografia, literatura e chegando às atuais mesas holográficas, adquirimos uma gama de meios e formas para traduzir esses pensamentos, esclarecendo e compartilhando conceitos concretos ou abstratos com nossos pares.

Essa necessidade de comunicação e, portanto, de criar maneiras de traduzir pensamentos, seja com a ajuda de símbolos abstratos, seja com o auxílio de ferramentas concretas, pode ser associada à concepção de *Homo Faber* de Flusser (2013) “menos investida ideologicamente (...). Ela denota que pertencemos àquelas espécies de homínídeos que fabricam algo. É uma designação funcional”, ou seja, criamos ferramentas para o compartilhamento de conceitos ou ideias, sejam eles símbolos, alfabetos ou objetos.

Os modelos também fazem parte deste arsenal de ferramentas de comunicação (e como será visto à frente, vêm sendo usados há quase tanto tempo quanto a escrita), traduzindo fisicamente ideias e inovações de maneira tal que sejam entendidos por outros e que possam ser objeto de discussão e aprimoramento. Os modelos arquitetônicos, de forma análoga, têm a função de demonstrar concepções e conceitos de edificações, ambientes e soluções estruturais, permitindo que sejam compreendidos e discutidos antes da construção.

Os primeiros modelos encontrados, no entanto, têm uma função mais simbólica do que prática; são representações a serem levadas para o além-túmulo como símbolos da vida terrena ou das posses do morto; apenas com o desenvolvimento das sociedades é que as maquetes começam a ter a função de apresentação de ideias, ou seja, uma função menos material e óbvia, pois é uma representação de uma possibilidade; ainda de acordo com Flusser,

“quanto mais complexas se tornam as ferramentas, mais abstratas são suas funções”.

A evolução dessa ferramenta, aliás, é uma discussão que deve ser levantada, pois de acordo com o prof. Rozestraten (2003), “a história dos modelos tridimensionais tem sido tratada como um tema ‘menor’ no campo de pesquisa na História da Arte e na História da Arquitetura”.

Desde o início do século XX, e da época moderna, as maquetes e modelos se associaram aos arquitetos de forma marcante, seja pelo surgimento de materiais que facilitaram a sua confecção, como o papelão, seja pela popularização de sua imagem por meio da fotografia, de tal forma que a figura do arquiteto no imaginário popular está associada ao modelo. Quase toda a vez que se retrata um arquiteto, ele está carregando uma maquete ou trabalhando sobre ela. Essa associação não é gratuita, já que os arquitetos realmente utilizam muito essa ferramenta, mas ao mesmo tempo é injusta com os modelos, já que a bibliografia a respeito do tema é composta basicamente de manuais a respeito da construção de maquetes ou registros históricos sobre maquetes na antiguidade; o estágio atual dos modelos está mais associado ao fascínio que as máquinas de fabricação digital estão despertando do que ao estudo das oficinas dedicadas a esse tipo de trabalho e do atual estágio desse assunto.

Sempre houve mão de obra para a fabricação de maquetes, mas era composta de artesãos não especializados. Marceneiros, carpinteiros, serralheiros e pedreiros não encaravam a produção de modelos como uma profissão; estes modelos eram tratados como objetos, e, portanto, não havia uma preocupação com prazos e com a reprodução fiel dos materiais e acabamentos empregados no projeto.

Nas décadas de 1950 e 1960, os trabalhadores se profissionalizaram e surgiram as primeiras empresas especializadas voltadas para os arquitetos. A partir dos anos 1970, no Brasil, surgiram as primeiras empresas especializadas em maquetes voltadas para o mercado imobiliário, com profissionais que se formaram para executar este tipo de trabalho, chamados de maquetistas.

Esses maquetistas adaptavam técnicas e criavam ferramentas para suprir suas necessidades, além de estar atentos ao mercado de materiais e máquinas, sempre procurando acelerar a confecção de maquetes. De forma geral, esses profissionais não eram contratados pelas empresas, mas trabalhavam no regime de “pessoa jurídica”, isto é, os maquetistas se associavam em microempresas e forneciam Notas Fiscais ao proprietário da oficina; este, por sua vez, as repassava às construtoras e incorporadoras de maneira a evitar qualquer relação trabalhista entre todos. Devido a essa falta de relação institucionalizada, é muito comum a circulação dos maquetistas entre as empresas, o que ajuda a disseminar as novas metodologias de trabalho.

Como não eram funcionários das oficinas, o pagamento dos maquetistas era feito por produção, ou seja, quanto antes entregassem a maquete, mais cedo recebiam o pagamento e, assim, começavam um novo trabalho.

Esse era o principal motivo dessa busca constante por maneiras de acelerar e facilitar o processo de construção e acabamento, aumentando a capacidade produtiva.

Também é interessante notar que esse mercado forma os próprios profissionais, ou seja, não existem cursos ou escolas; é claro que é importante que o futuro profissional tenha uma identificação com a área, mas, de maneira geral, as empresas ensinam o trabalho como as antigas guildas (organização de operários ou artistas ligados entre si por um juramento de entreajuda e defesa mútua)¹ de profissionais da Idade Média.

¹ Disponível em: <https://dicionariodoaurelio.com/guilda> (Acessado em 22/02/2017)

1.1 – Conceituação

As primeiras pesquisas bibliográficas para a preparação do projeto de pesquisa mostraram um problema imediato: a confusão na utilização dos termos *maquetes* e *modelos*. De acordo com o prof. Giacaglia, a nomenclatura dos modelos é bastante vaga e confusa. Há várias denominações e adaptações da nomenclatura para a língua portuguesa (Giacaglia, et al, 2011).

Em geral, o problema da nomenclatura correta não é empregado nem nas escolas e nem pelos profissionais. Não se faz distinções entre tipos e usos; a revisão bibliográfica levantou a seguinte nomenclatura:

English	Scale model	Mock-up Mockup	Prototype
French	<i>Maquette</i>	Mock-up	Prototype
Italian	<i>Modello in scala Plastico</i>	Mock-up	<i>Prototipo</i>
Portuguese	<i>Maqueta Maquete</i>	Mock-up	<i>Protótipo</i>
Spanish	<i>Maqueta</i>	Mock-up	<i>Prototipo</i>

Quadro 1 – Nomenclatura. Fonte: (GIACAGLIA et al, 2011, p.174).

De acordo com Rozestraten, “encontram-se nos termos *modelo* e *maquete* as noções de origem, existência, construção e reprodução de formas”. Neste estudo, portanto, os dois termos, por terem significados semelhantes, são usados de forma indistinta e indicam o mesmo objeto: os modelos tridimensionais em escala reduzida.

1.2 – Objeto de Estudo

O objeto de estudo proposto nesta pesquisa são as maquetes voltadas arquitetônicas, mais especificamente para o Mercado Imobiliário, que são chamadas por Mills(2007) em seu livro *Projetando com Maquetes* de “maquetes de apresentação”, ou seja, maquetes que representam o final do processo de criação, isto é, são executadas quando o projeto está finalizado.

De acordo com Knoll & Hechinger (2003), em seu livro *Maquetes Arquitetônicas*, as maquetes “fazem parte de um nível de projeto, pois realizam a visão plástico-espacial da ideia”; no caso desse segmento, a realização deve ser bastante fiel ao projeto arquitetônico, representando de forma precisa os materiais e acabamentos que serão utilizados na edificação.

Estes modelos são destinados a um público que, geralmente, é leigo nessa área e que, muitas vezes, baseia a compra de um imóvel na representação que é oferecida pela maquete, ou seja, o entendimento do projeto se dá por meio do modelo.

Como no caso do Desenho Arquitetônico, que foi profundamente modificado com a chegada dos programas de desenho assistido (CAD), também a execução das maquetes foi muito modificada pelo aparecimento das máquinas de Fabricação Digital (FD), primeiro pelas máquinas de corte (fresadoras e a laser) e, mais recentemente, pelas impressoras 3D.

Apesar de ser um mercado muito amplo (para o Mercado Imobiliário o uso de maquetes em *stands* de venda é quase uma obrigatoriedade de acordo com o Jornal Estado de Minas²), o número de empresas que se dedicadas à produção de maquetes não é tão grande e o número de profissionais que trabalham na área também é bastante reduzido.

² Disponível em:

http://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2013/05/30/interna_noticias,47278/maquetes-facilitam-vendas-de-empresendimentos-imobiliarios.shtml (acessado em 28/11/2015)

1.3 – Objetivos

O objetivo deste trabalho é verificar o atual estágio das empresas especializadas na fabricação de maquete em São Paulo; para isto, foram feitas visitas técnicas a três dos principais estabelecimentos dedicados a esse mercado localizados na cidade de São Paulo.

Nessas visitas, além das entrevistas com proprietários e profissionais responsáveis pela construção das maquetes, foram feitos levantamentos fotográficos documentando os métodos utilizados, o maquinário empregado e os resultados obtidos.

Durante as visitas, também foi percebida uma renovação dos profissionais da área, isto é, muitos dos profissionais mais antigos, que trabalhavam nestas empresas entre as décadas de 80 e 90 do século passado e que criaram vários dos métodos que eram utilizadas antes das máquinas de FD, já se aposentaram ou estão próximos dessa fase e estão sendo substituídos por uma nova geração de maquetistas que se iniciaram na profissão com as tecnologias de FD, como as fresadoras CNC, as máquinas de corte a laser e as impressoras 3D.

Essa mudança também sinalizou a necessidade de documentar as formas de trabalho que eram utilizadas no período anterior à chegada das máquinas de FD. Devido aos avanços tecnológicos os métodos de trabalho anteriores à chegada dessas máquinas, pela quantidade de esforço e tempo envolvidos em sua confecção, tornaram-se obsoletos, mas é preciso que seja isto documentado.

2 – Uma breve história das maquetes e modelos

2.1 – Maquetes até o Renascimento.

Os modelos arquitetônicos têm sido usados pela humanidade há milhares de anos. Provavelmente, as primeiras representações não tinham necessariamente a função que entendemos hoje como modelo arquitetônico ou maquete, mas possuíam uma semelhança muito grande com edificações construídas pelo homem. “As mais antigas representações artísticas com formas arquitetônicas atualmente conhecidas surgem apenas entre o Sexto e o Quarto milênio” (ROZESTRATEN, 2003, p. 18).

Esses modelos, provavelmente, funcionavam mais, como no caso das miniaturas encontradas em túmulos egípcios, “como um símbolo religioso da crença em uma vida após a morte. Muitas destas miniaturas contavam com figuras de servos, que teriam a função de servir o morto nesta outra vida” (STAVRIC et al 2013, p. 24).

Figura 1 – Modelo de Jardim com Figueira – (c. 2.000).

Fonte: Rozestraten, 2003, p. 104.

De qualquer modo, é possível associar “os primeiros objetos tridimensionais com características arquitetônicas ao desenvolvimento da agricultura, da cerâmica e de construções de arquiteturas perenes” (ROZESTRATEN, 2003, p. 6).

Os gregos também se utilizavam de modelos e, "como a maioria dos exemplos encontrados estava em escavações em templos, pode-se supor que eles tinham também uma função religiosa, provavelmente como oferendas" (ROZESTRATEN, 2003, p. 158), conforme a figura 2.

Figura 2 – Réplica do modelo de Argos – 680 a.C.

Fonte: Rozestraten, 2003, p. 163.

Os gregos ainda se utilizavam de outros modelos em tamanho real: os *paradeigmas*. "Paradeigma é um modelo ou exemplo usado para o estudo de elementos arquitetônicos específicos, como tríglifos e capitéis" (SMITH, 2004, p. 10). A figura 3 mostra o paradeigma dos capitéis coríntios do túmulo de Policleto o Jovem. Estes "paradeigmas", geralmente, não eram descartados e, sim, utilizados na própria obra.

Figura 3 – Paradeigma do Capitel Coríntio de Tholos – séc. IV a.C.

Fonte Rozestraten, 2003, p. 178.

Ainda na Grécia, de acordo com Kostof, não há dúvidas de que modelos de cera eram utilizados no século V a.C. ao menos para a execução de detalhes construtivos.

O uso de maquetes em Roma também possui vários registros, com as primeiras referências literárias a modelos no livro de Vitruvius Tratado de Arquitetura. De acordo com o texto de Vitruvius, é possível perceber que os romanos não tinham a noção de resistência dos materiais, apesar de já utilizarem uma proporção de escala matemática.

Figura 4 – Modelo do templo de Niha.

Fonte: Rozestraten, 2003, p. 210.

O modelo do Templo de Niha, mostrado na figura 4, é um interessante exemplo do uso de modelos pelos romanos. A figura 5 mostra, em um desenho em planta, as “anotações” relativas às mudanças no projeto original. Isto indica que “esta maquete pode ter sido usada como maquete de apresentação àqueles que encomendaram o projeto e também como maquete de comunicação dos conteúdos de projeto e das alterações definidas àqueles que trabalhavam na obra” (ROZESTRATEN, 2003, p. 213). Neste caso, já é possível associar o uso das maquetes a uma concepção mais atual da utilização deste tipo de ferramenta, ou seja, como um instrumento auxiliar no projeto.

Figura 5 – Desenho em planta do templo de Niha.

Fonte: Rozestraten, 2003, p. 210.

Em Roma, os arquitetos “tinham uma relação diferente dos gregos com os modelos, já que, apesar de ainda estarem presos às tradições, os romanos tinham mais liberdade criativa” (SMITH 2004, p. 17). Esta liberdade implicava em uma necessidade maior de entender os problemas projetuais através de maquetes.

Com a queda do Império Romano e o início da Idade das Trevas, o uso de modelos arquitetônicos, bem como a arquitetura, entrou em declínio no Ocidente.

No Oriente distante, porém, “foram escavados objetos cerâmicos, desde o período neolítico, vários objetos com aparência arquitetônica, mas não é claro se eram oferendas ou objetos funerários” (GUO, 2010, p.1). Na China, por exemplo, neste período, foram escavados vários objetos como o que está representado na figura 6, que possuem características de uma representação arquitetônica de maneira análoga a vários objetos encontrados em escavações no Oriente Médio.

Figura 6 – Jarra com o topo em formato de telhado – 6000 a 2000 a.C.

Fonte: Asian Art Museum³.

³ Disponível em <http://searchcollection.asianart.org/view/objects/asitem/19396/7.jsessionid=E7CF3E79CC9D510608796F75B15DF2F9?t:state:flow=fbde9ca2-793e-4317-89b3-de498260d431> (acessado em 05/02/2017)

Posteriormente, também na China, surgiu um mercado para modelos cerâmicos como objetos funerários. Durante a dinastia Han, de 206 A.C. a 220 D.C., o Confucionismo era a ideologia dominante e, de acordo com essa crença, o morto precisava das provisões da vida terrena em seu pós-vida para segurança e sustento; além disto, “o nível de detalhe destas cerâmicas é impressionante” (GUO, 2010, p. 11). A variedade de tipologias também era grande, passando por representações de casas e chiqueiros até celeiros e fortificações. A figura 7 mostra uma casa fortificada e demonstra o nível de detalhe que este tipo de modelo consegue representar. Também é interessante notar que foram encontrados modelos com aplicação de pintura e modelos feitos com outros materiais.

Figura 7 – Pátio com torres laterais.

Fonte: www.wikivisually.com⁴.

No Ocidente, o uso de maquetes foi retomado a partir do retorno das grandes construções como as grandes catedrais; “os pedreiros se deslocavam pelo interior, levando maquetes que ilustravam suas especializações como, por exemplo, a construção de arcos” (MILLS, 2005, p. VI).

Com a popularização do uso de desenhos técnicos auxiliando a execução da obra, o uso de modelos tridimensionais é duvidoso. O modelo da

⁴ Disponível em http://wikivisually.com/wiki/File:Pottery_courtyard,_3_kingdoms,_Wu,_Hubei,_1967._NationalMuseumBeijing.JPG (acessado em 05/02/2017)

Igreja de St-Maclou, em Rouen, é o único exemplo que temos para o período medieval (...). Mas o modelo de St-Maclou parece representar um estágio posterior à construção da igreja, e não anterior, isto é, o modelo não foi utilizado como um auxiliar no processo de projeto, mas sim, como um memorial (KOSTOF, 1977, p. 74).

No Oriente Médio, no entanto, “o progresso continuou de maneira acelerada, como indicam as invenções de Al-Jazari e tantos outros pensadores islâmicos” (AL-HASSANI, 2004, p. 5). Al-Jazari, de acordo com Al-Hassani, é o mais incrível engenheiro mecânico de sua época e, diferente dos ocidentais, que mantinham seus conhecimentos em guildas somente para os iniciados, os sábios do oriente partilhavam suas descobertas esperando que fossem feitas alterações e melhorias. “Vemos em Al-Jazari vários conceitos importantes para o design e a construção: o uso de moldes de madeira, o uso de modelos de papel para definir o design (...) e o uso de moldes de areia para a fundição de metal” (HILL, 1991, p. 64). O livro de Al-Jazari, “O livro do Conhecimento de Dispositivos Mecânicos Engenhosos”, traz vários diagramas detalhados para a construção de suas invenções, como o dispositivo para o controle do tempo, mostrado na figura 8⁵.

Figura 8 – Dispositivo para a marcação de horas em forma de elefante em um desenho original de Al-Jazari.

Fonte: AL-HASSANI, 2004, p. 5.

⁵ Recentemente foi construído um relógio seguindo as especificações de Al-Jazari em Dubai, e existem pelo menos mais dois: um na Alemanha e um na Suíça, que funcionam perfeitamente.

Nas Américas, mais especificamente na América do Sul, as civilizações pré-colombianas também se utilizavam de modelos, muito provavelmente para fins ritualísticos, como o objeto com características arquitetônicas que está representado na figura 9.

Figura 9 – Modelo de praça cerimonial, relacionado com o culto aos mortos. 1.110 – 1470 d.C.

Fonte: Exposição “Modelando el mundo. Imágenes de la arquitectura pré-colombiana. 2011 – MALI – Museo de Arte de Lima.

Outro exemplo que intriga os estudiosos é a Pedra de Sayhuite, que foi esculpida entre 1400 – 1532 d.C.; essa pedra tem cerca de quatro metros de diâmetro e vários entalhes representando figuras humanas, animais, edificações e escadas, entre outros símbolos. Antilongo considera que a pedra “foi produzida para representar um 'bairro asteca’”. (ANTILONGO, 2011, p. 5). A figura 10 apresenta um detalhe ampliado deste artefato.

Figura 10 – Detalhe da Pedra de Sayhuite.

Fonte: Archivo Digital de Arte Peruano⁶.

⁶ Disponível em: <http://archi.pe/public/index.php/foto/index/9042> (Acessado em 22/09/2016)

A Renascença, que é uma tentativa de retorno às tradições clássicas, testemunhou uma nova era para a Arquitetura e, portanto, para os modelos arquitetônicos. De acordo com Basso, “o uso do modelo ou maquete significou parte determinante no nascimento e consolidação do arquiteto como figura diferente e contrária à do mestre de obras medieval”. (BASSO, 2005, p. 2)

No tratado arquitetônico de Leon Batista Alberti, “Da arte de construir”, escrito entre 1443 e 1452, no qual o autor define vários princípios para os arquitetos, procurando estabelecer uma fundação teórica sobre a formação intelectual do profissional daquele período histórico.

No trecho abaixo, é possível perceber a importância e o incentivo que era dado ao uso das maquetes pelos arquitetos:

Não me canso de recomendar o que deve fazer o melhor arquiteto: pensar e repensar a obra, para compreender sua complexidade e as medidas das suas partes singulares, servindo-se não só de desenhos e esboços, mas também de modelos feitos de madeiras ou de outros materiais (ALBERTI, 2004, p. 96).

Pode-se apreender daí que o uso dos modelos durante o Renascimento era bastante disseminado; estes modelos tinham vários usos desde a participação em concursos ou competições, patrocinados pelas guildas profissionais (e bastante comuns na época), e aprovação de projetos até esclarecimentos de métodos construtivos e demonstração de detalhes da edificação, entre vários outros usos. Estas maquetes poderiam ser feitas em madeira, argila, pedra, tijolo etc.; podiam também ser em escala natural ou reduzida.

Um caso típico é o do domo da Catedral de Santa Maria Del Fiore, onde, em 1418, a “Opera del Duomo” de Florença, responsável pela construção, instituiu um concurso para escolher quem iria construir a cúpula da Igreja e como os problemas técnicos envolvidos em um trabalho dessas proporções seriam resolvidos. A competição aceitava a inscrição de desenhos e modelos. Os projetos de Filippo Brunelleschi e Lorenzo Ghiberti foram escolhidos vencedores, e os dois, apesar de serem rivais, tiveram de trabalhar em conjunto para a realização da obra.

Figura 11 – Maquete de Brunelleschi para a cúpula da igreja de Nossa Senhora del Fiore.

Fonte: BASSO, 2005, p. 6.

Outro concurso foi feito em 1436 para escolher o lanternim que iria coroar a cúpula. Novamente vencido por Brunelleschi. A figura 12 mostra o modelo com o desenho vencedor.

Figura 12 – Modelo do lanternim projetado por Brunelleschi.

Fonte: BASSI, 2005, p. 7.

De acordo com Kostof, em seu livro *O Arquiteto*, a palavra “modelo” aparece com frequência nos documentos referentes à construção da catedral e da cúpula. “Modelos, como desenhos, eram feitos, em primeiro lugar, para a

aprovação dos patronos, apesar de não serem seguidos fielmente (...), mas também ajudava os construtores na obra”. (KOSTOF, 1977, p. 109).

No caso da cúpula de Brunelleschi, de acordo com seu biógrafo, Manetti, conforme citado por Kostoff(1977) outras maquetes foram necessárias para explicar as máquinas e as técnicas que seriam utilizadas na construção, inclusive uma miniatura da “amarração” da alvenaria foi feita para a “Opera”. No livro de “Vida dos Artistas, de Giorgio Vassari(2009), no capítulo sobre Brunelleschi, são mencionados os vários modelos executados pelo arquiteto nas várias fases dos projetos, além das maquetes executadas para os outros projetos feitos por ele.

A indicação de Michelangelo para a finalização da cúpula da Basílica de São Pedro foi feita por seu patrono, o Papa Clemente II, mas para o perfeito entendimento de seu projeto, o arquiteto/artista também apresentou vários modelos, em escalas diferentes, demonstrando a Basílica inteira ou somente a cúpula, dependendo da necessidade. A figura 13 é o quarto modelo, que permite a vista interna da cúpula; esse modelo demorou aproximadamente três anos para ser feito em madeira pigmentada.

Figura 13 – Modelo da cúpula da Basílica de São Pedro.

Fonte: BASSO, 2005, p. 8.

A figura 14 mostra a maquete feita por Antonio da Sangallo para a Basílica; o modelo demorou cerca de sete anos para ficar pronto e foi executada em madeira; tanto o modelo da figura 13 quanto o da figura 14 foram construídos na época dos projetos, por seus autores.

Figura 14 – Projeto de Antonio da Sangallo para a Basílica de São Pedro.

Fonte: BASSO, 2005, p. 8.

Cerca de 200 anos mais tarde, na Inglaterra, Sir Christopher Wren, supervisor-geral, em Londres, responsável pela reconstrução da Catedral de São Paulo, fazia uso de maquetes como forma de estudar os projetos e comunicar suas ideias aos clientes e aos artesãos. A figura 15 mostra seus primeiros estudos para a Catedral, de 1670.

Figura 15 – Modelo de estudo da fachada sudeste, com os desenhos em segundo plano.

Fonte: St. Paul's School's and Families Dept., 2015, p. 14.

Apesar dos estudos executados, Wren teve seu projeto rejeitado, mas até hoje o modelo executado a partir de seus estudos por uma série de

artesãos, pelo período de um ano, entre 1673 e 1674, e mostrado na figura 16, ainda está na Catedral.

Figura 16 – Modelo de Wren para a Catedral de São Paulo, 1673.

Fonte: St. Paul's and School's Families Dept., 2015, p. 14.

De acordo com Deriu (2012), os modelos passaram, após esta fase, por um período de declínio. “O desenvolvimento das técnicas de Desenho Geométrico Projetivo; o barateamento das formas de reprodução e a ênfase na pintura e no desenho contribuíram para a proeminência do gráfico sobre o plástico”. (DERIU, 2012, p. 166).

2.2 – Maquetes Modernas

Uma nova maneira de usar modelos, no entanto, surgiu no final do século XIX com as maquetes “invertidas” de Antoni Gaudí, que eram usadas para o estudo das catenárias utilizadas em suas obras (formas com cálculo estrutural bastante complexo); a figura 17 mostra a maquete executada pelo arquiteto para o estudo desse sistema estrutural, utilizada na igreja da Sagrada Família. Sob essas maquetes, era colocado um espelho que permite a visualização da edificação real.

Figura 17 – Maquete “invertida” da estrutura com arcos parabólicos.

Fonte: STAVRIC et al, 2013, p.29.

Outro tipo de maquete muito utilizado no final do século XIX e início do século XX foi a maquete maciça, muito usado para o estudo da volumetria do edifício. Para a criação do modelo feito em gesso, era feita primeiramente, pelo próprio arquiteto, uma maquete da volumetria em argila que funcionava como uma base para a criação de um molde; depois da criação deste molde, era executado o modelo em gesso, colocando-se este material no molde. Quando o gesso endurecia, a maquete era retirada do molde e recebia o acabamento, eventualmente até mesmo de um escultor especializado neste trabalho. (EMMONS & MINDRUPP, 2008, p 44).

A figura 18 mostra uma versão deste tipo de maquete, executada para o projeto da Maison Citrohan, de Le Corbusier, de 1920.

Figura 18 – Maison Citrohan, 1920.

Fonte: EMMONS & MINDRUPP, 2008, p. 45.

Esse tipo de maquete parece estar voltando a ser popular com a chegada das máquinas de prototipagem rápida, que podem trabalhar através de tecnologias de subtração de materiais, como veremos à frente; de qualquer modo, este tipo de modelagem convivia com a modelagem tradicional, isto é, modelagem não-maciça feita com papelão e que trabalha as paredes internas do prédio, como mostra a figura 19 tirada de um livro de Ernest Pickering, de 1933, mencionado por Emmons & Minrupp sobre representação arquitetônica; o autor define as maquetes como “maquetes de massa ou *mass models*”, as maquetes maciças, executadas neste caso em argila, e “maquetes espaciais ou *space models*”, executadas em papelão.

Figura 19 – Maquete de massa (primeiro plano) e espacial (segundo plano).

MASS AND SPACE MODELS

Fonte: EMMONS & MINDRUPP, 2008, p. 51

Os modelos que aparecem na figura 19 mostram em primeiro plano são “modelos de massa”, enquanto os modelos em segundo plano indicam os “modelos espaciais” de um mesmo projeto.

No começo do século XX, com as inovações em materiais e métodos construtivos, além das tendências de vanguarda nas artes e na arquitetura, que foram influenciadas (...) por novas descobertas científicas, vários movimentos artísticos como o cubismo e o futurismo retratavam a forma em movimento a partir de vários ângulos simultaneamente. (...) Apesar dos desenhos representarem um projeto completo, eles não poderiam representar esta nova maneira de pensar a arquitetura dos arquitetos modernos. (STAVRIC, 2013, p. 30).

De acordo com Deriu (2012), o período entre guerras também teve outro aspecto que ajudou a revitalizar as maquetes como representação arquitetônica: a associação entre arquitetura e a cultura de massa.

“O encontro entre a fotografia e a maquete lançou uma nova classe de imagens, que foram amplamente utilizadas para examinar, apresentar e exibir projetos, bem como disseminá-los em revistas de arquitetura. A explosão de revistas ilustradas também colaborou para a circulação de maquetes como *imagens* em várias publicações”.(DERIU, 2012, p. 166)

O uso das fotografias de maquete era tão popular que um anúncio de uma Clínica Médica apresentava, além de imagens de Plantas e Vistas, a fotografia de uma maquete envolta em perspectivas isométricas do projeto, conforme a figura 20.

Figura 20 – Projeto para a East Ham Chest Clinic, 1932.

Fonte: RIBA Architecture Image Library⁷.

⁷ Disponível em <https://www.architecture.com/image-library/ribapix.html?collection=health-centres> (acessado em 04/02/2017).

Uma exposição no Museum of Modern Art (MOMA) em Nova York em 1932, chamada de Arquitetura Moderna: Exibição Internacional, reunia projetos de todo o mundo e, além de desenhos e fotos, contava com várias maquetes, como é possível verificar na figura 21. Este tipo de exposição na mídia pode ter ajudado a formar na mente do público a imagem do arquiteto sempre próximo a uma maquete.

Figura 21 – Vista da exposição “Arquitetura Moderna: Exibição Internacional”.

Fonte: www.archdaily.com⁸.

É possível encontrar vários registros de maquetes construídas nos escritórios e ateliers de vários arquitetos modernos; esta popularidade dos modelos também pode ser atribuída ao surgimento de materiais mais baratos, mais populares, e mais fáceis de serem trabalhados, como o papelão.

As figuras 22 e 23 representam, respectivamente, um modelo da Unité d'Habitation do arquiteto Le Corbusier e o arquiteto Mies Van der Rohe trabalhando sobre um modelo de seus projetos.

⁸ Disponível em: <http://www.archdaily.com/409918/ad-classics-modern-architecture-international-exhibition-philip-johnson-and-henry-russell-hitchcock> (acessado em 04/02/2016).

Figura 22 – Le Corbusier junto à maquete da Unité d'Habitation.

Fonte: www.vitruvius.com.br⁹.

Figura 23 – Mies Van der Rohe trabalhando com James Speyer e George Danforth no Instituto de Tecnologia de Chicago em 1938.

Fonte: www.redleist.com¹⁰.

A arquitetura moderna brasileira também se utilizou de maquetes de forma bastante abundante. A arquiteta Lina Bo Bardi “utilizava modelos físicos durante o processo de projeto, a fim de verificar quais decisões seriam tomadas em relação ao projeto. No entanto, nenhuma destas maquetes foi guardada”. (SALMASO & VIZIOLI, 2013, p. 528).

⁹ Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/13.150/4508>
Acessado em 26/08/2015

¹⁰ Disponível em: <http://theredlist.com/wiki-2-18-392-1335-1341-1343-view-german-bauhaus-1-profile-mies-van-der-rohe-ludwig-2.html>
Acessado em 22/08/2015

Paulo Mendes da Rocha, ganhador em 2006 do prêmio Pritzker, que é a maior condecoração em Arquitetura do mundo, concedido anualmente pela fundação Hyatt, é conhecido por utilizar maquetes em várias fases do projeto; maquetes bastante simples e rápidas, usadas para um diálogo e um entendimento interno do projeto. Seu *workshop* para estudantes de arquitetura sobre o tema acabou se transformando em um livro (Maquetes de Papel, ed. Cosac e Naif, 2007) que expressa um pensamento muito claro e linear a respeito do tema. A figura 24 ilustra esta paixão do arquiteto por modelos, pois mostra o arquiteto em seu escritório junto à maquete de um projeto recente, o Cais das Artes, em Vitória, executado em associação com o escritório Metro Arquitetos.

Figura 24 – Paulo Mendes da Rocha em seu atelier.

Fonte: www.designboom.com¹¹.

O arquiteto Oscar Niemeyer “tem uma estreita relação, de mais de quarenta anos, com seu maquetista, Gilberto Antunes, ampliando o entendimento de uma interação entre o bidimensional e o tridimensional” (SALMASO & VIZIOLI, 2013 p. 528). A figura 25 mostra o arquiteto estudando a maquete de um projeto.

¹¹ Disponível em: <http://www.designboom.com/architecture/paulo-mendes-da-rocha-studio-visit/> (Acessado em 02/08/2015)

Figura 25 – Oscar Niemeyer e o modelo do edifício da Ed. Mondadori.

Fonte: www.niemeyer.org.br¹².

A partir da metade do século XX, os arquitetos começaram a se interessar por formas geométricas mais complexas.

A capela de Ronchamp e o terminal da TWA são exemplos de projetos revolucionários em termos de formas e volumetria, com linhas não ortogonais, que partiram dos croquis originais para modelos tridimensionais e, daí, para a fase de desenhos técnicos; um arquiteto muito representativo deste método projetual é o austro-húngaro Frederick Kiesler e seu projeto para a “Endles House”, de 1959. Podemos dizer que o enfoque de Kiesler era tanto arquitetônico quanto escultórico; as formas utilizadas por ele, baseadas em uma concepção espacial elástica, eram praticamente impossíveis de serem construídas com a tecnologia da época. (STAVRIC et al, 2013, p. 31).

A forma de projetar do arquiteto incluía a execução de vários modelos com materiais diversos, como argila, gesso revestido e telas metálicas, que permitiam a execução de curvas complexas, difíceis de serem reproduzidas em desenhos técnicos. A figura 26 mostra o arquiteto, em 1959, trabalhando em um dos vários modelos criados para o projeto “Endless House”.

¹² Disponível em: <http://www.niemeyer.org.br/biografia/1965-1975> (Acessado em 02/09/2015)

Figura 26 – Frederick Kiesler e um modelo da “Endless House”.

Fonte: www.kiesler.org¹³.

Outro projeto contemporâneo ao projeto de Kiesler e que também gerou a confecção de vários modelos para ajudar em sua resolução estrutural foi o projeto da Ópera de Sidney, do arquiteto dinamarquês Jørn Utzon. Após ganhar o concurso internacional para o projeto, com a maquete abaixo, o arquiteto demorou mais quatro anos para conseguir resolver o desenho e a estrutura das coberturas.

Figura 27 – Ópera de Sidney (primeiro estudo), 1957.

Fonte: STAVRIC et al, 2013, p. 32.

¹³ Disponível em: http://www.kiesler.org/cms/index.php?lang=3&idcatside=31&mod11_1=print
Acessado em 12/08/2015

O arquiteto alemão Frei Otto também é conhecido pelo uso que fez de modelos em muitos dos seus projetos; trabalhando em uma época um pouco anterior ao auxílio de computadores nos desenhos, dependia de modelos para auxiliá-lo nos cálculos e desenhos de seus projetos. Um de seus projetos icônicos, o Estádio Olímpico de Munique, foi visualizado com o auxílio de uma maquete, conforme a imagem abaixo.

Figura 28 – Modelo do Estádio Olímpico de Munique.

Fonte: www.iam.tugraz.at¹⁴.

Nos anos de 1980/90, pode-se dizer que a revolução digital chegou à área da arquitetura; a popularização dos sistemas CAD (*Computer Aided Design*/Desenho Auxiliado por Computador) alterou o sistema manual de desenho, isto é, o processo de desenho técnico não precisava mais passar pela caneta nanquim e pelo normógrafo, manuseados por um arquiteto, mas sim por um computador, ou seja, o desenho era feito direto em um monitor e impresso em uma plotter (uma impressora capaz de reproduzir imagens de alta qualidade em grandes dimensões). Isto representou uma inovação no método de projetar na indústria da construção, já que várias fases do projeto podiam acontecer de maneira quase simultânea; vários dos participantes do processo eram capazes de atuar em diferentes locais e interferir no projeto como um todo.

"Essa tecnologia de desenho permitiu o surgimento da maquete virtual ou eletrônica; na fase conceitual do design, maquetes virtuais são mais fáceis de executar do que as físicas (...), as possibilidades de modificação são infinitas, (...) entretanto, a prática mostrou que esses modelos virtuais são muitas vezes

¹⁴ Disponível em: <https://iam.tugraz.at/workshop14s/2014/03/24/munich-stadium-roofs-by-frei-otto-gunther-behnisch/> (Acessado em 05/08/2015)

idealizados (...), após a euforia com a apresentação virtual, a execução de maquetes físicas ganhou novo significado". (STAVRIC et all, 2013, p. 36).

Mais recentemente, com a chegada dos sistemas BIM (*Building Information Modelling*/Modelagem de Informações para a Construção), "que pode ser considerado uma evolução do sistema CAD, (...) pois permitem o desenvolvimento de alterações dinâmicas no modelo gráfico, que refletem em todas as pranchas de desenho associadas" (COELHO e NOVAES, 2008, p.3), isto quer dizer que as alterações feitas em uma das pranchas, automaticamente altera os desenhos do mesmo projeto em todas as pranchas. Além disto, por sua característica tridimensional, os programas de plataforma BIM permitem a modelagem de maneira mais simples e rápida do que os programas de plataforma CAD.

Um arquiteto que continuou fazendo o uso de maquetes apesar de todas as inovações digitais foi o americano Frank Gehry; no documentário "Esboços de Frank Gehry", dirigido por Sydney Pollack, de 2005, o arquiteto mostra sua maneira de projetar que, além de croquis, se apóia muito em maquetes. O arquiteto começa por visualizar a volumetria desejada em um modelo em escala e posteriormente o escaneia, ou seja, digitaliza esta forma e inicia a fase de desenhos e de execução do projeto.

Figura 29 – Frank Gehry em seu estúdio, trabalhando em um modelo.

Fonte: www.archdaily.com¹⁵.

¹⁵ Disponível em <http://www.archdaily.com.br/br/01-70481/frank-gehry-projeta-a-ampliacao-da-sede-do-facebook> (Acessado em 02/08/2015)

“Desde os anos 1990, tem-se acompanhado a fabricação digital de protótipos rápidos e de componentes destinados à construção” (FLORIO & TAGLIARI, 2011, p. 128). O sistema, então, era chamado de CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing* ou Desenho Assistido por Computador/Fabricação Assistida por Computador) e permitia a fabricação automática dos designs feitos em algum programa de desenho computadorizado.

A fabricação digital de protótipos rápidos ou Prototipagem Rápida baseia-se principalmente em três tipos de tecnologia CNC (*Computer Numeric Control/Controle Numérico por Computador*): as cortadoras (de vinil e a laser); as máquinas que trabalham por subtração (fresadoras) e as máquinas que funcionam por adição (os vários tipos de impressoras 3D). Cada um destes tipos de máquina, além de uma forma específica de uso, é mais adequado a fabricação de tipos diferentes de modelos, ou seja, é preciso compreender o tipo de peça que se deseja para fazer a escolha correta do método construtivo a ser empregado.

As cortadoras, principalmente a laser, são capazes de fazer peças bidimensionais, ou seja, peças planas, que depois podem ser coladas ou encaixadas, conforme o projeto, para a execução de peças mais complexas e estruturas tridimensionais. Cortadoras a laser, “as quais cortam madeira, papéis de vários tipos, acrílicos, poliestireno e plásticos em diferentes espessuras” (CELANI & BERTHO, 2007, p. 4), são bastante usadas atualmente, e estão ficando financeiramente acessíveis ao grande público, já que seu custo vem diminuindo com a popularização.

A figura 30 demonstra algumas das opções de uso mais comuns de uma cortadora a laser. Nesta maquete, as curvas de nível, o arruamento e os volumes foram cortados com essa máquina, como peças separadas, e posteriormente montados.

Figura 30 – Peças executadas em uma cortadora a laser.

Fonte: www.fec.unicamp.br¹⁶.

A figura 31 mostra uma das possibilidades de uso de peças bidimensionais para a execução de estruturas tridimensionais com geometria não ortogonal, ou seja, as várias possibilidades de montagem destas peças bidimensionais, formando diferentes estruturas tridimensionais. Aqui, também, é possível perceber mais uma das vantagens da Prototipagem Rápida, que é a facilidade e a rapidez na execução dos modelos e das adaptações necessárias a cada projeto. Nesse caso, podemos perceber as diferenças entre o estudo inicial e a construção executada.

Figura 31 – Non-standard architecture Graz University of Technology.

Fonte: STAVRIC et al, 2013, p.46.

¹⁶ Disponível em http://www.fec.unicamp.br/~lapac/galeria_matsubara3.htm (acessado em 24/08/2015)

Outra máquina utilizada com frequência é a fresadora, que trabalha por subtração de material, isto é, a partir de uma peça de material maciço, as fresas vão executando os desgastes de acordo com o desenho previamente definido até chegar ao resultado programado. As fresadoras, em função do seu movimento rotativo e da sua velocidade, são capazes de cortar, desbastar e entalhar vários materiais. Na figura 32, temos o exemplo de uma topografia executada com uma fresadora CNC de três eixos.

Figura 32 – Topografia executada com fresadora CNC.

Fonte: STAVRIC et al, 2013, p. 78.

O maquinário mais utilizado atualmente são as aditivas, isto é, as chamadas impressoras 3D, que “trabalham com deposição de camadas. (...) Dentre as vantagens, estão: rapidez, baixo custo e fácil instalação (...). Como desvantagem (...) observa-se a limitação de materiais” (CELANI & BERTHO, 2007, p. 4).

Figura 33 – Estrutura executada em impressora 3D.

Fonte: STAVRIC et al, 2013, p. 181.

Podemos perceber a relação entre a construção de modelos com esta tecnologia de Fabricação Digital, associados à evolução dos programas de modelagem paramétrica, que utilizam a plataforma *Building Information Modeling* (BIM) no trabalho de vários arquitetos, como, por exemplo, o escritório Zaha Hadid Architects.

É possível perceber as diferenças construtivas nos projetos, mas principalmente nos modelos e na forma como são executados, conforme as figuras 34 e 35.

Figura 34 – Azabu-Jyuban Building – 1986 – Zaha Hadid Architects.

Fonte: www.zaha-hadid.com¹⁷.

Figura 35 – Casa de Ópera de Guangzhou – 2003/2010 – Zaha Hadid Architects.

Fonte: www.zaha-hadid.com¹⁸.

¹⁷ Disponível em <http://www.zaha-hadid.com/architecture/azabu-jyuban-building/> (acessado em 03/02/2017)

¹⁸ Disponível em <http://www.zaha-hadid.com/architecture/guangzhou-opera-house/> (acessado em 03/02/2017)

Tanto pela época dos projetos como pelo método construtivo das maquetes, como é possível observar pelas imagens, é aparente que o modelo da Casa de Ópera de Guangzhou foi construído com o uso de uma impressora 3D, enquanto que o projeto do Azabu-Jyuban Building foi executado de forma mais convencional, ou seja, pela união das partes construídas de forma independente.

A arquiteta, inclusive, inaugurou uma loja em Londres, em 2013, chamada Zaha Hadid Design, onde, além de uma mostra permanente de maquetes de seus principais projetos, vende objetos e joias concebidos e executados da mesma maneira como são concebidos e executados seus projetos de arquitetura, ou seja, usando programas paramétricos de modelagem e equipamentos de Fabricação Digital na construção dos protótipos das peças que, depois, serão executadas em quantidades maiores. A figura 36 mostra alguns objetos de decoração criados pela arquiteta e que estão à venda na loja.

Figura 36 – Castiçais – Zaha Hadid Design.

Fonte: www.zaha-hadid-design.com¹⁹.

Outro escritório contemporâneo no qual podemos perceber as mudanças na metodologia de fabricação dos modelos e na evolução dos projetos é o ganhador do Prêmio Pritzker, Thom Mayne, o Morphosis; a figura 37 mostra um

¹⁹ Disponível em <http://zaha-hadid-design.com/shop/2016-collection> (acessado em 03/02/2017)

modelo de um projeto executado no final dos anos 1970, bem anterior, portanto ao advento da FD e até mesmo do desenho assistido por computador.

É provável que este modelo tenha sido feito de forma manual, unindo peças executadas de maneira independente.

Figura 37 – Flores Residence – 1979 – Morphosis.

Fonte:

www.morphosis.com²⁰.

Ao analisarmos alguns modelos executados posteriormente, relativos a um projeto de 2012/2014, podemos notar tanto uma evolução na modelagem física, pela utilização de máquinas de FD, como é possível notar pela quantidade de modelos executados que estão na figura 38, quanto uma mudança nas formas arquitetônicas, devido à utilização de programas de modelagem paramétrica.

Figura 38 – Hanking Center Tower – 2012/2014 – Morphosis

Fonte: www.morphosis.com²¹

²⁰ Disponível em <http://www.morphosis.com/architecture/105/> (acessado em 03/02/2017)

²¹ Disponível em <http://www.morphosis.com/architecture/219/> (acessado em 03/02/2017)

3 – Execução profissional de maquetes no Brasil

No Brasil, a partir dos anos 70 do século passado, surgiram várias empresas especializadas na confecção de maquetes para o crescente mercado de construção civil que havia na época. Esse mercado utilizava as maquetes como uma ferramenta de marketing, ou seja, mais uma forma de apresentação do projeto arquitetônico para um público comprador leigo.

De acordo com Adhemir Fogaça, proprietário da maior empresa construtora de maquetes do país e uma das mais antigas (1973), as primeiras maquetes eram confeccionadas em acrílico e em escalas pequenas em função do tamanho das chapas existentes, do método construtivo empregado, e dos acessórios que eram utilizados junto a estes modelos (figuras humanas e veículos).

O método utilizado era bastante simples e direto; a primeira etapa consistia em cortar as chapas acrílicas de acordo com as medidas das fachadas na escala da maquete, isto é, para uma edificação que tivesse uma fachada de 8 metros de largura e 25 metros de altura, cortava-se uma chapa de acrílico, com um cortador específico, com essas medidas na escala de execução da maquete, conforme a figura 39.

Figura 39 – Chapa de acrílico no tamanho da fachada com um estilete para o corte da fita.

Fonte: Autor, 2016.

Com todas as placas correspondentes às várias fachadas cortadas, eram, então, executados os desenhos das elevações, ou seja, eram

desenhadas todas as aberturas existentes em cada uma das fachadas, sobre tiras de fita crepe aplicadas previamente, conforme a figura abaixo.

Figura 40 – Desenho da fachada executada sobre fita crepe na placa de acrílico.

Fonte: Autor, 2016.

O passo seguinte era a furação de todas as aberturas com uma furadeira de bancada. A broca utilizada devia permitir que a serra fosse inserida na peça, mas não podia ser muito grande, evitando que os cantos ficassem arredondados demais, poupando o trabalho de acabamento das peças. Esses furos eram feitos próximos a um dos cantos das aberturas de tal maneira a facilitar os cortes. A figura 41 mostra a execução dos furos.

Figura 41 – Furação da chapa para a execução dos cortes.

Fonte: Autor, 2016.

Depois da execução de todos os furos, era iniciada a fase de cortes das aberturas. Esse corte era executado em uma serra tico-tico de bancada; soltava-se a serra para o encaixe do furo executado na abertura e, então, a serra era presa novamente para a execução efetiva do corte; a figura 42 mostra a serra depois de encaixada na abertura, antes do início dos cortes.

Figura 42 – Encaixe da serra tico-tico para a execução dos cortes.

Fonte: Autor, 2016.

Prosseguia-se com o corte das laterais até que a abertura estivesse executada. Depois disto, a serra era novamente solta e a fachada deslocada até a próxima abertura, onde todo o processo se reiniciava; como é possível imaginar, este processo era lento e trabalhoso; levavam-se várias horas para o corte de uma única fachada, dependendo do número de andares e de aberturas. A figura 43 mostra uma sequência de aberturas sendo executadas.

Figura 43 – Execução das aberturas da fachada.

Fonte: Autor, 2016.

Após a execução de todas as aberturas, ainda era preciso fazer o acabamento com o auxílio de uma lixa e de uma lima para regularizar as laterais e os cantos, pois dificilmente o corte ficava reto. As lixas utilizadas para esse trabalho eram feitas especificamente para cada maquete, já que as aberturas a serem cortadas variavam de acordo com o projeto e com a escala da maquete. Essas lixas eram feitas com tiras de acrílico cortadas com alguns milímetros a menos do que as aberturas e, nessas tiras, eram coladas as lixas que seriam utilizadas; geralmente, em uma das laterais, colocava-se uma lixa mais grossa (granulometria 60 ou 80) e, na outra lateral, uma lixa com uma granulometria maior (180 ou 220) que daria o acabamento final na peça.

A peça só estava pronta para o uso após esse acabamento. Somando-se todo o tempo necessário, muitas vezes, uma única fachada de uma edificação demandava um dia inteiro de trabalho, do início até o acabamento. A figura 44 mostra como esta peça fica depois de executado o acabamento com a lixa.

Figura 44 – Detalhe de vãos com acabamento feito com lixas e limas.

Fonte: Autor, 2016.

De acordo com o empresário Adhemir Fogaça, esse método foi utilizado por alguns anos, mas, por uma questão de praticidade e produtividade, foi necessário pensar em outra maneira de executar as elevações das construções já que esse método era demorado e trabalhoso. Em algum ponto desse período, que o empresário não conseguiu precisar, surgiu a ideia de uma nova maneira de trabalhar, que foi apelidada de “parede e peitoril”. A ideia por trás desse método era muito simples e

engenhosa e tornou muito mais ágil a construção das fachadas.

O método “parede e peitoril” consistia em cortar tiras de acrílico na largura das “paredes” de uma fachada (mostradas em vermelho na figura 45) e depois cortar os “peitoris” dessa mesma fachada (mostradas em azul na figura 45). Após os cortes dos dois tipos de peças, era feita a montagem com a ajuda de um grande gabarito montado para este fim.

Figura 45 – Desenho da fachada, com indicação de “paredes” e “peitoris”.

Fonte: Autor, 2016.

Esse modo de trabalhar começava com o corte manual da chapa de acrílico na altura da fachada; depois deste corte, as larguras das peças eram cortadas em uma serra circular de bancada. A figura 46 indica o corte das “paredes” na serra circular.

Figura 46 – Corte das “paredes” na serra circular.

Fonte: Autor, 2016.

Como é possível perceber pela figura 46, as “paredes” eram tiras de acrílico que possuíam a altura da edificação; daí vem o primeiro corte da chapa na altura do prédio, o que evita cortes posteriores para o ajuste da altura.

De forma semelhante, era feito o corte dos “peitoris” na serra circular. A primeira coisa a ser executada era o corte de uma tira que tinha a largura necessária, isto é, a peça teria a mesma largura dos peitoris marcados em azul na figura 45. O passo seguinte era recortar essas tiras na serra circular de acordo com a “altura” dos peitoris; essa altura também era retirada da fachada, como na figura 45. O desenho desta fachada também determinava o número de peças que seriam cortadas, ou seja, seriam cortadas tantas peças quanto eram os andares; desta forma, para um edifício de cinco andares seriam cortados cinco peitoris; para um edifício de vinte andares, seriam cortados vinte peitoris, e assim por diante. Como também é possível de ser entendido pelo desenho da fachada, a platibanda e o térreo da edificação geralmente possuem alturas diferentes em função do pé-direito do térreo e da altura do telhado.

A montagem de todas estas peças era feita em um gabarito, também montado especialmente para este fim, que diminui a possibilidade de erro; o gabarito, representado na figura 47, era construído em um material resistente, como MDF ou chapa de compensado de madeira, pois seria utilizado na construção de todas as fachadas da edificação. Esse gabarito, que era maior do que a maior lateral da edificação, tinha uma cantoneira feita no mesmo material onde eram apoiadas as peças que seriam utilizadas na montagem de cada uma das faces e que deixava as peças esquadrejadas, ou seja, com o ângulo de 90°. Depois da montagem desse molde, eram marcadas as alturas de cada um dos “peitoris” da edificação, tanto das janelas quanto das portas; isto

garantia que todas as peças ficassem alinhadas, assegurando que todas as faces do prédio estivessem iguais.

Figura 47 – Gabarito para a montagem das fachadas.

Fonte: Autor, 2016.

Depois da montagem do gabarito, começava a montagem das paredes da edificação; cada uma das paredes ou fachadas era montada individualmente, seguindo o alinhamento deste grande molde.

No caso da fachada que estamos montando, de acordo com a figura 45, iniciava-se o trabalho com uma tira que indicava a parede esquerda. Esta peça era apoiada na base da cantoneira e encostada na parte superior. Dessa forma, qualquer diferença que pudesse haver nas peças ficaria em apenas uma lateral, facilitando o acabamento posterior. Depois da colocação dessas peças, seria colocada a primeira fileira de “peitoris”, ou seja, das peças menores, conforme indicado na figura 48.

Figura 48 – Início da montagem da fachada.

Fonte: Autor, 2016.

Essas peças eram coladas com uma cola própria para acrílico, cujo nome técnico é S360²², que devia ser aplicada com uma seringa e uma agulha

²² Atualmente é proibida a venda desta cola ao público; ela só é comercializada para empresas.

por ser muito líquida e altamente volátil. Outra razão para o uso desses instrumentos para a colagem é que esta cola mancha a superfície do acrílico (claro que este não é um problema em uma peça como essa, que será pintada, mas pode atrapalhar outros trabalhos), deixando uma marca bastante característica e difícil de ser removida.

Após a montagem e colagem dessa primeira linha de “peitoris”, era colocada a próxima “parede”, como pode ser visto na figura 49, e a próxima linha de “peitoris”.

Figura 49 – Sequência da montagem.

Fonte: Autor, 2016.

A fachada da edificação era toda montada de acordo com a sequência das peças. Com a utilização desse método, era possível montar várias fachadas de uma mesma edificação em um único dia, garantindo a regularidade e a precisão nas medidas. A figura 50 mostra uma das laterais da edificação montada, pronta para receber o acabamento.

Figura 50 – Finalização da montagem.

Fonte: Autor, 2016.

O grande inconveniente desse método, que causava ao profissional uma grande perda de tempo, era a diferença de espessura que a chapa de

acrílico apresentava; em uma chapa com 2,3mm de espessura, a diferença podia chegar a 0,5mm entre uma das pontas e a outra. Essa diferença causava grandes problemas na montagem, pois a parede de uma edificação é lisa, não apresentando “degraus” ou diferenças aparentes. Era preciso, então, que fosse dado um acabamento nas fachadas da edificação antes da montagem final do prédio. Esse acabamento começava com uma lixa com uma granulometria grossa para diminuir a diferença entre as peças. A figura 51 demonstra a aparência da fachada depois de aplicada a lixa. Nessa imagem, é possível notar a diferença de acabamento entre a parte da peça que recebeu a lixa e a parte que não tem acabamento; também é possível notar as manchas provocadas pela cola, que serão mais tarde cobertas pela tinta na fase de acabamento final da maquete.

Figura 51 – Sequência da montagem.

Fonte: Autor, 2016.

Mesmo com a aplicação da lixa, muitas vezes, as diferenças de espessura continuavam aparentes; aplicava-se, então, uma massa a fim de regularizar as superfícies e retirar as marcas de lixa, preparando a peça para a pintura; a massa utilizada era a massa rápida, muito utilizada em serviços de funilaria a fim de deixar as peças lisas e prontas para a pintura. Quando utilizamos esta massa na fabricação de maquetes, no entanto, temos um problema de encolhimento, isto é, a massa diminui de volume e a diferença entre as partes continua aparente; era necessária a aplicação de várias demãos para regularizar a superfície.

Para diminuir esse problema, era adicionado talco industrial à massa a fim de reduzir o encolhimento; o talco industrial era incorporado à massa, aumentando seu volume sólido. Essa massa modificada reduzia o número de demãos utilizadas, pois preenchia de forma mais eficaz a diferença de nível entre as peças.

A massa era aplicada com uma espátula; era aconselhável que, na primeira demão, fosse utilizada uma quantidade razoável de massa preenchendo de forma completa o desnível entre as peças. A figura 52 mostra a aplicação da massa na fachada.

Figura 52 – Aplicação de massa.

Fonte: Autor, 2016.

Como é possível perceber pela imagem, todas as emendas de peça recebiam uma camada grossa de massa, regularizando os desníveis das peças apesar do encolhimento que aconteceria. Depois de aplicar uma camada em todas as junções, era o momento de esperar que esta massa secasse; este tempo de secagem era reduzido em função do talco industrial que havia sido acrescentado. Em cerca de 30 a 40 minutos, já era possível retirar o excesso de massa com uma lixa, regularizando a peça. A figura 53 mostra como essa peça ficava após a aplicação da lixa.

Figura 53 – Aplicação de lixa.

Fonte: Autor, 2016.

É possível notar na imagem que, nas partes onde existe maior desnível entre as peças, após a aplicação da lixa, há maior concentração de massa, como é possível perceber na parte superior esquerda enquanto que, nas partes onde o desnível entre as peças é menor, quase toda a massa será retirada pela lixa, como na parte central superior.

Depois de aplicar a lixa em toda a fachada, era necessário que fosse aplicada mais uma demão de massa para o acabamento final; essa massa era aplicada de forma mais pontual, como é possível observar na figura 54. Para obter esta precisão, era utilizada uma espátula mais fina, feita para este fim.

Figura 54 – Aplicação de massa para o ajuste final.

Fonte: Autor, 2016.

A lixa a ser utilizada para regularizar essa última demão de massa devia ter uma granulação maior, pois a peça estava sendo preparada para a pintura. Para este fim, era utilizada uma lixa com granulação 220 ou maior.

Em 1998, o empresário importou dos Estados Unidos uma Fresadora Router CNC (*Computer Numerical Control* ou Controle Numérico Computadorizado); essas máquinas convertem desenhos criados em programas gráficos em números e coordenadas nos eixos X, Y e Z, o que permite que uma fresa desbaste o material nestes três eixos. Essa máquina consegue, por exemplo, marcar as placas de forma similar à que são feitas marcas na massa em uma edificação.

A chegada dessa máquina ao mercado brasileiro acelerou enormemente a construção de maquetes, pois as fachadas não precisavam de nenhum tipo de acabamento uma vez que eram cortadas em uma única placa. Uma chapa de acrílico com o tamanho um pouco maior do que o tamanho da fachada era fixada na mesa de trabalho da fresadora (as aberturas eram cortadas e, para evitar danos à mesa de trabalho, esta chapa era fixada sobre uma placa de MDF que, depois de algum tempo de uso, era descartada). A fresa era, então, ajustada com a localização da peça para que os eixos X, Y e Z fossem identificados. Depois disso, bastava acionar a fresadora para que as aberturas da janela fossem executadas. A figura 55 mostra a fresadora em operação.

Figura 55 – Fresadora em uso.

Fonte: Autor, 2016.

As fachadas executadas com essa máquina não precisavam de acabamento, pois as diferenças de espessura do acrílico aparecem somente quando juntamos pedaços e são imperceptíveis em uma placa inteira.

Ainda assim, pela maneira de trabalho das fresas, os cantos das aberturas que eram executadas pelas máquinas ficavam arredondados, ou seja, com um diâmetro muito aparente, e era necessário fazer o acabamento com limas, como é possível ver na figura 56.

Figura 56 – Detalhe do acabamento em uma abertura.

Fonte: Autor, 2016.

Ao adquirir essa máquina, o tempo médio de execução das fachadas de uma maquete foi reduzido drasticamente. O trabalho do maquetista em uma fachada de uma edificação consistia basicamente em acertar os cantos com a lima. Ainda assim, essa máquina levava um tempo relativamente grande para a execução das aberturas, pois as fresas não podiam ter uma velocidade muito grande sob o risco de quebra ou deterioração do material.

Com isto em mente e pensando em agilizar ainda mais a produção, foi adquirida, aproximadamente dois anos depois, no início dos anos 2000, uma máquina de corte a laser, também controlada por computador.

Essa máquina funciona com o mesmo princípio da fresadora, isto é, o desenho executado com o auxílio de *softwares* específicos é lido e interpretado como coordenadas nos eixos X, Y e Z. Como essa máquina trabalha com uma lente de laser, é possível executar cortes bastante delicados e precisos, com uma perda mínima de material; também é possível marcar as placas, de maneira similar à que é utilizada com a fresadora.

De maneira análoga à fresadora, é colocada sobre a base de corte da máquina (que, neste caso, não precisa de nenhum tipo de apoio) uma placa de

acrílico ou algum outro material semelhante (atualmente, as empresas especializadas utilizam MDF por uma questão de custo, mas a escolha de material depende da escala de execução da maquete). A figura 57 mostra o funcionamento da máquina.

Figura 57 – Máquina de corte a laser em uso.

Fonte: Autor, 2016.

Com a utilização desse equipamento, o uso de mão de obra para a execução das fachadas de uma edificação foi eliminado, isto é, a partir de um desenho em um programa CAD, a máquina corta a fachada e não é necessário que se faça nenhum tipo de acabamento; a peça pode ser usada imediatamente. A figura 58 mostra um detalhe da peça pronta; é possível observar que todos os cantos das aberturas estão perfeitos.

Figura 58 – Detalhe do acabamento das aberturas.

Fonte: Autor, 2016.

Há cerca de quatro anos, o empresário adquiriu uma impressora 3D que funciona por adição, mas esse equipamento, de acordo com o empresário, é utilizado apenas para a confecção de detalhes, pois o acabamento final das peças produzidas dessa forma não é apropriado para a utilização em maquetes profissionais. É interessante notar que as outras empresas de maquete consultadas nem sequer possuem esse tipo de maquinário.

Apesar da evolução que aconteceu na forma de execução das fachadas, a maneira de montar as maquetes continua a mesma, ou seja, as fachadas são coladas umas às outras na ordem certa e, depois dessa montagem é feita a “laje”, a peça que mantém as paredes no esquadro e estabiliza a maquete, permitindo que ela seja manipulada para a aplicação do acabamento com massa e lixa, para a pintura e a colocação dos vidros, varandas e demais acabamentos.

No anexo I são mostradas algumas maquetes acadêmicas, executadas por alunos do curso de Arquitetura e que demonstram como a aproximação entre os profissionais dedicados à construção de maquetes e os estudantes pode trazer benefícios para todos os participantes, pois é interessante notar que quase nenhum profissional da área tem a graduação em engenharia ou arquitetura, ou mesmo em outra área; portanto, enquanto os profissionais podem passar algumas sugestões aos estudantes, estes podem mostrar aos primeiros como funciona o método de projeto e como são atingidas as soluções adotadas nas edificações.

4 – Visitas Técnicas às empresas especializadas

4.1 – Primeira Visita

A primeira empresa visitada, a Fênix Maquetes, pertence a Vanderlei Fogassa, que trabalha neste mercado há mais de 35 anos e abriu a sua própria empresa há aproximadamente 10 anos.

Começou suas atividades trabalhando com o irmão Adhemir no final dos anos 1970. Trabalhou na empresa do irmão por cerca de 20 anos até fundar a sua própria empresa, a Fênix Maquetes, localizada no bairro do Butantã. Essa empresa trabalha principalmente para o mercado imobiliário, mas executa eventualmente alguns trabalhos para designers, como *mock-ups* e protótipos. A Oficina tem capacidade de executar de três a quatro maquetes ao mesmo tempo, com uma média de produção de sete maquetes ao mês. Atualmente, as maquetes são cortadas em uma máquina de corte a laser, comandada por um computador; a Figura 59 mostra parte desta máquina.

Figura 59 – Máquina de corte a laser.

Fonte: Autor, 2015.

Nessa máquina, são cortadas as paredes das maquetes que serão as fachadas, conforme mostrado na Figura 60. O material dessas peças é MDF,

variando sua espessura em função das escalas de trabalho; atualmente, as escalas mais utilizadas na empresa são de 1:43 e 1:33.

Figura 60 – Fachadas dos edifícios.

Fonte: Autor, 2015.

Além dessas peças, também são produzidas as peças que manterão as fachadas do prédio juntas, chamadas de “lajes”, que ajudam na estabilização das edificações, funcionando como uma estrutura. A montagem da maquete de um edifício começa pela colagem das paredes e, depois, vem a colocação das “lajes” que deixam o modelo estruturado, possibilitando que ele seja movido; é colocada uma dessas peças na altura da laje de cobertura e outra na altura da laje do primeiro andar do edifício; com a colocação dessas peças, é possível manipular o modelo.

Também são cortadas as peças que são utilizadas como sacadas ou varandas e que também ajudam a montar e estabilizar a maquete. Muitas vezes, essas peças não são simplesmente colocadas em uma fachada, mas, sim, têm uma série de recortes e são “encaixadas” na edificação. A Figura 61 mostra uma peça com estes recortes, que será colocada na edificação e ajudará a estabilizar a maquete.

Figura 61 – Lajes e Sacadas.

Fonte: Autor, 2015.

Enquanto o prédio é montado, cortam-se as peças que dão acabamento na edificação, tais como vidros (acrílicos coloridos que são marcados com da fresadora CNC ou da máquina de corte a laser para representarem a caixilharia do prédio). Nessas peças, são colocadas as venezianas, que podem ser representadas por papel impresso (em escalas pequenas até 1:66) ou por peças de latão corroído (em escalas maiores a partir de 1:43), dependendo da escala da maquete. Essas venezianas são colocadas em posições diferentes sobre os vidros de maneira aleatória para que as fachadas se aproximem do uso real que ocorrerá, ou seja, algumas venezianas completamente abertas, outras completamente fechadas e algumas pela metade; a figura 62 mostra como as venezianas são dispostas.

Figura 62 – Vidros e caixilhos.

Fonte: Autor, 2015

As máquinas de corte também facilitaram os acabamentos necessários em uma maquete que, em muitos casos, eram executados através do processo de eletrocorrosão. Atualmente, o gradil usados para o fechamento do terreno e o guarda-corpo utilizado como fechamento das sacadas são cortados a laser; depois do corte, essas peças vão para a pintura e a posterior colocação na maquete, conforme a Figura 63.

Figura 63 – Detalhe de um gradil.

Fonte: Autor, 2015

O método de eletrocorrosão era utilizado na fabricação de peças pequenas, com muitos detalhes, e que eram utilizadas em grande número, como os gradis de uma edificação, os bancos, as espreguiçadeiras e os brinquedos utilizados no *playground*. Atualmente, essas peças são feitas na máquina de corte a laser. Ver a Figura 64.

Figura 64 – Detalhe do playground.

Fonte: Autor, 2015.

A montagem do prédio é feita com cola branca e adesivo Cianoacrilato (Cola Superbonder). As paredes são unidas na ordem correta, conforme aparecem na fachada. Depois da montagem, quando a cola está seca, são colocadas as duas “lajes” que ajudarão a estabilizar a maquete, permitindo que ela seja manipulada.

O próximo passo é o acabamento das junções das peças; primeiro, é aplicada uma demão de massa plástica. Após a secagem, essa massa é lixada e é aplicada uma demão de massa rápida com talco industrial, conforme foi visto no capítulo anterior. A pintura (automotiva) é feita com compressor e pistola de pintura.

A Figura 65 mostra a montagem de um edifício no qual são colados os vidros. Em seguida, serão colocados os gradis finalizando a edificação para a entrega no *stand* de vendas.

Figura 65 – Edifício em fase de acabamento.

Fonte: Autor, 2015.

Ficha Técnica

Fênix Maquetes

Av. Juta Mizumoto, 516

Tel. (11) 3867 5283

<http://vanderleifogassa.blogspot.com.br/>

4.2 – Segunda Visita

A segunda empresa visitada, a Forma Maquetes, foi criada há aproximadamente 22 anos e, hoje, é dirigida por Valéria Bonassi. O método de trabalho é bastante semelhante ao da Fênix Maquetes, com o uso das máquinas de FD. Difere apenas pela equipe, formada por 12 maquetistas e 12 ajudantes, enquanto a Fênix possui uma equipe de 3 maquetistas e 2 ajudantes. Devido à maior área de trabalho e seu aproveitamento, a empresa consegue montar aproximadamente 25 maquetes ao mês. Uma parte da equipe também começou na profissão trabalhando na empresa Adhemir Fogassa Maquetes; depois de alguns anos de prática, optaram por sair da empresa e fundar a Forma Maquetes, de maneira análoga à Fenix Maquetes.

De forma semelhante à primeira visita, verificou-se que a maior parte das peças é cortada em uma das duas máquinas de corte a laser. A escolha de qual máquina será usada em cada situação depende de um planejamento, no qual o tipo de material e o nível de precisão são considerados. A Figura 66 mostra as duas máquinas que são utilizadas pela empresa.

Figura 66 – Máquinas de Corte a laser.

Fonte: Autor, 2015.

Como na empresa anterior, a maior parte das peças é feita em MDF, variando a espessura em função da escala adotada. Eventualmente, podem ser empregados PVC rígido e acrílico no processo de execução dos modelos. A Forma Maquetes, no entanto, trabalha com uma gama maior de escalas,

partindo de 1:200, passando por 1:100 e chegando a 1:66 e 1:33. Essas diferenças de escala influenciam diretamente na escolha do material a ser usado na construção da maquete e, portanto, no corte.

A figura abaixo, 67, mostra as “paredes” de um prédio bem como a “laje” que irá estruturar a maquete. No detalhe, vemos as peças numeradas de acordo com a sequência de corte e montagem, o que indica um rigoroso planejamento.

Figura 67 – Paredes e “lajes” da maquete.

Fonte: Autor, 2015.

A empresa tem investido na melhoria dos acabamentos com o auxílio das máquinas de corte a laser. Na Figura 68, por exemplo, é possível observar as sacadas que serão usadas em uma maquete com o desenho do piso gravado por uma das máquinas. Antes da chegada dessas máquinas, tanto o piso quanto o forro das sacadas e varandas eram feitos em papel, que era impresso com o desenho do piso, cortado com a ajuda de um gabarito executado conforme as especificações do cliente, pintado conforme a definição do piso, e colado no lugar.

A gravação desse piso diretamente na sacada permite que o maquetista aplique todo o acabamento necessário nestas peças antes de utilizá-las, ou seja, quando elas são coladas na edificação, já estão acabadas. Isso poupa várias horas de trabalho do maquetista.

Figura 68 – Sacadas.

Fonte: Autor, 2015.

A empresa também tem utilizado o maquinário digital para auxiliar a execução das bases ou do “térreo” das edificações. O trabalho dos maquetistas é dividido em duas equipes, que geralmente são compostas por um maquetista e um ajudante. Uma das equipes fica responsável pela execução da edificação, enquanto a outra se responsabiliza pela execução da base.

Com a ajuda das máquinas de FD, é possível gravar a marcação de pisos, vagas de garagem, posição dos edifícios, etc. diretamente na peça de MDF (ou qualquer outro material a ser utilizado). A Figura 69 apresenta esses detalhes em algumas peças que serão utilizadas na construção da base de uma maquete; é possível observar uma peça com a marcação da quadra poliesportiva e outras peças com a marcação das vagas de estacionamento.

Antes da chegada das máquinas de FD, os desenhos eram feitos de forma manual, com a marcação desse tipo de detalhe executado com a ajuda de um gabarito e seguindo uma impressão do projeto na escala da maquete. Esse procedimento demandava bastante tempo e muito trabalho e estava sujeito a vários erros.

Figura 69 – Detalhe de uma base com as vagas de estacionamento demarcadas.

Fonte: Autor, 2015.

Depois da montagem das paredes e da colocação das duas “lajes”, é aplicado o acabamento na maquete, que foi feito com massa plástica e com massa rápida acrescida de talco industrial e lixas com várias granulações, e é aplicada uma demão de um fundo de tinta (*primer*) que ajuda na visualização dos defeitos maiores. Os defeitos menores também são cobertos pela base de tinta. Essa pintura é feita por especialistas. É difícil acertar a consistência da tinta; há um ponto certo e uma maneira de aplicar a tinta; um descuido pode prejudicar todo o trabalho.

Figura 70 – Detalhe da pintura de fundo.

Fonte: Autor, 2015.

O trabalho do especialista em pintura inclui, além da preparação das cores que serão utilizadas nos prédios, todas as texturas e revestimentos, como pedras, madeira, cerâmica, etc. Convém lembrar que a tinta utilizada é automotiva, o que quer dizer que os pigmentos funcionam de maneira diferente dos empregados na construção civil. Além disso, a tinta automotiva tem brilho, que precisa ser retirado acrescentando-se um material conhecido como pasta fosqueante, que retira o brilho da tinta.

A Figura 71 demonstra como são feitas as cores a partir de referências fornecidas pelos arquitetos. O responsável pela pintura mistura os pigmentos para igualar a tinta à cor escolhida pelo cliente.

Figura 71 – Preparação de cores.

Fonte: Autor, 2015.

De acordo com a gerente de produção, responsável pela empresa, um dos diferenciais da companhia é o tipo de vegetação utilizada nas maquetes. Há uma dificuldade no processo de miniaturização de alguns tipos de plantas e flores. A Figura 72 mostra alguns dos tipos de vegetação usada nos jardins e nas jardineiras dos modelos.

Figura 72 – Jardineiras e bancos.

Fonte: Autor, 2015.

Como na primeira empresa visitada, a Forma Maquetes usa acrílico para a representação do vidro. Através do laser, é feita toda a caixilharia para posterior aplicação de massa para dar a cor. Depois, aplicam-se as venezianas formando as janelas. Como nas outras empresas, também podemos observar na Figura 73 as caixas que são construídas para a colocação de iluminação através de LEDs (*Light Emitting Diode*). Dessa maneira, é possível colocar iluminação em algumas janelas, imitando o efeito de luzes acesas em alguns apartamentos.

Figura 73 – Vidros e caixilharia com iluminação.

Fonte: Autor, 2015.

Semelhante à primeira empresa visitada, também é executada a pintura do prédio utilizando-se a técnica de máscaras, no caso de existir mais de uma cor, e posteriormente são colocados os vidros. Para que possa ser feita a manipulação destas partes, são feitas aberturas nas “lajes” de maneira a permitir o acesso à parte interna dos prédios. Os vidros, que foram previamente marcados na máquina de corte a laser, são colocados pelo maquetista e fixados com adesivo à base de silicone. É preciso cuidado para fazer coincidir a marcação dos caixilhos com a abertura das janelas. A Figura 74 permite visualizar a abertura feita na “laje” de cobertura.

Também foi feita uma abertura na “laje” do térreo que, além de permitir a colocação dos vidros, ajudará na fixação da edificação na base da maquete.

Figura 74 – Abertura na “laje”.

Fonte: Autor, 2015.

A Figura 75 mostra a cobertura de um prédio já finalizada na qual a abertura para a colocação dos vidros foi coberta pela construção do andar de cobertura (que é recuado em relação ao edifício). Quando não existe este tipo de construção, isto é, quando não existe uma cobertura ou uma caixa d'água recuada, é feita outra placa, com o mesmo formato da “laje” de cobertura, que é pintada e colada no lugar; como é possível imaginar, a “laje” do térreo não precisa de nenhum acabamento, pois não ficará visível.

Figura 75 – Prédio finalizado, com a abertura para a colocação dos vidros já coberta.

Fonte: Autor, 2015.

Ficha Técnica

Forma Maquetes

Rua Maso di Bianco, 342

F. (11) 3766 6204

www.formamaquetes.com.br

4.3 – Terceira Visita

A terceira empresa visitada é provavelmente a mais importante e a maior empresa do setor: Adhemir Fogassa Maquetes. A empresa foi fundada em 1973 pelo empresário Adhemir Fogassa e possui a maior equipe, a maior área e a maior quantidade de máquinas quando comparada às outras empresas visitadas. É interessante notar que os empresários responsáveis pelas duas empresas que também foram visitadas começaram suas carreiras como maquetistas trabalhando para este empresário.

Como as empresas anteriormente visitadas, essa também se localiza na região do Butantã, na cidade de São Paulo. Pelo que pode ser apurado com os entrevistados, isto se deve à facilidade em encontrar imóveis com grandes áreas a preços acessíveis.

Os métodos construtivos e o maquinário utilizado são semelhantes aos anteriores, mas convém lembrar que as primeiras máquinas de Fabricação Digital foram utilizadas por essa empresa, sendo depois seguida pelas demais.

Uma das primeiras diferenças que é possível ser percebida é a existência de uma recepção digna desse nome; ao chegar à empresa, é preciso que a pessoa seja identificada para depois ser levada à recepção; nessa recepção, são deixadas algumas maquetes que ainda serão enviadas aos *stands* de venda bem como algumas outras que demonstram os tipos de trabalhos que são desenvolvidos no local, como é possível observar na figura 76.

Figura 76 – Recepção da empresa, com uma maquete já utilizada.

Fonte: Autor, 2016.

Após a recepção, que fica no que os funcionários chamam de bloco anexo, é possível ir para a sala de reunião e escritório da administração, diretamente para o bloco principal, onde as maquetes são executadas e onde fica o maquinário pesado ou, então, para a sala de computadores onde são feitas as alterações necessárias para que os projetos sejam encaminhados às máquinas de FD; a figura 77 dá uma ideia, através do número de assentos vagos, da capacidade produtiva da empresa e de como ela está operando muito abaixo da sua capacidade atualmente.

Figura 77 – Sala de informática, onde apenas dois computadores estão sendo utilizados.

Fonte: Autor, 2016.

Nessa sala, além da preparação dos desenhos, também é feita toda a parte de pisos e revestimentos (cerâmicos, pedras, azulejos, madeira, etc.) que serão aplicados nas maquetes; esses desenhos são impressos em papel sulfite de alta gramatura e depois colados, ou em adesivos que serão aplicados. A figura 78 mostra um gabarito, com alguns tipos de revestimento mais utilizados, que já estão prontos para a impressão conforme a necessidade; este gabarito é alimentado por todos os revestimentos que são utilizados. Muitas vezes, estas amostras são mostradas aos responsáveis pelo projeto para que eles consigam antever o resultado na maquete.

escala pequena, que necessitavam de pouca espessura na representação das paredes, foram feitas com peças impressas por este método. A figura 80 mostra o resultado dessa impressão em peças que irão representar guarda-corpos em varandas de uma maquete.

Figura 80 – Impressão de caixilhos sobre acrílico.

Fonte: Autor, 2016.

O relevo apresentado representa de maneira realista as diferenças de nível entre os materiais na edificação. De acordo com o empresário, esta máquina foi adquirida há pouco mais de dois anos.

No bloco principal, existem várias salas além de um grande espaço para a montagem e acabamento das maquetes. A primeira sala visitada é a que abriga as máquinas de corte a laser. A empresa conta com duas unidades, com capacidade para cortes em materiais com até 25mm de espessura, e mesas de corte com aproximadamente 2m x 1,50m.

Figura 81 – Máquina de corte a laser.

Fonte: Autor, 2016.

Neste local também ficava a Impressora 3D que a empresa utilizava; apesar do excelente acabamento que era obtido pelo equipamento, como pode ser visto na figura 82, a máquina tinha pouco uso para a empresa. Era utilizada para a execução de detalhes, o que não justificava a sua permanência; atualmente, caso seja necessário, este tipo de trabalho é terceirizado.

Figura 82 – Algumas das peças que eram executadas pela impressora 3D.

Fonte: Autor, 2016.

A próxima sala visitada é a sala de detalhamento de áreas comuns. Durante muito tempo, um dos diferenciais das maquetes montadas por esta empresa eram os térreos executados com as paredes feitas em acrílico transparente, o que permitia que os compradores e visitantes observassem a decoração das áreas comuns. Atualmente, a maioria das empresas especializadas incluem esse item nos seus contratos de trabalho. A figura 83 mostra como fica uma área comum com a decoração colocada em alguns ambientes. Essas áreas comuns costumam incluir a academia, brinquedoteca, espaço *gourmet*²³, etc. Como esse tipo de utilização dos espaços comuns é relativamente padronizado no mercado de construção civil, os funcionários dessa seção mantêm um estoque de peças prontas para a montagem dessas áreas, o que torna o processo mais ágil.

²³ Esses espaços são preparados para a recepção de convidados, com todos os equipamentos de uma cozinha além de um espaço amplo para refeições. O principal diferencial é a oportunidade de interagir com os convidados. Fonte: Diário do Comércio (disponível em: http://diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=espaco_gourmet_inova_conceito_de_receber_amigos&id=127185 acessado em 20/02/2017)

Figura 83 – Maquete de áreas comuns com paredes em acrílico transparente.

Fonte: Autor, 2016.

Nessa sala, existem dois funcionários responsáveis pela montagem das peças (cada peça é montada individualmente) e pela pintura. Estas peças são preparadas e estocadas para serem usadas conforme a necessidade. Quando uma nova maquete começa, esses funcionários fazem a montagem do térreo de acordo com o *layout* das áreas comuns, utilizando as peças estocadas ou montando as peças necessárias. Eles recebem a paginação de piso direto da plotagem e devem fazer a aplicação em uma placa de acrílico previamente cortada, bem como a montagem das paredes. Essa peça montada será colocada na base da maquete junto com a iluminação.

A iluminação, aliás, é executada na próxima sala. Para a iluminação das maquetes são utilizadas as fitas de LED. Essas fitas são coladas em uma peça de acrílico que tem o desenho do térreo. Depois de aplicadas as fitas, é feita a ligação elétrica. No *stand* de venda para onde a maquete será levada, deve existir um ponto de elétrica, permitindo a ligação das peças. A figura 84 mostra o “teto” da figura 83 com a iluminação; esta peça com a iluminação será presa na edificação e ajustada sobre o térreo de tal forma que as luzes sejam colocadas sobre os ambientes.

Figura 84 – Iluminação a ser colocada sobre as áreas comuns.

Fonte: Autor, 2016.

Nessa sala também é feita a iluminação interna dos prédios. De acordo com o empresário, a maior parte das maquetes vai com a iluminação tanto no térreo (nas áreas comuns) quanto em algumas unidades da edificação. Existem duas formas de executar este trabalho: por meio de caixas de luz e por meio de pintura nas janelas.

O método de caixas de luz consiste em construir caixas de luz no tamanho das unidades de janelas e fixá-las em algumas unidades de maneira aleatória, simulando algumas luzes acesas em algumas unidades. A figura 85 mostra as caixas, executadas em MDF e com uma pintura branca a fim de potencializar a iluminação, antes de serem aplicadas a uma edificação e posteriormente ligadas a um transformador.

Figura 85 – Caixas de iluminação de unidades aleatórias na edificação.

Fonte: Autor, 2016.

O outro método que está sendo mais utilizado, pois torna mais ágil o trabalho dos funcionários responsáveis, consiste em cobrir com tinta preta a maior parte das janelas deixando algumas sem cobertura, conforme a figura 86. É construída uma caixa de acrílico translúcido, que será colocada por dentro do prédio, com uma ou mais lâmpadas fluorescentes tubulares. Quando as lâmpadas são acesas dentro dessa caixa, as janelas que não receberam a pintura se iluminam, imitando as luzes acesas em algumas unidades da edificação. Esse método diminui a quantidade de trabalho e facilita a manutenção.

Figura 86 – Pintura em janelas aleatórias.

Fonte: Autor, 2016.

A próxima é a sala da vegetação; mais três funcionários são responsáveis pela execução da vegetação, ou seja, pela fabricação das árvores, arbustos, etc. Além da fabricação, esses funcionários são responsáveis pela implantação da vegetação nas maquetes, ou seja, eles devem verificar o projeto de paisagismo, escolher a vegetação correspondente no estoque e aplicá-la na maquete. A partir do projeto de paisagismo, são executados os furos onde serão colocadas as árvores, arbustos, etc. A figura 87 mostra uma das funcionárias da empresa montando uma árvore e uma parte do estoque de vegetação disponível para utilização.

Figura 87 – Montagem de vegetação.

Fonte: Autor, 2016.

As árvores são feitas com galhos, palha de aço e espuma tingida e moída. Tipos de vegetação mais específicos, como palmeiras, vegetação ornamental e coisas semelhantes são feitas através da técnica de eletrocorrosão. Chapas de latão são colocadas em um banho de ácido e são formadas folhas com formatos mais específicos, como folhas de palmeiras, costela-de-adão, etc. Essas folhas são pintadas e montadas, transformando-se em árvores ou vegetação ornamental, conforme a figura 88.

Figura 88 – Palmeiras prontas.

Fonte: Autor, 2016.

A sala seguinte é a sala de pintura. Aqui as edificações recebem uma primeira demão de tinta com massa para regularizar a superfície e cobrir pequenos furos; depois desta primeira demão, as maquetes voltam para o maquetista para os acabamentos necessários e retornam para a pintura definitiva; caso seja preciso executar uma máscara, quando a edificação tem mais de uma cor, este trabalho é feito pelo maquetista após a secagem da pintura. A figura 89 mostra uma parte da sala de pintura, com capacidade para o acabamento de várias maquetes de uma vez, mas que está, como todas as instalações, subutilizada.

Figura 89 – Sala de pintura.

Fonte: Autor, 2016.

A última sala é chamada de marcenaria, pois possui o maquinário pesado, isto é, as serras, lixadeiras, tupias, etc. Esses equipamentos são muito utilizados na construção das bases das maquetes que, muitas vezes, têm formas irregulares e precisam de uma estrutura bastante forte, pois, além de receberem as edificações, têm de suportar o peso dos maquetistas que vão fazer esta montagem. Essas bases também devem ter a previsão de desmontagem e montagem, isto é, elas são construídas em partes unidas para serem desmontadas na oficina, colocadas em um caminhão ou avião (dependendo do local para onde serão enviadas) e remontadas no destino. Por sinal, é comum que as equipes responsáveis pela construção também sejam responsáveis pelo transporte e montagem.

Figura 90 – Marcenaria.

Fonte: Autor, 2016.

As maquetes montadas na empresa, em função de escalas grandes como, por exemplo, 1:43 ou 1:33, necessitam de espaço para serem montadas, manuseadas e entregues. A figura 91 mostra a base de uma maquete em fase de acabamento e fornece uma ideia da proporção do trabalho e da estrutura que tem de existir na parte interna desta base para suportar o peso das pessoas que irão aplicar os acabamentos, como pisos, automóveis, vegetação, entre outros, e executar a montagem final.

Figura 91 – Montagem da base de uma maquete de aproximadamente 6,50m x 4,50m.

Fonte: Autor, 2016.

No salão principal, de aproximadamente 1.000 m², também é possível perceber a ociosidade da capacidade produtiva; a maior parte das maquetes está pronta (e não pode ser entregue) ou está parada, isto é, está à espera da autorização dos clientes para serem finalizadas. Em uma época de crise, muitas vezes, os lançamentos dos imóveis são adiados e as maquetes têm de ficar estocadas, pois não podem ser levadas para o *stand* de vendas. A figura 92 mostra o salão com poucos maquetistas trabalhando.

Figura 92 – Salão principal da empresa.

Fonte: Autor, 2016.

Neste salão, é possível perceber que o método construtivo adotado é o mesmo que foi observado nas empresas visitadas anteriormente, ou seja, as paredes da maquete são preparadas na máquina de corte a laser, geralmente em MDF (existe uma variação em função da escala em que a maquete será construída). Nessa máquina, além das aberturas de janelas e portas, são feitas as marcações que existirão nas paredes da edificação além da numeração que será utilizada na sequência da montagem e que será apagada pelo maquetista. A figura 93 mostra a montagem de uma edificação com essas peças.

Figura 93 – Montagem de uma edificação em MDF.

Fonte: Autor, 2016.

Depois desta montagem, é colocada a “laje” que irá estabilizar as paredes e permitir que a maquete seja manuseada. Depois da colocação destas lajes, é feito o acabamento das junções com massa e lixa e, depois, a pintura, conforme a figura 94. O detalhe nesta figura, por sinal, mostra a presença de várias cores, o que significa que foi usada a técnica de mascarar uma cor; esta técnica é usada quando temos mais de uma cor na maquete. É executada inicialmente a pintura da cor que ocupa menos área (na figura abaixo, é a cor marrom). Depois que a tinta marrom seca, as partes que devem permanecer nesta cor são cobertas por fita crepe; este é um processo demorado, pois, muitas vezes, esta primeira cor só é aplicada em detalhes pequenos. Depois que esta primeira cor está coberta (mascarada), é aplicada a próxima cor, aquela que cobrirá a segunda menor área (no caso da figura 94, é o grafite). Repete-se, então, o mesmo processo anterior e esta segunda cor será coberta também. Depois disso, é feita a pintura da última cor, neste caso, o branco. Depois da secagem da última pintura, a fita crepe é retirada, revelando as várias cores da edificação. Para que essa técnica funcione, no entanto, é preciso que a consistência da tinta esteja correta (muito fina, ela penetrará sob a fita crepe e, muito grossa, ela sairá junto com a fita crepe, retirando a camada de tinta que deveria permanecer).

Figura 94 – Acabamento da edificação por meio da pintura.

Fonte: Autor, 2016.

Quando as maquetes possuem a ligação elétrica, é possível observar na parte inferior os fios da ligação. A figura 95 mostra a caixa de luz colocada dentro de uma edificação e a fiação para a ligação que será utilizada no *stand* de vendas.

Figura 95 – Caixa de luz para iluminação interna da maquete.

Fonte: Autor, 2016.

Ficha Técnica

Adhemir Fogassa Maquetes

Rod. Raposo Tavares, 27100

F. (11) 3736 5500

www.maquetes.com.br

5 – FabLab

A Fabricação Digital, como é possível perceber pelo que foi dito, é uma realidade para as empresas especializadas em construção profissional de maquetes. Podemos afirmar também que já é uma realidade em várias Instituições de Ensino Superior. Como, no entanto, esta tecnologia revolucionária, que pode viabilizar as ideias de muitos visionários, pode ser popularizada permitindo que o grande público consiga acessar e utilizar esta modalidade de construção?

A resposta mais simples são os FabLabs, uma forma de tornar acessível esta tecnologia de ponta. Mas o que são os FabLabs?

De acordo com Neil Gershenfeld, professor do Massachusetts Institute of Technology (MIT) e diretor do Center for Bits and Atoms (CBA), na mesma instituição, em seu livro “FAB – The coming revolution on your desktop – from personal computers to personal fabrication”, de 2005,

“Em 1998, nós tentamos ministrar o curso “Como construir (quase) tudo pela primeira vez, um curso voltado para um pequeno grupo de estudantes avançados que usariam estas máquinas [máquinas de FD] em suas pesquisas. Imaginem nossa surpresa quando cem estudantes apareceram para um aula que havia sido planejada para dez alunos. Eles também não formavam o público esperado: haviam tanto artistas e arquitetos quanto engenheiros.” (GERSHENFELD, 2005, p. 4)

A partir dessa grande procura por parte dos alunos e das possibilidades e da precisão de fabricação destes equipamentos, Gershenfeld começou a imaginar como levar este curso e a possibilidade da fabricação digital pessoal para um público que nunca frequentaria as aulas do MIT. Ele pensou em criar “fablabs” externos. Para o criador desses espaços, “fablab” pode significar tanto “laboratory for fabrication” (laboratório para fabricação) quanto “fabulous laboratory” (laboratório fabuloso). A ideia por trás desses laboratórios é popularizar esta tecnologia, levando as possibilidades da fabricação digital a um público não especializado

“Com os fundos providenciados pelo National Science Foundation (NSF), com patrocínio do CBA, (...) equipariam pessoas comuns para fazer o que estávamos realmente estudando no MIT (...). É possível executar nesses laboratórios coisas que até há pouco tempo só seriam possíveis com os recursos de um lugar como o MIT.

Começando em 2002, os primeiros fablabs foram criados na região rural da Índia, na Costa Rica, no Norte da Noruega, em Boston e em Gana". (Gershenfel, 2005, p. 12)

Esses primeiros laboratórios foram instalados a um custo de US\$20.000,00 na época, mas, mesmo com um custo relativamente elevado, já houve uma grande procura para multiplicar os espaços. As utilizações também foram as mais variadas, de corte de sucata pelas crianças de Boston para a fabricação de bijouterias à criação de objetos que melhorariam a agricultura na Índia.

De acordo com o autor, ainda, os fablabs são voltados para a fabricação pessoal, para a execução de um protótipo, e não para a fabricação em massa de produtos, ou seja, o conceito do fab lab é dar a liberdade ao usuário de executar suas peças, mesmo que sejam as únicas existentes.

"O grande impedimento à fabricação pessoal não é técnico. Já é possível fazê-lo. E também não é treinamento. (...) A maior limitação é simplesmente a falta de conhecimento de que isto é possível". (GERSHENFELD, 2005, p.17)

A partir do surgimento dos primeiros FabLabs, foram criadas algumas normativas para garantir que todos esses espaços pudessem fazer parte de uma única rede. Essas diretrizes, chamadas de "Fab Charter", de acordo com Eychenne & Neves em seu livro "FabLab – A vanguarda da nova Revolução Industrial", são as seguintes:

- FabLabs são uma rede global de laboratórios locais, permitindo a invenção e fornecendo acesso a ferramentas de Fabricação Digital.
- FabLabs compartilham um inventário de máquinas e componentes em evolução que auxiliam na capacidade básica de fazer (quase) qualquer coisa, permitindo também o compartilhamento de projetos desenvolvidos ali pelas pessoas.
- Fablabs oferecem assistência operacional, educacional, técnica, financeira e logística, além do que está disponível dentro do laboratório.
- FabLabs estão disponíveis como um recurso da comunidade, oferecendo acesso livre para os indivíduos, bem como o acesso programado para programas específicos.
- FabLabs têm as seguintes responsabilidades:
 - Segurança: Não ferir as pessoas ou as máquinas.
 - Operações: Ajudar com a limpeza, manutenção e melhoria do espaço.
 - Conhecimento: Contribuir para a documentação e instrução.

- Projetos e processos desenvolvidos nos FabLabs podem ser protegidos e vendidos. O inventor escolhe a maneira como seu projeto será realizado, porém, a documentação do projeto contendo os processos e as técnicas envolvidas deve permanecer disponível para que outros usuários possam aprender com elas.
- As atividades comerciais podem ser prototipadas e incubadas em um FabLab, mas não devem entrar em conflito com outros usos. Elas devem crescer para além do laboratório e beneficiar os inventores, os próprios laboratórios que lhe deram suporte e as redes que contribuíram para o seu sucesso". (Eychenne & Neves, 2013, p. 14)

A Fab Foundation, que foi formada em 2009 para fomentar e ajudar no crescimento da rede de FabLabs, por meio do acesso às ferramentas, ao conhecimento e aos meios financeiros, criou, através de sua presidente, Sherry Lassiter, outros quatro indicadores que devem ser seguidos pelos interessados em utilizar o nome "FabLab":

- "- O primeiro e fundamental: é essencial o acesso público ao FabLab. A ideia por trás dos FabLabs é democratizar o acesso às máquinas de expressão pessoal e invenção. Portanto, um FabLab deve ser gratuito ou trabalhar à base de troca de serviço pelo menos uma parte da semana.
- FabLabs devem subscrever e obedecer à "Lab Charter.
- FabLabs devem ter um conjunto de ferramentas e máquinas em comum. O ponto é que todos os FabLabs partilhem conhecimento, design e colaboração, independente de fronteiras físicas.
- FabLabs devem participar da rede mundial de FabLabs, ou seja, nenhum deles pode existir de forma isolada. Trata-se de ser uma parte de uma comunidade global de partilhamento de conhecimento".²⁴ (FabFoundation)

Para poder utilizar o nome FabLab, portanto, o laboratório precisa obedecer a todas estas diretrizes.

De acordo com o site especializado "FabLab.io", existem hoje no mundo 1.088 laboratórios espalhados em mais de 100 países²⁵. Nessa lista, o Brasil figura com 40 FabLabs. É um ótimo começo, pois, ainda de acordo com esta lista, estamos à frente de vários outros países em desenvolvimento, como a China, com 17 laboratórios, a Rússia com 32, e vários outros. Estamos à frente, inclusive, de países europeus como Áustria (8), Bélgica (17), e até mesmo do Japão (16).

²⁴ Disponível em <http://www.fabfoundation.org/index.php/what-qualifies-as-a-fab-lab/index.html> (acessado em 12/11/2016)

²⁵ Disponível em <https://www.fablabs.io/labs> (acessado em 25/11/2016)

O anexo I mostra o mapa de FabLabs localizados no Brasil, de acordo com a FabFoundation.

5.1 – FabLabs no Brasil

A Universidade de São Paulo (USP), como sempre, pioneira na área de tecnologia e educação, tanto com o Laboratório de Modelos e Ensaios (LAME) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), quanto com o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) da Escola Politécnica (POLI), já há bastante tempo utiliza as máquinas de Fabricação Digital. Por tudo isto, não é de surpreender que o primeiro FabLab a ser aberto no Brasil foi o FabLab SP, localizado nesta Universidade, mais precisamente no LAME, na Cidade Universitária. Esse primeiro FabLab se juntou à rede em 2011 e é bastante significativo que tenha sido aberto em uma Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, já que a construção de maquetes e miniaturas é um dos exemplos usados pelo autor para mostrar as possibilidades da fabricação pessoal.

A fabricação de modelos, de acordo com Gershenfeld, é um exemplo desta evolução; originalmente, as maquetes e miniaturas eram objetos tangíveis que adquiriam mais detalhes conforme o andamento do projeto e, mais recentemente, acabaram por se transformar em modelos virtuais. Agora, graças à convergência entre computação e fabricação, é possível alternar entre modelos físicos e digitais.

“Estas ferramentas estão tornando indistintas as fronteiras entre o modelo de alguma coisa e a coisa propriamente dita, e estão unidas as funções de design (a criação), de engenharia (o como), e de construção em uma nova noção de arquitetura. (...) Formas melhores de construir um modelo ou de modelar o que vai ser construído oferecem a este novo tipo de arquiteto uma oportunidade de trabalhar não apenas mais rápido e barato, mas também melhor, resolvendo coisas que seriam dificultadas pela tradicional separação entre desenho e produção”. (GERSHENFELD, 2005, p.103-104)

Em 2013, foi aberto o Garagem FabLab que, diferentemente do FabLabSP, era uma empresa privada, ou seja, o uso de seu equipamento tinha um custo, sendo aberto à comunidade apenas um dia por semana; hoje em dia, esse laboratório se transformou em uma Associação sem fins lucrativos.

Em 2015, a gestão do prefeito Fernando Haddad anunciou a criação de doze laboratórios públicos que se uniriam à rede FabLab e seriam a maior rede de laboratórios públicos do mundo. De acordo com o site da Secretária

Municipal de Inovação e Tecnologia, em Dezembro de 2015, foi aberta a primeira destas Unidades, chamadas de FabLab Livre SP, no Centro de Formação Cultural Cidade Tiradentes²⁶.

Esses FabLabs são uma parceria entre a Prefeitura de Municipal de São Paulo (PMSP) e o Instituto de Tecnologia Social (ITS), uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP). De acordo com a parceria, a PMSP fornece o espaço para a instalação dos laboratórios bem como o maquinário e os insumos, enquanto a atribuição da ITS é a contratação e o treinamento do pessoal que trabalha nesses espaços, constituído de técnicos e estagiários que são responsáveis pelos cursos ministrados em cada unidade, pelo uso e manutenção dos equipamentos e por gerenciar a utilização dos equipamentos.

Os FabLabs Livres SP são divididos em laboratórios grandes e minilaboratórios, diferenciados pelas máquinas existentes em cada tipo, conforme a tabela abaixo:

Maquinário por Grande Laboratório	
ITEM	QTDE
Impressora 3D	3
Plotter de Recorte	1
Cortadora a Laser Grande Formato	1
Fresadora CNC de Grande Formato	1
Fresadora CNC de Precisão	1
Fonte de Alimentação	1
Osciloscópio Digital	1
Gerador de Funções	1
Notebook PC	1
Projetor Multimídia	1
Televisor	1
Computador completo	10
Serra tico-tico de bancada	1
Serra tico-tico manual	1
Parafusadeira a bateria	2
Furadeira de bancada	1
Estação de solda	1
Bancada para marcenaria	1

²⁶ Disponível em:
http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/inovacao/inclusao_digital/index.php?p=194463
 (acessado em 06/12/2016)

Maquinário por Minilaboratório	
ITEM	QTDE
Impressora 3D	2
Fresadora CNC de Precisão	1
Computador completo	3
Serra tico-tico manual	1
Parafusadeira a bateria	1
Bancada para marcenaria	1

Fonte: Edital para seleção e apoio a projetos de cultura digital, inclusão e cidadania para a cidade de São Paulo edição 2016.

O site da Secretária Municipal de Inovação e Tecnologia informa, ainda, que os laboratórios foram distribuídos por toda a cidade, priorizando áreas socialmente vulneráveis e com grande circulação de pessoas. Os laboratórios foram implantados em edificações públicas existentes como CEUs e Espaços Culturais, visando a valorizar os espaços e atrair o público do entorno.

Ainda de acordo com a Prefeitura de São Paulo, a lista de FabLabs Livre é esta:

Grandes Laboratórios

- FabLab Livre SP Centro de Formação Cultural Cidade Tiradentes
- FabLab Livre SP CEU Heliópolis Profa. Arlete Persoli
- FabLab Livre SP Chácara do Jockey Club
- FabLab Livre SP Olido Cibernarium

Minilaboratório

- FabLab Livre SP Centro Cultural da Juventude
- FabLab Livre SP Casa da Memória de Itaquera
- FabLab Livre SP Centro Cultural da Penha
- FabLab Livre SP Centro Cultural São Paulo
- FabLab Livre SP CEU Parque Anhanguera
- FabLab Livre SP CEU Três Pontes
- FabLab Livre SP Espaço São Luís
- FabLab Livre SP Vila Itororó

No anexo II, está a lista com os endereços dos FabLabs Livres SP.

Foi feita uma visita técnica ao FabLab Livre SP Casa de Memória de Itaquera. Este FabLab Livre ocupa um espaço anexo à Casa da Memória de

Itaquera, um Centro Cultural e espaço de exposições localizado em uma construção histórica, no bairro de Itaquera.

O anexo onde se localiza o laboratório tem um pouco menos de 150m²; devido à área reduzida, as dimensões do maquinário existente são reduzidas, liberando mais espaço para os cursos que são ministrados em todos os FabLabs Livres. A figura 96 mostra o espaço destinado aos cursos ministrados no laboratório.

Figura 96 – Espaço destinado às aulas.

Fonte: Autor, 2016.

De acordo com a equipe que trabalha no laboratório, formada por dois técnicos e um estagiário responsáveis pelos cursos e pelo gerenciamento do espaço, a procura pelos cursos ministrados e mesmo pelos recursos do laboratório está abaixo da capacidade.

Nesta unidade, são ministrados cursos como Criação de Placas de Circuito, Marcenaria Digital, Desenho Digital, Introdução à fresadora CNC, Lógica de Programação com Scratch, Robótica com Arduino, Introdução às Técnicas de Fabricação Digital, entre outros. É possível notar que estes cursos são introdutórios, funcionando como uma forma para o entendimento das tecnologias disponíveis em cada um dos espaços.

Na unidade visitada, os funcionários informam que esses cursos são rápidos, durando algumas horas, mas que, dependendo do número de alunos e

da disposição desses, é possível que eles se aprofundem, indo além desse conteúdo básico.

Esses cursos são voltados, principalmente, para capacitar os usuários no uso das máquinas disponíveis e se utilizam de *softwares* livres. De acordo com os funcionários, é comum que os frequentadores cheguem com uma ideia simples, sem a exata noção de como executá-la, e saiam com as peças prontas após os cursos. Na figura 97, é possível notar um trabalho que está sendo desenvolvido por etapas; caso as normas fossem seguidas, seria impossível que esse trabalho ficasse na unidade enquanto estivesse sendo executado, mas, neste caso, foi aberta uma exceção.

Figura 97 – Trabalho em andamento.

Fonte: Autor, 2016.

A unidade conta com uma fresadora CNC com três eixos de pequeno porte, que está em segundo plano na foto 98. Em primeiro plano nessa imagem, é possível ver a cortadora a laser, que também está à disposição dos usuários do laboratório.

Figura 98 – Corte a laser e fresadora.

Fonte: Autor, 2016.

Para complementar os trabalhos de marcenaria executados no laboratório, o espaço conta com ferramentas utilizadas em oficinas, como serras e lixadeiras; essas máquinas também estão à disposição do público. Na unidade visitada, um dos problemas enfrentados é a falta de espaços de convivência dos usuários. Para resolver a questão, estão sendo fabricados móveis, pelos próprios usuários, com restos de madeira e MDF, que estão à disposição dos frequentadores.

Figura 99 – Máquinas manuais para trabalhos com madeira, disponíveis para os usuários.

Fonte: Autor, 2016.

O FabLab visitado também conta com uma impressora 3D. O FabLab Livre disponibiliza cursos voltados a jovens e adolescentes, e que ensinam a modelar edificações como as representadas na figura 100, objetos, figuras, etc. Os estudantes das escolas públicas localizadas nas imediações são convidadas a participar desses treinamentos, visando a popularizar e desmistificar esta tecnologia.

Figura 100 – Modelos executados por usuários.

Fonte: Autor, 2016.

Alguns dias antes da realização da visita técnica, havia chegado na Unidade um scanner 3D manual, bem como o *software* necessário, o que demonstra o quanto a PMSP continua investindo no projeto; esses equipamentos também estão à disposição dos frequentadores, que são auxiliados pelos técnicos, conforme a figura 101.

Figura 101 – Usuários utilizando o scanner 3D.

Fonte: Autor, 2016.

A disponibilização dessa tecnologia de construção digital gratuitamente por parte da PMSP pode representar uma forma de popularizar esses conhecimentos em um país onde 49% das residências não têm acesso à internet, de acordo com a pesquisa TIC Domicílios 2015. Os locais escolhidos para a instalação dos laboratórios demonstra essa preocupação por parte dos gestores municipais.

Os vários cursos introdutórios oferecidos nos FabLabs Livres, como o de estudos na plataforma Arduino, que, através da programação de uma miniatura de carro e obedecendo a alguns pré-requisitos, desmistifica a noção de robótica e possibilita, de forma lúdica, o ingresso de crianças e adolescentes na área de informática ou o curso de Lógica de programação JAVA, que ensina de forma simplificada a criação de programas simples, mostra uma preocupação dos gestores municipais com a formação digital dos jovens da periferia.

Na visita feita, uma das preocupações manifestadas pelos funcionários relaciona-se à mudança de gestão; historicamente, no Brasil, as novas gestões não dão continuidade aos projetos de gestões anteriores, o que está causando certa insegurança nas equipes.

Outro problema que é enfrentado pelos FabLabs é a falta de divulgação dos cursos e dos usos possíveis nos espaços. Na época da inauguração dos primeiros espaços, a mídia fez uma grande cobertura da iniciativa, mas, passados alguns meses, a ação não tem a divulgação necessária; de acordo com os entrevistados, é muito comum que os cursos tenham turmas reduzidas ou nem cheguem a acontecer por falta de interessados.

6 – Considerações Finais

As máquinas de Fabricação Digital já estão sendo usadas pelas empresas especializadas na construção de maquetes há quase 20 anos, ou seja, mais ou menos, quando surgiu o primeiro FabLab no MIT. Este uso, porém, se restringe às funções mais simples e básicas que estas ferramentas podem executar, isto é, elas vêm sendo utilizadas como estiletes eletrônicos já que os profissionais que estão envolvidos neste uso possuem apenas um objetivo, que é o aumento da produção de maquetes.

Podemos apenas imaginar o quanto estas máquinas poderiam ter sido aproveitadas em um ambiente acadêmico com um uso experimental. Quanta coisa poderia ter sido feita se não houvesse este distanciamento entre empresas e academia, que parece estar atrapalhando o desenvolvimento de ambas. Nos períodos de dificuldades econômicas, é desesperador observar tanto o investimento que foi feito, e que está parado, quanto o grande número de jovens formandos que entram em um mercado estagnado com poucas perspectivas. Mesmo que não tenhamos feito esforços neste sentido antes, pode ser interessante para todos os envolvidos começar a unir o mercado e a academia.

Um ótimo exemplo desta união pode ser encontrado na própria USP, com o Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia (CIETEC), criado a partir de um convênio de várias entidades e que funciona como incubadora para empresas de tecnologia, ou seja, tem a função de apoiar estas empresas em suas etapas iniciais; muitas destas empresas são frutos de projetos de pesquisa e inovação tecnológica.

As oportunidades que se abrem com a possibilidade de customização proporcionadas pelas máquinas de Fabricação Digital são imensas; vão desde assentos personalizados para cadeiras de rodas, conforme a figura 102, passando pelo desenho de mobiliário, conforme a figura 103, chegando, obviamente, até a arquitetura, conforme a figura 104.

Figura 102 – Modelo Digital e Programação de Usinagem do assento.

Fonte: Beretta, 2011, p. 91.

Figura 103 – *Sketch Chair*.

Fonte: Saul et al, 2011, p. 73.

Figura 104 – Modelo impresso em papelão, pronto para ser construído em compensado.

Fonte: Sass, 2006, p. 66.

A evolução dos métodos de FD que, além de facilitarem e agilizarem a construção de maquetes, tornou-se um diferencial no mercado. O escritório de Sir Norman Foster, o Foster+Partners, anuncia de forma clara em seu site que possui maquetarias em todas as suas filiais pelo mundo e três maquetarias em Londres, a sede principal do escritório, que contam com maquetistas experientes e são capazes de executar desde maquetes de Planejamento Urbano até Protótipos e *Mock-ups*. As figuras 105 e 106 dão uma ideia da dimensão de uma destas oficinas.

Figura 105 – Oficinas da Foster+Partners.

Fonte: www.fosterandpartners.com²⁷.

Figura 106 – Oficinas da Foster+Partners.

Fonte: www.fosterandpartners.com²⁸.

²⁷ Disponível em <http://www.fosterandpartners.com/design-services/design-support/model-making/> (acessado em 03/02/2017)

²⁸ Disponível em <http://www.fosterandpartners.com/design-services/design-support/model-making/> (acessado em 03/02/2017)

De acordo com uma palestra de 2015 ministrada por Gregor Anderson, gerente de Prototipagem Rápida no escritório Foster+Partners²⁹, a oficina conta com 50 profissionais e, além de estar integrada com todas as áreas do escritório, não dá sinais de que deixará de ser utilizada em um futuro próximo.

O conhecimento e a utilização desta tecnologia também representa um campo fértil para designers e arquitetos na criação e construção de móveis, objetos de decoração, além, é claro, de maquetes e protótipos. A popularização destas máquinas abre um grande campo de trabalho.

Outro ponto a ser considerado, ainda, é a contribuição econômica que estes laboratórios podem significar em um período de crise na criação e construção de móveis e objetos. Uma das diretrizes, de acordo com Muñoz, Sequeira & Coronel, na Argentina, é que

“cada vez surgem mais produtos de Desenho Industrial que incorporam o uso de tecnologias digitais de fabricação (...). Neste contexto, na situação atual – de fortes restrições econômicas – pareceria difícil afastar a viabilidade destas novas ferramentas.” (MUÑOZ, SEQUEIRA & CORONEL, 2012, p.5)

É bom lembrar que uma das diretrizes da Fab Chart, a Carta que orienta os FabLabs no mundo, incentiva o empreendedorismo, pois se destina também aos empresários, designers, artistas e estudantes que desejam passar mais rapidamente da fase de projeto para a fase de prototipagem.

Outra característica importante dos FabLabs é justamente esta abertura, isto é, diferentemente de um laboratório localizado em uma empresa ou em uma instituição de ensino, este tipo de oficina é aberto a todos, sem distinção de uso, prática, diploma ou projeto. Uma das chaves do sucesso desta iniciativa, na verdade, é justamente esta abertura, que facilita encontros, trocas e o desenvolvimento de métodos inovadores, favorecendo a redução de barreiras e incentivando a procura de novas soluções para novos problemas.

A formação oferecida pelos laboratórios, tanto na área de Fabricação Digital quanto na área de programação de autômatos e criação de programas pode significar uma carreira em uma área de tecnologia de ponta para moradores de regiões que normalmente são esquecidas e que são relegados a subempregos por parte do poder público. Convém lembrar que a área de

²⁹ Disponível em <http://blogging2.humanities.manchester.ac.uk/sedlab/?p=3054> (acessado em 03/02/2017)

tecnologia absorve mão-de-obra bastante capacitada e frequentemente encontra dificuldade de preencher as vagas que são abertas, especialmente em um mercado em crise. É claro que seria ingênuo afirmar que apenas esta iniciativa será suficiente para alterar uma realidade constante há muito tempo na vida desta população, mas este primeiro passo pode incentivar as crianças e os jovens a estudarem, além de oferecer uma perspectiva muito interessante de crescimento pessoal, profissional e financeiro.

Anexo I

Uma grande parte das disciplinas dos cursos de Arquitetura e Urbanismo em várias Instituições de Ensino Superior, especialmente a disciplina de “Projeto Arquitetônico”, utiliza-se de maquetes como ferramenta didática para o processo de ensino/aprendizagem. Um passeio rápido pelas salas de aula e ateliers em qualquer uma destas escolas pode apresentar um panorama dos erros e acertos feitos pelos estudantes, bem como da quantidade de modelos que são produzidos durante o semestre.

Uma saída para diminuir os erros cometidos pode ser a realização de *workshops* ou palestras com os profissionais da área, demonstrando técnicas e dando sugestões com a intenção de facilitar e tornar mais ágil a execução de modelos pelos alunos. É claro que a função das maquetes executadas por estudantes é muito diferente daquelas que são executadas por profissionais, mas algumas técnicas podem ser adaptadas e aproveitadas pelos alunos; em contrapartida, os profissionais que trabalham na fabricação de maquetes podem entender melhor o processo de criação de arquitetos e designers, além de se aprofundarem em arquiteturas mais contemporâneas e arrojadas.

É necessário salientar que, mesmo com toda a tecnologia, existem “várias etapas a serem percorridas entre o modelo tridimensional virtual e o objeto fabricado” (Milioli & Silva, 2013, p. 454). Sempre haverá a necessidade de algum trabalho manual a ser executado, mesmo que seja a simples limpeza de um objeto feito em uma impressora 3D.

É preciso que a construção da maquete seja pensada desta forma, isto é, como um modelo em escala reduzida, diferente da construção da edificação real, e com as suas especificidades. Mesmo com a ajuda fornecida pelas máquinas de Fabricação Digital, os usuários, “por não conhecerem adequadamente esses equipamentos, acabam não tirando proveito de suas possibilidades”. (Milioli & Silva, 2013, p. 454). Esta troca, portanto, seria benéfica para todos os participantes.

As figuras 107 a 111 mostram algumas maquetes fabricadas por estudantes e os erros mais comuns que são encontrados, que, de forma geral, referem-se à montagem e ao acabamento.

Figura 107 – Maquete de uma implantação.

Fonte: Autor, 2015.

Figura 108 – Montagem de uma volumetria.

Fonte: Autor, 2016.

Figura 109 – Montagem de uma edificação.

Fonte: Autor, 2015.

Figura 110 – Detalhe de uma montagem.

Fonte: Autor, 2016.

Figura 111 – Detalhe do erro na execução de uma maquete

Fonte: Autor, 2015.

Uma boa parte destes problemas pode ser resolvida com técnicas e orientações simples de profissionais que, além de melhorar o resultado dos trabalhos executados, provavelmente pouparia tempo e material aos alunos.

Por exemplo, na montagem de uma maquete topográfica, a colocação de um gabarito para a execução das curvas, conforme a figura 112, pode tornar a montagem mais ágil e diminuir a possibilidade de erro. Também é possível retirar a parte interna das curvas, economizando material e deixando a maquete mais leve.

Figura 112 – Opção para gabarito de montagem de uma maquete topográfica.

Fonte: Stavric et al, 2013, p. 131.

A montagem das edificações e volumetrias também pode ser melhorada com algumas indicações de sistemas de montagem e de acabamento, simples de serem postos em prática e que também irão melhorar o efeito a ser atingido. A figura 113 indica algumas opções de montagem de uma edificação.

Figura 113 – Detalhe das opções de encaixe em uma maquete.

Fonte: Stavric et al, 2013, p. 151.

Em longo prazo, o entendimento destas informações poderá fazer com que os alunos se sintam mais confiantes para utilizarem a maquete como uma auxiliar de projeto e um campo de experimentação para suas ideias de volumetria e estrutura, além de uma ferramenta de apresentação de suas propostas.

Anexo II

Figura 114 – Localização dos FabLabs no Brasil.

Fonte: FabFoundation³⁰, 2016.

³⁰ Disponível em: <https://www.fablabs.io/map?locale=pt> (acessado em 04/12/2016)

Anexo III

FabLab Livre SP

Grandes Laboratórios

Chácara do Jockey Club
Rua Santa Crescencia, 323
Butantã

Centro Cultural Cidade Tiradentes
Av. Inácio Monteiro, 6900
Cidade Tiradentes

Galeria Olido
Avenida São João, 473
Centro

Centro de Convivência de Heliópolis
Estrada das Lágrimas, 2385
Heliópolis

Mini Laboratórios

Espaço São Luís (Telecentro Criança Feliz)
Rua Bacabinha, 280
Jardim São Luís

Casa de Memória de Itaquera
Rua Antônio Carlos de Oliveira Cesar, 97

Centro Cultural da Penha
Largo do Rosário, 20
Penha

CEU Três Pontes
Rua Capachós, 400
Jardim Célia

CEU Anhanguera
R. Pedro José de Lima, 1020
Anhangurera

Centro Cultural da Juventude
Av. Dep. Emílio Carlos, 3641
Limão

Centro Cultural São Paulo
Rua Vergueiro, 1000
Paraíso

Vila Itooró
Rua Pedroso 238
Bela Vista

Referências Bibliográficas

ALBERTI, L. B. *Da arte de construir*. São Paulo, Ed. Hedra, 2012

AL-HASSANI, S. *Thousand years of missing history*. UK. Foundation for Science, Technology and Civilisation, 2004

BASSO, Ana C. F., *O modelo tridimensional na arquitetura do renascimento*. Rio de Janeiro, Projetar 2005 – II Seminário sobre ensino e pesquisa em projeto de arquitetura, 2005

BERETTA, Elisa M. *Tecnologia Assistiva: Personalização em massa através do design e fabricação de assentos customizados para cadeira de rodas*. Porto Alegre, Dissertação de mestrado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011

BOER, S. OOSTERHUIS, K. *Ework and e-business in Architecture, Engineering and Construction*. Istanbul, Ed. Taylor and Francis, 2004

CANEPARO, L. *Digital Fabrication in Architecture, Engineering and Construction*. New York, Ed. Springer, 2014.

CELANI, G. & BERTHO, C. A prototipagem rápida no processo de produção de maquetes de Arquitetura. In: GRAPHICA 2007, 2007, Curitiba. Proceedings of GRAPHICA 2007, 2007.

CELANI, G. & PUPO, R. *Prototipagem rápida e Fabricação Digital para Arquitetura e Construção: definições e estado da arte no Brasil*. São Paulo, Cadernos de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2008.

CONSALEZ, L. *Maquetas – La representació del espacio en el Proyecto arquitectónico*. Barcelona, Ed. Gustavo Gilli, 2008

DUNN, N. *Architectural Modelmaking*. London, Ed. Laurence King Publishing, 2010

DUNN, N. *Digital fabrication in architecture*. London, Ed. Laurence King Publishing, 2012

EMMONS, P. MINDRUP, M. *Material Models and immaterial paradigms in the Rietveld Schroder House*. Journal of Architectural Education, 2008

FLUSSER, V. *O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação*. São Paulo, Ed. Cosac Naify, 2013

FLORIO, W. TAGLIARI, A. *Fabricação digital de maquetes físicas: tangibilidade no processo de projeto em arquitetura*. São Paulo, Exacta, vol. 9 nº 1, 2011

FLORIO, W. TAGLIARI, A. *O uso de cortadora a laser na fabricação digital de maquetes físicas*. Sigradi, 2008 Disponível em: http://cumincaades.scix.net/data/works/att/sigradi2008_086.content.pdf (acessado em 27/08/2015)

FONSECA, Glaucia A. *A modelagem tridimensional como agente no ensino/aprendizagem nas disciplinas introdutórias de projeto de arquitetura*. São Paulo, Tese de doutorado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2013

FUJIOCA, Paulo Y. *Maquetes no ensino de história da arquitetura experiências de estágio de ensino na FAUUSP*. Revista do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU USP, São Paulo, n. 17. 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/43399> (acessado em 28/11/2014)

GIACAGLIA, M. E. & LARA, A. H. *Terminologia usada na fabricação digital, nas indústrias do produto e da construção*. Arquitetura revista (UNISINOS), v.7, p. 172-181, 2011.

GUO, Q. *The Mingqi Pottery Buildings of Han Dynasty China – Architectural Representations and Represented Architecture 206 BC – 220 AD*. Eastborne, Ed. Sussex Academic Press – Eastborne, 2010

HILL, Donald R., *Mechanical Engineering in the Medieval Near East*. Scientific American, 1991

IWAMOTO, Lisa. *Digital Fabrications: Architectural and material Techniques*, New York, Ed. Princeton Architectural Press, 2009

KATINSKY, Júlio R. *A pesquisa acadêmica na FAU*. São Paulo, Ed. FAU, 2003

KOLAREVIC, B. *Architecture in the digital age: design and manufacturing*. Ed. Spon Press, 2003

KOLAREVIC, B. & KLINGER, K. *Manufacturing material effects: Rethinking design and making in architecture*. New York, Ed. Routledge, 2008

KNOLL, W. & HECHINGER, M. *Maquetes Arquitetônicas*. São Paulo, Ed. Martins Fontes, 2003.

KOSTOF, S. *The Architect*. Oxford, Ed. Oxford University Press, 1977

MILIOLI, L. SILVA, Neander F. *As implicações formais do uso de diferentes sistemas CAD e Prototipagem Rápida no início do processo de projeto de arquitetura*. SiGradi 2013. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2013/0087.pdf> (Acessado em 15/07/2015)

MILLS, Criss B. *Projetando com maquetes: um guia para a construção e o uso de maquetes como ferramenta de projetos*. Porto Alegre, Ed. Bookman, 2007

NIC.BR – Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR *TIC Domicílios* 2015. Disponível em http://cetic.br/media/analises/tic_domicilios_2015_coletiva_de_imprensa.pdf (Acessado em 28/09/2016)

ROCHA, Paulo M. *Maquetes de papel*. São Paulo, Ed. Cosac Naify, 2009

ROZESTRATEN, Artur S. *Estudo sobre a história dos modelos arquitetônicos na Antiguidade: origens e características das primeiras maquetes de arquiteto*. Dissertação – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2003

SALMASO, J. VIZIOLI, S. *O uso do modelo físico e digital nos processos de projeto da arquitetura contemporânea*. São Paulo, Anais do 2º Seminário Internacional “Representar Brasil, 2013”, 2013

SASS, L. *A wood frame grammar: A generative system for digital fabrication*. www.architecturalcomputing.org, Issue 01, volume 04, 2006

SMITH, Albert C. *Architectural Model as machine*. Massachussets, Ed. Architectural Press, 2004.

STAVRIC, M. SIDANIN P. TEPAVCEVIC B. *Architectural Scale Model in the digital age*. Viena, Ed. Springer, 2013

TAGLIARI, A. FLORIO, W. *Fabricação Digital de Superfícies: Aplicações da modelagem paramétrica na criação de ornamentos na arquitetura contemporânea*. São Paulo, SiGradi, 2009

VASARI, G. *Vida dos artistas*. São Paulo, Ed. WWF Martins Fontes, 2009

VIRILIO, P. *A arte do motor*. São Paulo, Ed. Estação Liberdade, 1996