

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**Flávia Ballerini**

# **FABRICAÇÃO DIGITAL: UMA ANÁLISE CRÍTICA**

**FORTALECENDO A COOPERAÇÃO POR MEIO DA FABRICAÇÃO  
DIGITAL**

Belo Horizonte  
2017

**FLÁVIA BALLERINI**

**FABRICAÇÃO DIGITAL: UMA ANÁLISE CRÍTICA –  
FORTALECENDO A COOPERAÇÃO POR MEIO DA  
FABRICAÇÃO DIGITAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação  
em Arquitetura e Urbanismo – NPGAU, da  
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito  
parcial à obtenção  
do título de Doutora em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração:  
Teoria, Produção e Experiência do Espaço.

**Orientador: Prof. Dr. José dos Santos Cabral Filho**

Belo Horizonte

2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Código BALLERINI, Flávia**  
**Fabricação Digital: uma Apropriação Crítica / BALLERINI, Flávia**  
**- 2017**

**Orientador. José dos Santos Cabral Filho**

**Doutorado - Universidade Federal de Minas Gerais,  
Escola de Arquitetura**

- 1. Fabricação Digital.**
- 2. Teoria do projeto em Arquitetura**
- 3. Cooperação na produção da arquitetura**
- 4. Aprendizagem**

- I. Cabral Filho, José dos Santos.**
- II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de  
Arquitetura.**
- III. Fabricação Digital: Uma apropriação Crítica.**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Tese defendida junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo/ NPGAU da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, e aprovada em 31 de agosto de 2017 pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. José dos Santos Cabral Filho (Orientador - EA-UFMG)



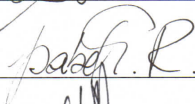
Profa. Dra. Ana Paula Baltazar dos Santos (EA-UFMG)



Prof. Dr. Sandro Canavezzi de Abreu (EA-UFMG)



Profa. Dra. Isabel Amália Medero Rocha (UFPB)



Profa. Dra. Underléa Miotto Bruscatto (UFRGS)



Dedico este trabalho à Clér, Joaquim, Frida,  
Xico e ao Prof. José Cabral.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Design da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio.

Agradeço ao Programa Prodoutoral – CAPES – MEC, pelo apoio financeiro.

Agradeço ao NPGAU da Escola de Arquitetura da UFMG.

Agradeço ao grande amigo e orientador José dos Santos Cabral Filho, que soube compreender minhas limitações e dificuldades.

## RESUMO

Esta pesquisa propõe analisar a Fabricação Digital e suas mais recentes apropriações na Arquitetura e no Design. O objetivo da pesquisa consiste na busca de uma apropriação crítica do que tem se produzido nos laboratórios de Fabricação Digital, trazendo benefícios para a Arquitetura e áreas afins. Por meio de um reexame das potencialidades do aprender fazendo e da retomada da materialidade perdida nos processos convencionais de projeto, que são reproduzidos com o uso do computador, avançando para a alienação dos envolvidos do processo de projeto, essa Tese visa à autonomia e à emancipação. Procura um diálogo crítico com a vanguarda da arquitetura de fabricação digital, apresentando como hipótese uma proposta de apropriação de baixo para cima (*bottom-up*) passível de ser implementada no ensino e na prática da Arquitetura – a partir de experiências de laboratórios híbridos, digitais e analógicos, compartilhados, democráticos e de fim social. Tendo em vista essa hipótese, busca-se aprofundar a pesquisa nos crescentes movimentos da década de 1980, *Maker* e *Hackerspace*, *Do-It-Yourself* (DIY), *Do-It-Together* (DIT). Desta forma, a pesquisa mostra duas vertentes de apropriação da Fabricação Digital, o *Fabrication Laboratory* (Fab Lab) do Massachusetts Institute of Technology (MIT) e a Architectural Association Visiting School (AAVS). Procura-se fazer uma abordagem crítica de ambas, elegendo o modelo Fab Lab como exemplo mais próximo do que se propõem como síntese: o uso de laboratórios de Fabricação Digital nas escolas de Arquitetura, como modelo de aprendizagem cooperativa, cocriativa e colaborativa, com capacidades abertas para sua democratização, por meio de políticas públicas aliadas ao pensamento e à pesquisa universitária. Para esta apropriação crítica, a Tese apresenta a tecnologia da Fabricação Digital dentro de seu contexto econômico, político e social, o qual remonta suas matrizes históricas à Revolução Industrial e ao modo de produção capitalista, chegando ao *open source*/código aberto que, a partir da década de 1980, abre as potencialidades de uso desta tecnologia, chegando até dias atuais com seu enorme potencial disruptivo em todos os campos de pesquisa e conhecimento.

Palavras-chave: Fabricação Digital, Teoria do projeto em Arquitetura, Cooperação na produção da arquitetura, Aprendizagem

## **ABSTRACT**

This research proposes to analyze the Digital Fabrication as a process of design integrated to the processes of industrial production that has as a common means the digital codification and its most recent appropriations in architecture and design. The objective of the research is to search for a critical appropriation of what has been produced in the Digital Fabrication laboratories that may be able to bring benefits to the architecture and related areas, through a reexamination of the potentialities of learning through the resumption of materiality, that in the conventional processes of design, which are reproduced with the use of the computer, ends up being lost the materiality and moving towards the alienation of those involved in the design process, so this thesis aims at autonomy and emancipation. From there, we seek a critical dialogue with the vanguard of the digital manufacturing architecture, presenting as hypothesis a proposal of critical, shared and bottom-up appropriation that can be implemented in the teaching and practice of architecture - the from hybrid, digital and analog, shared, democratic and social endowment experiences. Based on this hypothesis, we seek to deepen our research into the growing movements of Maker and Hackerspace since the 1980s, which are a reinvention of Do-It-Yourself (DIY) movements, transformed into Do-It-Together (DIT). From this, the research shows two strands or models of appropriation of the Digital Fabrication as the Fabrication laboratory (Fab Lab) of the Massachusetts Institute of Technology (MIT) and the Architectural Association Visitig School (AAVS). It seeks to take a critical approach to both, choosing the Fab Lab model as an example that is closer to what we propose as a synthesis: the use of Digital Manufacturing laboratories in architecture schools, based on a learning model based on cooperation and knowledge sharing , both technical and political. The first objective is to mobilize cooperation between people through technology: learning to cooperate with one another. For this critical appropriation, the thesis presents the technology of the Digital Fabrication within its economic-political and social context, which traces its historical matrices to the Industrial Revolution and the capitalist mode of production, arriving at the open source that, from of the 1980s, opens up the potential of using this technology outside the factories, reaching until today with its enormous disruptive potential in all fields of research and knowledge.

**Keywords: Digital Manufacture, Project Theory in Architecture, Cooperation in the production of architecture, Learning**

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
1.2 DIRETRIZES .....	20
1.2.1 A questão de pesquisa.....	21
1.2.2.1 Objetivo geral .....	21
1.2.2.2 Objetivos específicos .....	25
1.3 ESTRUTURA DA TESE .....	25
<b>2 FABRICAÇÃO DIGITAL</b> .....	31
2.1 DEFINIÇÕES E MÉTODOS.....	35
2.1.1 Definições.....	35
2.1.2 Métodos de Fabricação Digital.....	38
2.1.2.1 Método subtrativo.....	38
2.1.2.2 Método formativo.....	40
2.1.2.3 Método aditivo.....	40
2.2 A IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL.....	42
2.2.1 Aplicações da impressão 3D na atualidade.....	44
2.3 MATRIZES HISTÓRICAS DA FABRICAÇÃO DIGITAL.....	51
2.3.1 A tecnologia e o aparato bélico.....	56
2.3.2 O advento do <i>Open source</i> / Código aberto.....	60
2.4 A CNC NO CONTEXTO DA FLEXIBILIZAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	64
2.5 ASPECTOS CONCLUSIVOS.....	71
<b>3 FABRICAÇÃO DIGITAL E ARQUITETURA</b> .....	73
3.1 O PAPEL DOS ARQUITETOS NA POPULARIZAÇÃO DO COMPUTADOR.....	77
3.2 A DIFUSÃO DE PESQUISAS SOBRE FABRICAÇÃO DIGITAL.....	80
3.3 A TEORIA DO DIGITAL DESIGN.....	95
3.3.1 Aspectos críticos da apropriação do Digital Design.....	99

3.3.2 A diluição das fronteiras entre o código digital e a concretude material.....	109
3.3.3 O design baseado no material.....	114
3.3.4 A atualidade do design baseado no material.....	123
3.4 ASPECTOS CONCLUSIVOS.....	129
<b>4 FABRICAR, COOPERAR, COMPARTILHAR.....</b>	<b>133</b>
4.1 O MODELO PEDAGÓGICO DA ARCHITECTURAL ASSOCIATION VISITING SCHOOL - AAVS - SÃO PAULO HIGH-LOW.....	136
4.1.1 Princípios estruturadores do <i>workshop</i> .....	139
4.1.2 Argumentos teóricos.....	140
4.1.3 As atividades e a dinâmica didática do <i>workshop</i> .....	142
4.1.4 Análise crítica do desenvolvimento e do conteúdo do AAVS.....	145
4.1.5 Análise crítica dos princípios estruturantes do <i>workshop</i> .....	148
4.2 A rede mundial de Fab Labs - MIT: uma experiência pedagógica de compartilhamento .....	152
4.2.1 Os desdobramentos institucionais do Fab Lab.....	154
4.2.2 Encontros presenciais Fab Lab - a Conferência Fab10 – Barcelona, 2014.....	159
4.2.3 Experiências Fab Lab: formas de apropriação e cooperação em contextos mundialmente diversos.....	165
4.2.3.1 Fab Lab Manchester .....	167
4.2.3.2 Fab Lab – Vestmannaeyjar.....	167
4.2.3.3 Grupo uAbureau.....	168
4.2.3.4 <i>FabLab</i> – Amsterdam .....	170
4.2.3.4 IAAC e o <i>FabLab</i> Barcelona.....	172
4.2.4 _ Experiências brasileiras com o modelo Fab Lab.....	174
4.3 _ ASPECTOS CONCLUSIVOS - INOVAÇÃO SOCIAL VERSUS EMPREENDEDORISMO.....	177

<b>5 A FABRICAÇÃO DIGITAL COMO POLÍTICA PÚBLICA.....</b>	<b>183</b>
5.1 O DIY/DYT COMO MODELO DE EMANCIPAÇÃO E DE COOPERAÇÃO.....	186
5.2 _ A FABRICAÇÃO DIGITAL COMO ESTRATÉGIA DE POLÍTICA PÚBLICA.....	191
5.2.1 EUA: A Fabricação Digital como política pública - <i>America Makes</i> .....	191
5.2.2 União Européia: redes de compartilhamento - <i>Digital Social Innovation</i> - DSI .....	196
5.2.3 Prefeitura de São Paulo: A implantação da Rede Fab Lab Livre SP.....	198
5.3 ASPECTOS CONCLUSIVOS - POLÍTICAS PÚBLICAS VERSUS EMPREENDEDORISMO.....	202
<b>6 A SOCIEDADE NA ERA DA TECNOLOGIA DIGITAL.....</b>	<b>215</b>
6.1 OS DILEMAS DA TECNOLOGIA E O LUGAR DA ÉTICA NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA.....	220
6.2 O CONCEITO DE DEFASAGEM TECNOLÓGICA SOB A ÓTICA DE VILÉM FLUSSER.....	229
6.3 O COMPARTILHAMENTO E AS HABILIDADES DIALÓGICAS.....	240
6.4 ASPECTOS CONCLUSIVOS - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E O CONTEXTO BRASILEIRO.....	246
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS - COOPERAÇÃO E EMANCIPAÇÃO ATRAVÉS DE UMA APROPRIAÇÃO CRÍTICA DA FABRICAÇÃO DIGITAL.....</b>	<b>253</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>261</b>



## **1 INTRODUÇÃO**



## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Fabricação Digital é o resultado da integração do design e da produção industrial através das técnicas de informação e de comunicação digital. Pode-se dizer que, na atualidade, a Fabricação Digital possibilita a recuperação da experiência humana com os materiais em correlação com a sua base digital.

Sua origem nos remete a meados da década de 1940, no período do Pós-Guerra, quando emergiram novos meios de produção industrial e novos modos de vida que se desdobram e alcançam a contemporaneidade. Entre as décadas de 1950 e 1970, tem-se o advento do CNC – Computer Numeric Control<sup>1</sup>. As técnicas de CAD –Computer Aided Design<sup>2</sup> e CAM – Computer Aided Manufacturing<sup>3</sup>, iniciam sua entrada nos parques industriais, a partir de meados de 1970 a 1980, primeiramente o CAD e depois o CAM, dando início a uma grande transformação nas linhas de produção e inserindo o trabalho humano na produção mecanizada. Consolida-se, desse modo, definitivamente o CNC – Computer Numeric Control como processo de produção da grande indústria. Este fenômeno sai do campo restrito da produção industrial e é incorporado, a partir de meados da década de 1980, pelos mais diversos campos de pesquisa – do Design à Arquitetura, da Medicina até a Moda e a Culinária, entre outros – beneficiando-se, a partir dos anos de 1990, da disseminação e do compartilhamento do conhecimento propiciado pela crescente popularização da Internet.

No início do século XXI, a impressão 3D ganha grande visibilidade. Sua popularização aponta para a constituição de novos processos e meios para a produção, tanto industrial quanto de pesquisa, com a admissão de novas bases materiais nas quais se assentam as técnicas de Fabricação Digital hoje.

---

<sup>1</sup> CNC – Comando Numérico computadorizado

<sup>2</sup> CAD – desenho assistido pelo computador

<sup>3</sup> CAM – manufatura assistida pelo computador

Assim, esta pesquisa inicia com uma breve definição dos conceitos e dos métodos de produção, passando em seguida para a análise dos propósitos e os contextos políticos e econômicos dessa tecnologia. Procura-se caracterizar a Fabricação Digital não apenas como um novo método de produção a ser utilizado, mas, também, como um campo do conhecimento a ser explorado. Busca-se mostrar os processos de reconfigurações – rupturas e continuidades – nos métodos de produção industrial, desde as suas matrizes históricas, na Revolução Industrial, chegando ao fenômeno da cultura *open source* com os aplicativos de código aberto, sem as restrições à propriedade intelectual. Aqui vê-se um novo paradigma para a disseminação das técnicas de produção por meios digitais, quando se abrem ao compartilhamento os códigos-fonte de *softwares* e *hardwares* ligados, principalmente, ao universo da fabricação por meios aditivos.

Em um segundo momento, a pesquisa abre espaço para a reflexão sobre a relação entre as técnicas de Fabricação Digital e a produção da Arquitetura. Busca-se uma compreensão mais alargada do lugar das invenções e das inovações tecnológicas no modo de pensar os processos de design e de produção da arquitetura na atualidade.

A pesquisa se estende, de forma mais ampla, sobre as consequências da adoção da Fabricação Digital nas relações de trabalho, promovendo alterações sociais, na era do compartilhamento da informação propiciado pela Internet. Procura-se, assim, apontar as possibilidades de afirmações positivas de caminhos para uma apropriação crítica da Fabricação Digital, não apenas no campo educacional e profissional da Arquitetura, como também nos desdobramentos do pensamento contemporâneo e da produção baseada no compartilhamento do conhecimento, nas situações em que a Fabricação Digital é tratada como dispositivo que potencializa a cooperação.

Nesse contexto, tais técnicas não são tratadas a partir de um ponto de vista apenas utilitarista, do ponto de vista da automação da ação de fazer e da produção material, dispensando quaisquer traços de subjetividade dessa ação de fazer. Ao contrário, procura-se abrir outro caminho que permita aumentar o potencial de transformações sociais positivas. Visa, também,

abrir caminho para a cooperação, tendo como objetivo que melhorar a qualidade de vida dos sujeitos e das comunidades, por meio de compartilhamentos que envolvem o aprendizado social e dialógico entre diferentes grupos e culturas.

A eleição desta temática, ou seja, a circunscrição do campo da Fabricação Digital como objeto de estudo, não se ocupa, como já dito, apenas de uma interpretação instrumentalista, ou de uma ação que vise a uma atualização tecnológica. Ela é, sobretudo, o resultado de uma antiga inquietação pessoal diante do impasse aberto pela distância entre o código digital no projeto contemporâneo e a materialidade do mundo físico, ou seja, da distância entre o projeto e a construção.

Do mesmo modo, desde a Dissertação de Mestrado da autora desta Tese (BALLERINI, 2002), já havia uma preocupação com as finalidades sociais que o uso das tecnologias digitais poderiam alcançar no âmbito da Arquitetura, como proposta democrática e aberta à participação dos sujeitos envolvidos. Durante o Mestrado, 2000-2002, a autora buscou formas de diálogo com o Mutirão São Gabriel, criando interfaces e jogos que, se acreditava, pudessem contribuir para a participação dos interessados no projeto arquitetônico que seria desenvolvido por uma equipe de arquitetos e professores da Escola de Arquitetura da UFMG – EA UFMG. Teve-se, como resultado concreto desse experimento, a coesão do grupo de mutirantes com a atribuição de importância à cooperação entre mutirantes e pesquisadores para um processo de cocriação no projeto e na construção das moradias.

Assim, o interesse inicial da pesquisa de doutorado originou-se da vivência – tanto prática quanto acadêmica – da assimetria tecnológica entre, de um lado, o projeto – entendido aqui como processo de projeto que emerge de técnicas avançadas de *softwares* e *hardwares* cada vez mais potentes e, do outro lado, o canteiro de obras, especialmente no Brasil, que se mantém como espaço de extração da mais valia a despeito dos diversos estudos e pesquisas que tratam do tema (FERRO, 2006).

Percebe-se que o material produzido pelos arquitetos é fortemente pautado pela hierarquia do mental sobre o manual e pela separação entre o projeto e a construção. Isso foi instaurado no século XV, através da figura marcante de Filippo Brunelleschi, durante a construção da cúpula da Catedral Santa Maria del Fiore, em Florença – uma das primeiras catedrais em estilo Renascentista (FERRO, 2006).

Desse modo, a pesquisa de doutorado é continuidade do tipo de tecnologia social proposta e experimentada na Dissertação de Mestrado da autora, a partir dos conceitos de inclusão social e digital. A Tese avança, propondo como hipótese a possibilidade de disseminar e compartilhar conhecimentos e vivências em ambientes híbridos (digitais e analógicos – presenciais ou assíncronos): em laboratórios multidisciplinares, abertos à pesquisa e à experimentação em um ambiente que favoreça a inovação tecnológica e o aprendizado compartilhado. É uma aposta no aprendizado dialógico estimulado pela fabricação digital capaz de trazer materialidade ao processo de projeto. Ao mesmo tempo, imagina-se trazer, também, o processo de projeto para a produção material com a intenção de superar a assimetria entre trabalho intelectual e manual na Arquitetura.

Em um aprofundamento dos desdobramentos da Fabricação Digital na atualidade, chega-se à fabricação pessoal. Este novo método de fabricação tem ganhado destaque com a disseminação do acesso a diversos recursos de fabricação, muito além dos recursos associados à impressão 3D. O conceito de fabricação pessoal ganha notoriedade com o advento das oficinas cooperativas e de movimentos no início do século XXI. Esses movimentos são uma atualização dos movimentos *Do-It-Yourself* – DIY (faça você mesmo), transformados em *Do-It-Together* – DIT, (faça-o junto), que se caracterizam como movimentos de pessoas com certo tipo de ativismo direcionado à cooperação e à produção autônoma, quando associada a um modelo de produção local e compartilhamento global. Como nas associações de programadores de *softwares* livres, movimentos tais como o *Open Source*, DIY e DIT, *Maker Movement*, *Fixed Movement*, *Space Hackers*, formam um tipo de resistência contra a burocracia do estado e a obsolescência programada, embora mantendo em movimento o modo

capitalista de produção. Neste contexto, a cultura *Maker* revela a possibilidade de se estabelecer como um impacto significativo e transformador na nossa cultura de consumo.

Os movimentos *Maker* podem ser vistos, também, como referência e proposição de modelos de oficina e cooperação, usados para a criação do Fab Lab do *Bits and Atoms Centre do Massachusetts Institute of Technology* – MIT, criado em 2003. Tratou-se, portanto, de uma leitura do MIT sobre estes movimentos sociais que orientou os fundamentos teóricos práticos do Fab Lab MIT.

Em 2014, quando a rede mundial Fab Lab comemorou seus dez anos de existência, ocorreu a décima conferência, em Barcelona, o Fab Lab 10 (da qual a autora dessa Tese participou). O modelo Fab Lab de ambiente de aprendizado e inovação tecnológica já reunia mais de 390 Fab Labs distribuídos em vários países. Hoje, este número está na ordem de mais de 1.000 laboratórios espalhados por diversos países, segundo dados da *FabFoundation*. Com a contribuição do Fab Lab – MIT – movimentos como *Waag Society*, de Amsterdam, e o *InSitu*, em Medellin, que serão tratados no capítulo quatro desse trabalho, estão alimentando um tipo de aprendizado social que é uma associação entre inovação tecnológica e cooperação, tanto à distância quanto local, especializada em laboratórios interligados em escala global.

Considera-se este ambiente/contexto como bastante favorável à hipótese e proposição formuladas. A possibilidade de transformação social, subjacente a estes movimentos, se mostra tão potente que suas estratégias têm sido adotadas como políticas públicas em vários países (inclusive com uma experiência recente no Brasil, na cidade de São Paulo, com a montagem da *Rede Fab Lab Livre SP*, a partir de 2016, numa iniciativa pública). Nos países europeus, ela tem sido adotada como forma de articulação social. Já nos EUA, a adoção do Movimento *Maker* se transformou em política de Estado, com o próprio presidente Obama vindo à público promover o que seria uma nova onda de desenvolvimento pós-industrial.

## 1.2 DIRETRIZES

Em termos metodológicos, esta pesquisa se calcou em extensivas revisões bibliográficas; levantamento de fontes; mapeamento de *sites* de instituições e fundações envolvidas com o tema da Fabricação Digital e da tecnologia social; análises das contribuições das mídias digitais de periódicos, livros e artigos especializados para a divulgação dos argumentos teóricos e da prática da Arquitetura no campo do Digital Design e da Fabricação Digital.

Empiricamente, a experiência direta com a produção foi de fundamental importância para se pensar nos meios – os *softwares*, os modelos, a maquinaria – tanto do ponto de vista da dinâmica que está por trás dos maquinários quanto do ponto de vista da absorção das novidades tecnológicas sem antes perguntar: para que serve? Essa experiência foi realizada com participação presencial em eventos específicos de Fabricação Digital: cursos, *workshops*, fóruns, feiras, visitas a laboratórios de Fabricação Digital e encontros especializados, no Brasil e no exterior, a saber:

- a) AAVS São Paulo Visiting School – AA São Paulo High – Low Design Workshop. São Paulo, 12 a 21/07/2011;
- b) visita ao Fab Lab Amsterdam, Holanda, 11 a 19/08/2013;
- c) Fab 10, “The 10th International Fab Lab Conference e Fab Festival”, Barcelona, Espanha, 02 a 08/07/2014;
- d) Fab City Symposium, Barcelona, Espanha, 07/07/2014;
- e) Fórum Permanente de Ciência, Tecnologia e Inovação. Temática: “Laboratório de Fabricação digital como ponte entre a universidade e a sociedade”, Campinas, SP, 18/05/2016;
- d) curso: “Como Criar um Fab Lab”, ministrado por Heloísa Neves, diretora executiva do WE Fab e representante do Fab Academy no Brasil. Carga horária: 20 horas, São Paulo, SP; 22 a 24/07/2016;
- e) visita aos laboratórios de fabricação na cidade de São Paulo: We Fab Lab, Fab Lab Livre – Olido, Fab Lab Livre – Jockey club, Garagem Fab Lab, Fab Lab Senai. São Paulo, SP; 26 a 29/09/2016.

Inicialmente, pensou-se em fazer um experimento com a montagem de um centro de Fabricação Digital. Mas devido ao tempo exíguo e às limitações infraestruturais e econômicas, optou-se por investigar os aspectos teóricos por detrás do assunto e aprofundar o conhecimento de experiências práticas, levadas a cabo em contextos variados.

O levantamento destas experiências teve como foco inicial os EUA – por ser o local de origem e um centro irradiador destas abordagens – e a Europa – por ter experiências bem consolidadas na área. Foram pesquisadas também experiências brasileiras e na América Latina, a exemplo do InSito, que se mostrou especialmente significativo por lidar com um contexto similar ao brasileiro, com abordagens singulares de atuação na escala da arquitetura e espaços públicos de interesse social.

#### 1.2.1 A questão da pesquisa

Diferente dos Laboratórios de Fabricação Digital mais bem sucedidos do mundo, mantidos por recursos e investimentos públicos de alta monta, as expectativas de financiamento público no Brasil são mais escassas e os financiamentos privados são mais destinados ao mercado de trabalho com foco no empreendedorismo e menos destinados à pesquisa. Deste modo, a Tese busca indicar caminhos para que se possa refletir sobre os Laboratórios de Fabricação Digital como possibilidade para interconectar ambientes escolares públicos e privados, porém sem se submeter à opção de franquia – que tem sido adotada também no Brasil com o avanço do modelo Fab Lab MIT – construindo redes próprias. Assim, propõe-se que a cooperação e os compartilhamentos entre laboratórios de fabricação devam ocorrer principalmente no âmbito do ensino e da pesquisa entre escolas locais e distantes, públicas e privadas, interessadas na colaboração e na cocriação.

##### 1.2.2.1 Objetivo geral

Neste viés, esta Tese visa o aprendizado dialógico da Arquitetura, em sua relação com pessoas ou comunidades que venham sofrer sua interferência (pessoas ou grupos, independentemente do grau escolaridade ou de

especialização). O objetivo continua focado em poder interferir positivamente no contexto da produção da Arquitetura, trazendo ao alcance dos usuários (coautores do processo de concepção e de consecução da Arquitetura) as tecnologias de Design e produção digitais imbricadas ao fazer e à produção material.

Esse objetivo que foi embrionário da presente pesquisa, não ocorreu tão somente pela importância da popularização da Fabricação Digital como mais uma ferramenta para o arquiteto contemporâneo. Mas, acima de tudo, busca-se, como objetivo geral, a superação das assimetrias entre o pensar e o fazer no campo da Arquitetura.

Diante da compreensão desta assimetria (entre o pensar e o fazer, entre o desenho e o canteiro), a pesquisa assenta-se sobre uma vertente norteadora que consiste na crítica às apropriações que têm sido feitas pelo campo da Arquitetura sobre os argumentos e as demandas que o fenômeno da Fabricação Digital tem promovido até hoje. Isto ocorre desde o modo como ela se estabelece como prática de uma Arquitetura de exceção, voltada à produção de formas e geometrias complexas, até o debate teórico e prático que se forma ao redor do tema, através das mídias culturais, em que prevalece o papel do arquiteto e seu empoderamento a partir da superespecialização.

Estes são dilemas que aparecem no caminho da apreensão do que seja a Fabricação Digital e seus desdobramentos para o campo da Arquitetura. Estão imbricados pelos termos que essa tecnologia carrega consigo. Por um lado, um enorme potencial de transformações, tanto nas formas de produção, de consumo, das relações de trabalho nos moldes industriais, quanto nas mais diversas inovações de aprendizado social e cultural. Por outro lado, vê-se também uma crescente “superespecialização” (demandada pelo avanço da tecnologia digital) que mantém a tecnologia blindada, de difícil apropriação para fins democráticos, pelo menos no campo da Arquitetura.

Dentro dessa cadeia de mudanças tecnológicas, o Design e a produção da Arquitetura caminham para a constituição de um campo expandido, como apontam Achim Menges, Rivka Oxman e Sean Ahlquist. Isso ocorre a partir da convergência de áreas altamente especializadas, como a Engenharia de Materiais, a Ciência da Computação, a Biogenética, entre outros campos do saber que são a base para a definição dos conceitos que orientam o *Computational Design Thinking* (MENGES, AHLQUIST, 2011).

Hannah Arendt (1983) já ressaltou que as ciências na contemporaneidade, “[...] são forçadas a adotar uma ‘linguagem’ de símbolos matemáticos que, embora originalmente destinada a abreviar afirmações enunciadas, contém agora afirmações que de modo algum podem ser reconvertidas em palavras.”.

Para Rivka Oxman (2008) e Bruno Kolarevic (2008), a teoria do *Digital Design* reivindica um papel central para o arquiteto, nesse campo expandido da pesquisa contemporânea. Através da apropriação do avanço nas técnicas de programação de processos morfogênicos, tem-se a emergência da forma – *form-finding*. Este propósito caracteriza-se, especialmente, por uma crescente ênfase no formalismo estético e na necessidade de aumento da expertise do arquiteto para a produção da complexidade formal e material. No Digital Design, o projeto passa a ser da ordem da definição de parâmetros, do controle dos comportamentos dos materiais e a gerência de geometrias complexas através de algoritmos. Oxman (2008) avalia as práticas de projeto em meio digital e defende a constituição desse campo teórico único e autônomo, altamente especializado, ao qual se faz oposição.

Portanto, objetivo geral consiste na crítica que incide no fato da Arquitetura, até recentemente, fazer a escolha de serventia às demandas “rentistas” do modo de produção capitalista. Tal posicionamento da vanguarda da Fabricação Digital – tem buscado legitimar seu discurso sobre a complexidade, tomando-o como reflexo do aumento da complexidade das relações sociais e destas com a tecnologia: um discurso que age sobre a pesquisa, fazendo com que a complexidade venha gerar mais complexidade. No entanto, vê-se como positivas e enriquecedoras outras abordagens da

complexidade social e tecnológica. Tais complexidades serão objeto de investigação desta Tese, sendo a complexidade social o ponto principal a ser desenvolvido neste trabalho, enquanto a complexidade tecnológica conta com as contribuições dos laboratórios do MIT para a construção de um modo de pensar o processo de projeto e a produção de objetos na escala da Arquitetura.

O Media Lab, renomado laboratório de mídias digitais do MIT, abriga pesquisas tanto o *Mediated Matter*, coordenado por Neri Oxman, como o *Fab Lab* (Laboratório de Fabricação), coordenado por Neil Gershenfeld, em que se associa o design à criação de novos materiais e processos inéditos de produção.

Forçando ainda mais a fronteira entre os universos material e digital, tem-se, como exemplos positivos, as pesquisas do arquiteto e pesquisador do campo da Fabricação Digital, Achim Menges. Os projetos que este arquiteto tem desenvolvido junto ao ICD (*Universität Stuttgart – Institute for Computational Design – Faculty of Architecture and Urban Planning*) investigam as qualidades performativas dos materiais diante de pressões externas e propriedades morfogenéticas. Geram objetos na escala da Arquitetura que são sensíveis às variações ambientais sem a utilização de sistemas eletrônicos ou mecânicos. O termo cunhado para expressar tal abordagem, o *Material Based Design*, é tratado por Menges como a capacidade computacional dos materiais de processar a informação.

Nesse contexto, essas importantes contribuições práticas e teóricas beneficiam o debate e enriquecem os processos de produção da Arquitetura Contemporânea. Mas, também, interpõem-se no caminho como um grande dilema para o uso da Fabricação Digital na Arquitetura: de um lado, tem-se a necessidade de um alto grau de especialização do designer e de sua adaptação aos novos processos de produção; do outro, tem-se as possibilidades de democratização do fazer, através do acesso ao conhecimento que é mobilizado por novos modelos de aprendizado e compartilhamento da informação, por meio da cultura open source e a Internet

e exemplificados pelas oficinas cooperativas e compartilhados que se tem disseminado rapidamente por todo o Planeta.

#### 1.2.2.2 Objetivo específico

A importância que se busca dar a esses modelos de apropriação da Fabricação Digital consiste na ideia de recuperar, conforme aponta o sociólogo e historiador Richard Sennett (SENNETT,2012), “habilidades de artífices”, de “fazer e consertar”, e de “moldar formas de cooperação dialógicas”, perdidas pelos modos como se tem apropriado as tecnologias. A partir desse espírito, são buscados dois objetivos específicos, quais sejam:

- a) contribuir para se pensar a assimetria entre o desenho e o canteiro;
- b) propor e considerar uma solução que venha de laboratórios de Fabricação Digital compartilhados por escolas de Arquitetura que possam se interligar tanto mundialmente quanto com as comunidades locais.

### 1.3 ESTRUTURA DA TESE

A Tese se articulou em seis capítulos sumarizados a seguir. No capítulo 2, a pesquisa busca apresentar as origens e as definições da Fabricação Digital, assim como suas matrizes históricas ligadas à Revolução Industrial e às transformações ocorridas no mundo do trabalho nas sociedades modernas. Além de um aspecto instrumental, apresenta-se a tecnologia da Fabricação Digital ligada aos avanços na produção industrial e, definitivamente, atrelada ao caráter bélico e aos jogos de poder entre as forças do capital e das nações. A intenção é refletir sobre a vida envolta pela tecnologia no período Pós-Revolução Industrial até chegar à contemporaneidade: o processo e as formas como se concebe o mundo do consumo e da produção das “coisas” e suas relações com as forças sociais e do trabalho.

Complementando este propósito, procura-se definir a tecnologia do ponto de vista instrumental: como ela se apresenta a partir do olhar técnico, definindo o campo da Fabricação Digital, descrevendo os métodos de produção, as

áreas de pesquisa, bem como sua evolução tecnológica desde suas origens até os dias atuais.

Procura-se dar ênfase à produção através de métodos aditivos, que apareceram no cenário da Fabricação Digital há pouco mais de 30 anos. Estes métodos ganham maior visibilidade na década de 2010, com a presença das impressoras 3D nos mais diversos campos de pesquisa e experimentação, propiciando novas formas de conceber e produzir as mercadorias, com alterações nas relações de trabalho e nos modos de vida humana. Finalmente, no capítulo 2, é apresentada uma narrativa histórica de algumas invenções e inovações tecnológicas. Neste enredo, busca-se evidenciar as crises e os movimentos de reestruturação do modo de produção capitalista.

No terceiro capítulo, são tratados os desdobramentos da Fabricação Digital no campo da Arquitetura. O design e a produção integrados digitalmente são abordados como técnica e como discurso da Arquitetura. A intenção é entender como o campo da Arquitetura se reconfigura com as mudanças nos métodos de concepção e de produção, resultantes do avanço das técnicas integradas de design e de Fabricação Digital. Discute-se, também, os argumentos da complexidade e do aumento da especialização do arquiteto diante das novas técnicas. Afinal, percebe-se um reposicionamento do campo diante desses novos aparatos. Além da compreensão das formas como a Arquitetura Contemporânea se apropria das técnicas, procura-se compreender também os argumentos a partir dos quais o *Digital Design* faz sua opção pela complexidade e pela hiperespecialização do arquiteto, como um reposicionamento e um novo discurso de poder sobre o campo. O foco continua sendo dado à forma e o processo de projeto continua o mesmo e cada vez mais formalista, apesar do potencial da Fabricação Digital.

Ainda no terceiro capítulo, trata-se das estratégias dos centros difusores de tecnologia, centros de pesquisa, laboratórios e instituições de ensino na disseminação da Fabricação Digital na Arquitetura. Analisa-se a contribuição das mídias, através de periódicos, livros e artigos especializados para a divulgação dos argumentos teóricos e da prática da Arquitetura,

consolidando, desse modo, um esforço em direção à construção de um imaginário e uma realidade material que liga o espetacular ao mundo fabricado digitalmente.

A intenção é desvendar a construção desse novo campo de saber, questionando sua serventia para a Arquitetura, buscando problematizar o potencial de transformação social e cultural que a tecnologia da Fabricação Digital pode ter, caso seja rompido o processo convencional de projeto, repensando, como consequência, o dilema da hiperespecialização versus democratização, em favor da democratização.

Neste viés, alguns trabalhos já vêm alimentando estas discussões sobre as potencialidades da democratização desta tecnologia em processos de projeto adversos no Brasil, a exemplo das auto-construções nas favelas. A pesquisa de Marcos Vinícius Bernardo (2014), assim como o diálogo feito pelo autor e por Cabral Filho ao redor dos estudos de caso realizados, indicam que a “inserção da fabricação digital num ‘ecossistema’ já existente” não consiste em mera aplicação técnica. Envolve questões culturais relativas ao contexto aplicado, em que a variabilidade de soluções propostas e possíveis da fabricação digital aumenta o grau de ‘liberdade’ quando associada às ‘baixas tecnologias’ por meio de “oficinas comunitárias” (BERNARDO; CABRAL FILHO, 2014).

No quarto capítulo, apresenta-se duas vias de apropriação da Fabricação Digital vivenciadas empiricamente nas visitas e cursos feitos: o modelo da *AA Visiting School* e o modelo *Fab Lab*. Em decorrência das análises ao longo do trabalho de pesquisa, chega-se a um ponto de vista crítico acerca destes dois modelos.

Buscou-se considerar de forma comparativa a abordagem da Fabricação Digital do programa de ensino da *AA Visiting School da Architectural Association*. Este programa é pautado pela divulgação de um receituário tecnológico, baseado na exportação de conhecimento – habilidades tecnológicas – e em uma estética associada à complexidade e à *expertise* do arquiteto digital. O método da AA procura dar ênfase à competitividade e à

supressão das características locais e dos contextos diversos. Outro aspecto a se destacar remete à afirmação da *Architectural Association Visiting School* como centro de difusão das formas de abordagem do ensino e aprendizagem do centro (que se mantém como modelo) para a periferia. Da participação no curso e da análise da metodologia proposta pelo AA Visiting School, surge a crítica e a reflexão sobre a apropriação da Fabricação Digital. Mais precisamente sobre o modo como a apropriação das tecnologias é proposto. Busca-se, então, a partir dessa experiência, adotar um posicionamento crítico. Não resta dúvida de que, particularmente, este modelo de apropriação da Fabricação Digital montado pela AA aponta para a abertura de um mercado a ser explorado: novas maquinarias e, sobretudo, novas expressões arquitetônicas, considerando-se a submissão das culturas locais ao repertório dos especialistas globalizados, tratados com reverência pela vanguarda da Arquitetura digital. Contudo, reforça a hiperespecialização do arquiteto e a manutenção da separação entre o conhecimento técnico e leigo.

No modelo Fab Lab, percebe-se que a produção e o compartilhamento do conhecimento propiciado pela abrangência e pelo alcance da Internet, sobrepõe-se ao fetiche da prática tecnológica. Procura-se amalgamar a ideia de democratização do acesso às técnicas de Fabricação Digital. Discute-se o que tem sido tratado como outro paradigma para a educação, a partir do modelo “hands-on” – entendido aqui como “mãos na massa” – do Fab Lab – MIT e do movimento Maker, de produção, compartilhamento e cooperação.

O modelo Fab Lab, sua prática pedagógica e expansionista, apesar de ser um modelo de expertise, se abre à interferência local, uma vez que os laboratórios vão se instalando nos diversos países, incorporando e sendo absorvidos pela cultura de cada lugar. Ressalta-se o espírito de colaboração e compartilhamento de pesquisas e experimentos que se estabelece como regra e como compromisso. Esta postura imprime certo grau de competitividade, porém de grande compartilhamento numa relação de muitos para muitos, característica da cultura das mídias (SANTAELLA, 1996). Com o suporte de conhecimento compartilhado por todos os laboratórios Fab-MIT, a rede Fab Lab cria um ambiente propício à construção de habilidades

dialógicas e sociais, que vão muito além do aprendizado tecnológico, apontando em direção a uma aprendizagem ativa. Porém, isto não quer dizer que se propõem para o contexto analisado a entrada em uma franquia, como é o Fab Lab. Apenas apresenta-se um modelo de compartilhamento próximo ao que pode vir a ocorrer em contexto local de pesquisa e cooperação.

O quinto capítulo discute a Fabricação Digital como política pública. Nele analisa-se os movimentos de resistência (DIY e *Maker Movement*), nos quais se procura voltar à discussão do problema da comunicação horizontal e da democratização da tecnologia, em oposição à hiperespecialização. O caminho mostrado passa por um pequeno histórico dos ambientes de aprendizagem híbridos (analógicos e digitais) de cooperação lateral, em particular a cultura Maker e sua apropriação por políticas públicas, nos EUA, na União Européia e na cidade de São Paulo.

O sexto e último capítulo apresenta um posicionamento teórico sobre os rumos e as opções tomadas no desenvolvimento tecnológico após a Segunda Guerra Mundial. Em particular, procura-se o suporte teórico de outras áreas do conhecimento, como a sociologia e a filosofia, que tiveram como preocupação o desenvolvimento Tecnológico. Foram levados em conta os conceitos de tecnologia e alguns dos seus desdobramentos para a vida humana, assim como a crítica severa – que se compartilha nesta Tese – ao discurso utilitarista sobre a técnica que se consolidou de meados da década de 1940 até dias atuais. Este discurso sobrepõe a velocidade e a necessidade da técnica ao caráter ético nas várias justificativas de apropriação e condução do desenvolvimento tecnológico. A intenção é deixar clara a devida “cautela”, quando se pensa na apropriação da tecnologia da Fabricação Digital para uso da Arquitetura em contextos locais. A abordagem dos aspectos éticos deve se opor à ideia de neutralidade no design da tecnologia.

Neste sentido, busca-se refletir, no âmbito da filosofia e da sociologia da tecnologia sobre as relações homem-máquina por meio de um viés esclarecedor para a tomada de posição crítica em relação ao objeto. Esta desalienação do objeto Fabricação Digital ocorre juntamente com o aporte

de alguns teóricos da educação para dar sustentação ao que se denomina apropriação compartilhada, democrática e ética.

Finalizando a Tese, o capítulo 7, busca alinhar as principais conclusões que cada capítulo trouxe, mostrando como a Fabricação Digital pode vir a funcionar como um fator de abertura para a cooperação e a emancipação das pessoas, especialmente no campo da Arquitetura.

## **2 FABRICAÇÃO DIGITAL**



Este capítulo trata de uma breve definição da tecnologia de Fabricação Digital e da incursão sobre as suas variantes tecnológicas: os métodos existentes dessa tecnologia. Para contextualizar, faz-se um esboço histórico e sociológico da Fabricação Digital, desde suas raízes na primeira Revolução Industrial, nas origens dos computadores, nos aparatos e invenções que lhe antecederam, até chegar à invenção da CNC e ao uso dos computadores pela grande indústria no Pós Segunda Guerra Mundial. Trata-se daqui por diante de sua fase mais disruptiva, a qual se vive nas três últimas décadas, quando a Fabricação Digital transforma radicalmente os processos produtivos e ganha também os espaços fora das fábricas através do uso da Internet e do fenômeno *open source*.

Este capítulo se organiza em quatro seções e uma conclusão. A seção 2.1 aborda a Fabricação Digital como objeto de pesquisa, analisando-a como um fenômeno que emerge da convergência entre as técnicas da informação e da comunicação digitais e as técnicas de design e de produção. A seção trata das definições e dos métodos de produção que circunscrevem o campo da Fabricação Digital. A intenção é tratar as invenções e inovações tecnológicas considerando as relações de produção entre a maquinaria e o trabalho humano, posto que o desenvolvimento tecnológico não é neutro.

A pesquisa avança para o campo de definição das técnicas de Fabricação Digital propriamente ditas nas subseções sobre os métodos subtrativo, formativo e aditivo. O método aditivo, última subseção, ganha maior relevância neste capítulo, no qual se procura dar ênfase ao período mais disruptivo da Fabricação Digital. Tem-se em vista, também, que, principalmente a partir do método aditivo é que um novo repertório arquitetônico ganha proeminência, com o avanço da tecnologia dos materiais que é mobilizado pela Fabricação Digital.

Vê-se que o advento dos aplicativos de código aberto – *Open Source*<sup>4</sup> abre caminho para a mobilização em torno das impressoras 3D de fora das fábricas, ganhando proeminência nos mais diversos campos de pesquisa, desenvolvimento e produção. Neste sentido, acesso à tecnologia de impressão 3D torna-se mais democrático e interessante.

Na seção 2.2, o contexto das técnicas aditivas é o centro das atenções, mostrando como o avanço desta tecnologia foi forçado a partir de financiamentos e recursos de alta monta de estados e de agências federais (principalmente nos EUA) chegando à popularização da impressão tridimensional nos mais diversos campos: das artes à moda e até a exploração espacial. Confirma-se a ideia inicial de que ao redor das novas ferramentas e das inovações tecnológicas tem-se o poder de reconfiguração, ou seja, de renovar o modo capitalista de produção, os processos de acumulação assim como possibilita o surgimento de novas formas de trabalho e de embates entre capital e trabalho, mais difusas e complexas.

Na seção 2.3, apresenta-se de forma breve as matrizes históricas da Fabricação Digital, que de alguma forma remontam ao século XVIII, com a introdução dos processos de manufatura mecanizados. Esta seção enfoca também, entre outros aspectos, a incômoda relação entre o desenvolvimento da Fabricação Digital e os aparatos bélicos, partindo da consideração de que a primeira ferramenta CNC foi criada dentro de um experimento conjunto entre pesquisadores do MIT e a Força Aérea Americana. Continua-se a análise até os dias atuais com o advento do *open source*, na subseção 2.3.1 quando se traz para a discussão a importância deste para o desenvolvimento e popularização da Fabricação Digital.

---

<sup>4</sup> Open source é um termo em inglês que significa código aberto. Isso diz respeito ao código-fonte de um software, que pode ser adaptado para diferentes fins. O termo foi criado pela OSI (*Open Source Initiative*) que o utiliza sob um ponto de vista essencialmente técnico. Disponível em <<https://canaltech.com.br/produtos/O-que-e-open-source/>>. Acesso em 14/9/2017.

Na seção 2.4, busca-se interpretar as relações entre as invenções e as inovações tecnológicas e as consequências ou desdobramentos para a flexibilização da produção. Procura-se analisar o período Pós Segunda Guerra Mundial e a convergência de alguns fatores que aparecem nas crises de reestruturação do sistema capitalista e marcam um período de transformações e rupturas tecnológicas significativas.

Em suma, este capítulo busca definir e apresentar os métodos de Fabricação Digital e o seu panorama tecnológico. Faz uma abordagem do seu contexto político e econômico e dos seus desdobramentos para a flexibilização da produção industrial até a contemporaneidade, com reflexos nas relações de trabalho e nas relações sociais.

## 2.1 DEFINIÇÕES E MÉTODOS

### 2.1.1 Definições

A Fabricação Digital é um método de produção que integra os processos de design e os sistemas de controle de produção através do código digital. Tais processos, com inúmeras derivações, emergem com o avanço da mecanização e posteriormente com a automação da produção industrial. Tais técnicas têm seus primórdios nos anos de 1950, quando Fabricação Digital passa a existir como método de produção e como resultado do avanço das técnicas de CAD – *Computer Aided Design* e CAM – *Computer Aided Manufacturing*. A composição do binômio CAD-CAM é fruto das transformações ocorridas nos processos de produção que levou às revoluções industriais, culminando na Fabricação Digital nos anos 1950.

O advento da Fabricação Digital, em meados dos anos 1950, foi marcado por um período de transformações tecnológicas a partir do qual a linguagem matemática do computador entra definitivamente nas mais diversas linhas de produção da grande indústria. Sua genealogia nos remete especialmente às indústrias bélica, aeroespacial e automotiva. Porém, a sua fase disruptiva – a que mais nos interessa neste estudo, se inicia claramente a partir de meados de 1980 com a popularização e a democratização das CNCs dadas pelo

advento da Internet e dos aplicativos de código aberto, provocando a transição dos processos convencionais de produção para a produção derivada do universo digital altamente integrado de design e sua correlação material.

Este estatuto tecnológico demarca um novo campo para a produção industrial, através de processos abertos e flexíveis de produção, que podem sofrer ajustes no design, de cima para baixo, de baixo para cima, ao longo de todo o processo de criação e fabricação dos produtos.

A Fabricação Digital, como se tem hoje, pode ser entendida como um processo que contém o potencial de se estabelecer como uma tecnologia disruptiva. Isto quer dizer que se pode atribuir a responsabilidade desta tecnologia pela reconfiguração de todo o processo de produção industrial desde que ela foi incorporada pela grande indústria a partir das décadas de 1970/1980:

- a) inaugurando métodos de produção, a partir dos quais se desencadeou a flexibilização da produção e do trabalho;
- b) introduzindo novos materiais;
- c) renovando as planilhas de custos derivadas dos transportes de matéria prima e a entrega de bens de produção;
- d) incluindo políticas de divulgação que se dão através da propaganda e do marketing;
- e) elevando o trabalho, a produção de bens de consumo e as concorrências ao nível dos capitais transnacionais.

São vários os exemplos de uma reordenação da indústria a partir da introdução de uma tecnologia disruptiva com grandes consequências para o consumo. O avanço das técnicas digitais mobilizou uma mudança radical, como exemplo das transformações ocorridas na indústria fotográfica e cinematográfica. Toda cadeia de produção e consumo foi substituída por produções caseiras de baixo custo, edição, divulgação e venda através de redes sociais e vários *sites* como é o exemplo do *youtube*, *Itunes*, *Soundcloud*, *Spotfi*, *Pinterest*, entre outros.

A Fabricação Digital está presente nos processos de expansão dos mercados produtores e consumidores de mercadorias, assim como nos embates entre o capital e o trabalho. Pode-se considerar a inovação tecnológica como um aspecto positivo por um lado, e a alteração das relações capital/trabalho, outro, como um aspecto mais problemático, tornando-se um importante expediente do capital na luta contra as conquistas trabalhistas e o estado do bem estar social do Pós-Guerra (CLEAVER, 1981)<sup>5</sup>

Na atualidade, em sua fase mais disruptiva, propiciada pela Internet e pelo código aberto, como já mencionado acima, a Fabricação Digital é também visível fora do campo da produção industrial, nos mais diversas áreas da pesquisa. Dá-se ênfase aqui à pesquisa e ao desenvolvimento dos métodos aditivos representados principalmente pela Impressão 3D e sua recente popularização. A inclusão da *Pesquisa e Desenvolvimento* nos custos de produção que incidem sobre a Fabricação Digital, impacta de forma positiva sobre a produção. Os custos laterais (trabalho, insumos, divulgação e transporte) são diminuídos nos processos de Fabricação Digital, nos quais a transferência e o compartilhamento da informação digital via *web* aceleram e flexibilizam os processos de criação, e incidem positivamente diminuindo os custos de produção. De outro modo, a incorporação de aspectos mais recentes como a produção de resíduos até as formas de consumo absorvidas como resultado das estratégias de obsolescência programada<sup>6</sup> são impactantes de forma negativa.

---

<sup>5</sup> Harry Cleaver, em *Leitura Política de O Capital*, aponta a revolução tecnológica do capital em termos de reação capitalista à luta da classe operária, por meio de níveis crescentes de planejamento.”

<sup>6</sup>“A estratégia de obsolescência programada nasce da necessidade de uma contínua produção industrial e criação de uma demanda artificial para manter o crescimento do consumo. Tal estratégia foi idealizada durante a grande recessão de 1929 e que a partir da década de 1960, se estabelece como prática trivial. Toda a conjuntura que leva à obtenção de custos e lucros, que incidem e derivam da produção industrial, a obsolescência programada é um dos aspectos mais relevantes e passa a ser um novo paradigma para a manutenção do consumo acentuado, chegando ao consumismo, sendo fundamental para o crescimento industrial”. Disponível em vídeo “Obsolescência Programada”. Disponível em vídeo em <<https://www.youtube.com/watch?v=pDPsWANKS-g>> Acesso 14/9/2017>. Acesso em 24/9/2017.

De qualquer forma, não há como tratar a Fabricação Digital apenas como uma ferramenta a mais no sistema de produção capitalista. Ela deve ser vista enquanto processo que desencadeia inúmeras derivações. Envolveu tomadas de decisão que alteraram rumos e impuseram consequências em escala global, transformando o mundo do trabalho, a vida dos sujeitos e as relações sociais, assim como a economia política das nações. Mesmo que a presente pesquisa não tenha nenhuma pretensão de tratar o tema com tamanha abertura, a intenção é ter a Fabricação Digital em seu contexto histórico, posto que o desenvolvimento tecnológico não é neutro (FEENBERG, 2003).

### 2.1.2 Métodos de Fabricação Digital

As máquinas chamadas CNCs são derivadas do binômio CAD/CAM que podem produzir objetos em diversas escalas e dimensões, conforme o número de eixos. A produção de objetos através das CNCs pode se dar a partir, basicamente, de três métodos: subtrativos, formativos e aditivos. Apresenta-se, a seguir, de modo bastante sintético, uma vez que outras pesquisas já fizeram tal compilação (PUPO, 2009). Supõe-se que novos métodos são testados e atualizados a cada dia, e que a associação de vários métodos pode acontecer na produção de um mesmo objeto. Na atualidade, as operações de produção, em sua grande maioria, adotam em pelo menos uma etapa de seu processo de produção, máquinas controladas numericamente. Do mesmo modo novos materiais são usados ou criados no dia-a-dia e várias aplicações têm surgido.

#### 2.1.2.1 Método subtrativo

No sistema subtrativo, um bloco de material é desbastado seletivamente por fresas que se movem automaticamente em diversas direções, ou com o auxílio de um eixo rotatório que movimenta o bloco para diminuir a necessidade de deslocamento da fresa. Neste caso, o bloco de material é esculpido através de um processo de desgaste, seguindo um desenho previamente definido.

A partir dos anos 1950, os métodos subtrativos começam a ser utilizados pela indústria e rapidamente se disseminaram fazendo avançar os processos de mecanização e caracterizando as transições dos métodos de produção industrial em direção à automação. Há uma variedade de materiais que podem ser usados nestes processos. Sua desvantagem é que, nos processos subtrativos, há um grande desperdício do material removido. No entanto, as técnicas de fabricação por tal método são amplamente utilizadas nos processos industrializados, desde a produção de sapatos até a indústria aeroespacial. Este sistema também é utilizado na produção precisa de moldes e peças usinadas a partir de blocos de metal (PUPO, 2009).

Figura 1 – Sistema de produção por método subtrativo



Os processos subtrativos digitais podem ser semelhantes aos processos analógicos de produção, tais como corte, desgaste, fresa, torneadoras e os processos de usinagem. Tais processos foram rapidamente apropriados e substituíram a força humana, reproduzindo o mesmo padrão de movimento, aumentando a produtividade e flexibilizando o processo produtivo, ao permitir mudanças sem a necessidade de capacitação dos operários ou mudanças onerosas nas linhas de produção.

Porém, a diferença mais relevante entre os meios de produção industrial de massa e a produção controlada digitalmente é a ênfase dada à flexibilização da produção que se volta para a produção de objetos não padronizados ou

personalizados ou, como é chamada, na produção sob demanda (TEIXEIRA ... [et al.]. 2014).

#### 2.1.2.2 Método formativo

Segundo Celani e Pupo (2008) o método de fabricação por meio do sistema formativo mais conhecido é comparável a um molde versátil, com a capacidade de se adaptar a diferentes formas. Um dos exemplos dados pelas autoras para a compreensão deste sistema é a curvatura especial das placas de vidro produzidas a partir de moldes adaptáveis.

"Estes podem ser feitos com um sistema de pinos de alturas reguláveis, posicionados automaticamente a partir de informações obtidas do modelo digital da superfície que se pretende reproduzir. Após o ajuste dos pinos, uma placa plana de vidro é colocada sobre o molde e levada a um forno, no qual ela derrete e assume a configuração da base de pinos". (Celani e Pupo 2008).

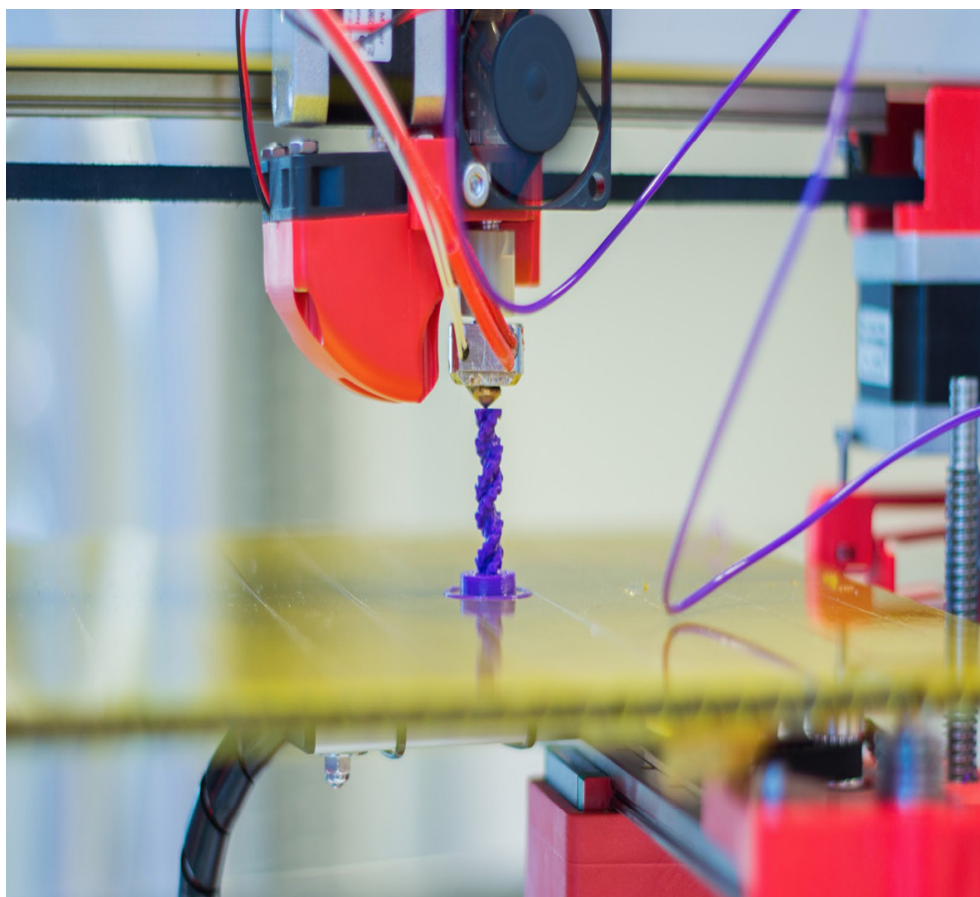
Outro exemplo dado pelas autoras, refere-se ao método que consiste nos equipamentos de dobrar e curvar chapas de aço e tubos metálicos por meio de um modelo digital. (Celani e Pupo 2008).

#### 2.1.2.3 Método aditivo

Os métodos aditivos são o resultado de processos derivados da deposição de materiais, camada sobre camada, através de diversas técnicas. Esses processos foram concebidos a partir do desenvolvimento das técnicas de impressão tridimensional. A invenção dos métodos aditivos remete à década de 1980, contudo, a partir dos anos 2000 a disseminação das técnicas de produção aditiva ganha visibilidade através da popularização das impressoras 3D, que têm se tornado acessível para a pesquisa, para o desenvolvimento de novos produtos, assim como para os usuários não especialistas. Os materiais a serem depositados abrangem um largo espectro: plástico, metal, cerâmica, chocolate, moléculas, entre outros. O mais comum é o uso de plásticos de engenharia como ABS, PLA entre outros (VOLPATO, 2007).

A impressão 3D faz parte de um campo bastante disseminado denominado *Rapid Prototyping*<sup>7</sup> – RP, que permite a produção de uma peça em diferentes escalas a partir de um modelo digital. Nos processos convencionais de produção o RP é geralmente empregado para criar protótipos ou para produzir moldes que, por sua vez, permitem a produção de artigos finais. A impressão de objetos em três dimensões têm ajudado os *designers* na verificação e nos ajustes, através de modelos detalhados em escalas diferentes com relativo baixo custo para a produção de diferentes peças (BONALDO, 2008).

Figura 2 – Sistema de produção por método aditivo



Alguns benefícios do processo de fabricação pelo método aditivo consistem no fato dele permitir um alto grau de personalização do design, da sua

---

<sup>7</sup> *Rapid Prototyping* traduzido aqui como prototipagem rápida.

capacidade de produção de formas cada vez mais complexas; da baixa produção de resíduos e, como consequência, da economia de material necessário para a produção. Além disso, estima-se que os processos aditivos sejam capazes de economizar mais de 50% do consumo de energia em comparação com os processos de fabricação pelos métodos subtrativos (CELANI e PUPO 2008).

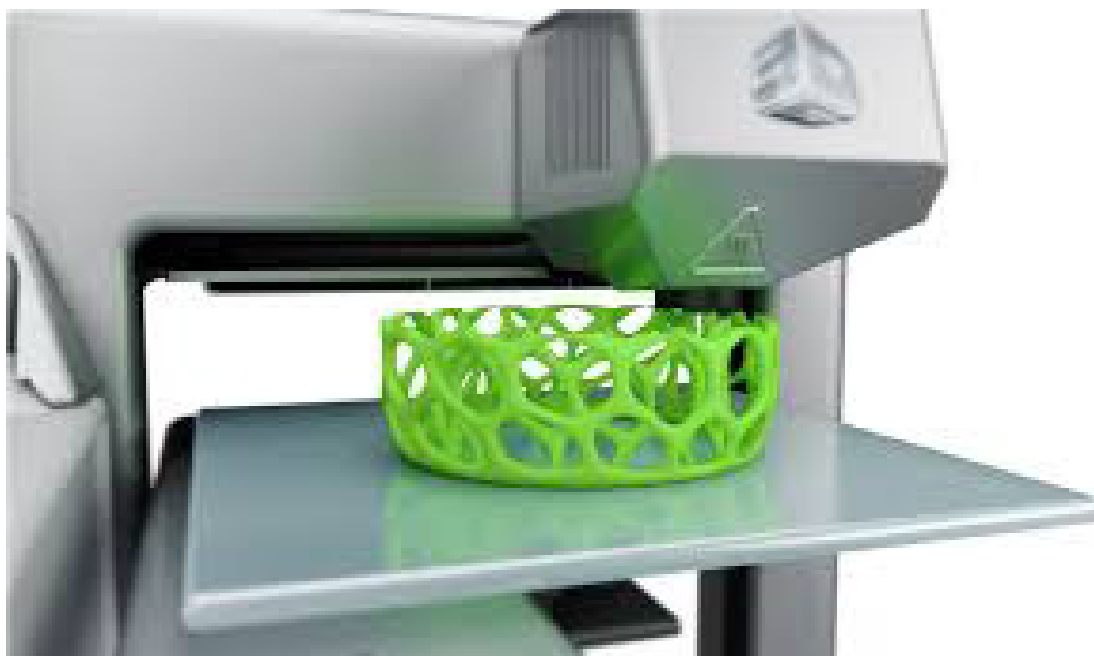
Os métodos aditivos são os meios mais recentes que incrementam os processos de produção e abrem possibilidades de uso não apenas no ambiente da produção industrial, mas também no ambiente da produção pessoal, sob demanda ou personalizada, o que implica uma maior atenção. Nesse sentido, abre-se nossa investigação recorrendo a exemplos de utilização em diversas áreas e ampliando o escopo teórico e prático. Nesta sugestão de análise dos mais variados desdobramentos das técnicas aditivas para novos modos de produção na atualidade, vê-se um potencial de transformações mais profundas dentro de contextos sociais e econômicos locais, aproveitando-se do seu alcance global da tecnologia. Pensando também em contribuir para que esta recente popularização possa se tornar mais democrática e com finalidades sociais determinadas mais pela ética do que pelas cadeias de poder do modo capitalista de produção. Acredita-se que, ao mostrar essas cadeias de poder, a presente Tese tem a intenção de contribuir para uma possível “desalienação” do objeto Fabricação Digital e de o tornar mais subversivo em prol dos interesses sociais. Este desejo consiste na busca de uma arquitetura (e de uma apropriação tecnológica da Fabricação Digital) que seja crítica dos padrões de desenvolvimento técnico-econômicos deterministas do capitalismo (que enseja lucro e acumulação).

## 2.2 A IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL

As origens dos processos aditivos de fabricação podem ser rastreadas a partir das décadas de 1970 e 1980 quando os pesquisadores começaram a explorar novos processos de produção de materiais. Ao mesmo tempo, novas técnicas para modelagem de sólidos começaram a ser desenvolvidas. Os avanços nessas pesquisas permitiram traduzir geometrias tridimensionais

em termos matemáticos, o que poderia, então, servir como instrução para os sistemas de controle dos equipamentos. Deste modo, a impressão 3D abre um novo horizonte para a produção material a partir de uma informação codificada digitalmente.

Figura 3 – Sistema de produção por método aditivo



Os primeiros anos do desenvolvimento tecnológico dos sistemas de impressão 3D foram marcados pelo desenvolvimento de diversas técnicas (ANDERSON, 2012), com um aporte significativo de recursos estatais e o financiamento público de centros de pesquisas para o desenvolvimento da tecnologia aditiva – como o *Massachusetts Institute of Technology* – MIT, a *National Science Foundation* – NSF, a *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, a *Defense Advanced Research Projects Agency* – DARPA, entre outros. A invenção da primeira impressora 3D é atribuída a Charles Hull em 1984.

O desenvolvimento de três métodos na década de 1980, o *Selective Laser Sintering*, o *Sheet Lamination* e o *3D Printing* são particularmente importantes por terem sido financiados pela NSF. O NSF é o órgão gestor de um esforço norte-americano em diversas áreas para o desenvolvimento das técnicas de produção por métodos aditivos (LIPSON e KURMAN, 2013).

O investimento do NSF na fabricação aditiva é parte de um programa mais amplo para:

[...] acelerar a convergência da investigação das fronteiras e das limitações no uso de novos materiais, sistemas cibernéticos, e para a ciência de produção, com o objetivo de estimular a inovação no mercado dos EUA, tendo como intuito a produção de trabalhos de alta tecnologia e estimular o crescimento industrial.<sup>8</sup>

O NSF apoia também, parcerias relacionadas à fabricação avançada, com iniciativas em áreas como as pesquisas sobre o genoma de materiais e a criação de materiais em nanoescala, através do *National Nanotechnology Initiative* e do *National Robotics Initiative*<sup>9</sup>.

### 2.2.1 Aplicações da impressão 3D na atualidade

Os métodos aditivos estão presentes em um vasto campo de aplicações, desde a produção de sapatos personalizados até a bioimpressão, que permite a impressão de tecidos e órgãos humanos.

Adiante, é apresentada uma compilação sucinta de aplicações e novas invenções em várias áreas de produção e de pesquisas. Isto permite estabelecer parâmetros para a compreensão da escala de transformações que a produção por métodos aditivos tem alcançado em diversas áreas. É um panorama que a cada dia se amplia, sendo impossível determinar a extensão dessas aplicações e o alcance das possibilidades abertas. Até o momento, aparecem os desdobramentos do desenvolvimento das técnicas

---

<sup>8</sup> NSF-*The Engineering Behind Additive Manufacturing and the 3-D Printing Revolution*. Disponível em <[http://www.nsf.gov/discoveries/disc\\_summ.jsp?cntn\\_id=129774](http://www.nsf.gov/discoveries/disc_summ.jsp?cntn_id=129774)> Acesso 18/9/2017. Crédito: NSF and NBC Learn

<sup>9</sup> SCHMOLDT, Daniel et al. 29. O objetivo da *National Robotics Initiative* é acelerar o desenvolvimento e uso de robôs nos Estados Unidos que trabalham ao lado, ou cooperativamente, com pessoas. A investigação inovadora de Robótica e as aplicações com ênfase na realização de tais co-robôs que atuam em apoio direto e em uma relação simbiótica com parceiros humanos é apoiado por várias agências do governo federal, incluindo a *National Science Foundation* (NSF), a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), o *National Institutes of Health* (NIH), e do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA). Disponível em: [http://www.nsf.gov/funding/pgm\\_summ.jsp?pims\\_id=503641&org=CISE](http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=503641&org=CISE)>. Acesso em 16/7/2017.





No campo da Medicina, as impressoras 3D são utilizadas em vários tipos de cirurgias e próteses personalizadas com alto grau de precisão. Alguns laboratórios dentários usam há alguns anos impressoras 3D para ajudar a criar aparelhos, como a *Envisiontec*<sup>11</sup> que comercializa a *Perfactory Digital Dental Printer*, usada para a criação de coroas, pontes e próteses temporárias. As impressoras *Envisiontec* também são amplamente utilizadas na produção de aparelhos auditivos para moldes auriculares.

Associadas aos scanners 3D, as impressoras têm sido utilizadas no campo da Arqueologia que tem propiciado a identificação de ossos em tamanho natural, a partir de dados digitalizados em 3D.

No campo da Medicina, a linha de pesquisa mais recente e que vem se desenvolvendo rapidamente é a Bioimpressão. Sua aplicação futura propõe o uso de impressoras 3D para criar órgãos de reposição para o corpo humano. A bioimpressão abre um campo promissor para a produção de objetos em uma relação especial entre três áreas: a Biologia, a Biotecnologia e Tecnologia de Materiais. Orientadas por princípios e modos de produção naturais, diversas pesquisas têm sido feitas no campo da Fabricação Digital nas quais propõe-se que a natureza não deva ser usada apenas na busca por uma semelhança formal, mas sobretudo como exemplo para o desenvolvimento de novas formas de agregar diversos materiais estruturais.

No campo das políticas de expansão da exploração espacial Americana, a NASA está conduzindo testes com a impressão 3D que permitirão tornar este tipo de exploração mais barata e mais eficiente. Partes de foguetes podem ser produzidas com essa tecnologia. A NASA está preparando o lançamento de uma impressora 3D para o espaço cujo propósito é demonstrar que uma impressora pode produzir partes adicionais e peças de

---

<sup>11</sup> ENVISIONTEC GMBH. Brüsseler Straße 51. 45968 Gladbeck, Germany. Disponível em <<https://envisiontec.com/>> Acesso 16/9/2017

reposição durante o vôo, evitando o peso inicial dos lançamentos (Zuini, Priscila, 2014)<sup>12</sup>.

A Agência já testou uma impressora 3D na Estação Espacial Internacional, e recentemente anunciou a necessidade do aprimoramento das impressoras de alta resolução em 3D para produzir peças de naves espaciais durante missões no espaço. Baseadas no mesmo propósito da exploração espacial, a NASA também está desenvolvendo impressoras 3D para construir edifícios. Isto permitiria construir rapidamente, com baixo custo e materiais locais, em outros planetas e/ou satélites. Este tipo de aplicação da impressão 3D tem sido considerado em programas como o *off-Earth Habitats* (MAHONEY, Erik. 2017)<sup>13</sup>, e o *Sinterhab* (Xavier De Kestelier (Foster + Partners, UK), Enrico Dini (Monolite Ltd., UK), Giovanni Cesaretti (Alta, SpA, Italy), Valentina Colla (SSSC\_PERCO, Italy), Laurent Pambaguian (ESA, ESTEC, The Netherlands). 2015)<sup>14</sup>. Já a Agência Espacial Européia e a Foster+Partners (uma das maiores marcas da Arquitetura Contemporânea) se uniram para criar uma estrutura impressa em 3D de uma estação com base na Lua, com impressora Dshape (PEREIRA, STEPHANIE. 2013)<sup>15</sup> – que se trata mais à frente nessa Tese. Um dos aspectos significativos desse projeto é que as Impressoras deverão utilizar materiais encontrados na Lua, enfatizando o caráter local da produção.

---

<sup>12</sup> Disponível em: <<http://www.b2bmagazine.com.br/index.php/2013-03-25-20-12-20/item/5133-exploracao-espacial-pode-se-beneficiar-com-impressao-3d>>; <<https://nasa3d.arc.nasa.gov/>> e <<https://nasa3d.arc.nasa.gov/assets/static/HorowitzSchultz2014.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

<sup>13</sup> Disponível em: <<https://www.nasa.gov/content/printing-challenges-for-first-3d-printer-aboard-international-space-station>>. Acesso em; 13 jun. 2016. e <<https://2016.spaceappschallenge.org/challenges/tech/bring-your-own-solution/projects/safehab-a-safer-off-earth-habitat>>.

<sup>14</sup> Disponível em: <<http://www.a-etc.net/sinterhab/>>. Acesso em: 16/9/2017

<sup>15</sup> 2015 'The Design of a Lunar Outpost' Xavier De Kestelier (Foster + Partners, UK), Enrico Dini (Monolite Ltd., UK), Giovanni Cesaretti (Alta, SpA, Italy), Valentina Colla (SSSC\_PERCO, Italy), Laurent Pambaguian (ESA, ESTEC, The Netherlands). Disponível ' <http://www.fosterandpartners.com/media/2333928/lunar-outpost-design.pdf>

A Engenharia dos Materiais ganha proeminência do universo da impressão digital como, por exemplo, nos processos conhecidos como *Direct Design Manufacturing* – DDM<sup>16</sup>. Este método tem sido desenvolvido para a produção de peças de automóveis através das impressoras *Object Polyjet 3D*<sup>17</sup>. Atualmente a *Rolls Royce* está desenvolvendo um projeto denominado *MERLIN*, que tem como objetivo utilizar a impressão 3D na fabricação de motores de aeronaves civis.

Os MGF – Materiais com Gradação Funcional – é outro exemplo do desenvolvimento de novos materiais. O MGF é uma das implicações mais radicais do paradigma aditivo<sup>18</sup>. Esta técnica permite a fabricação de materiais com uma variação gradual de sua composição física e estrutural, para a otimização da distribuição da resistência, o que significa que mudanças graduais nas propriedades do material são “projetadas” e adaptadas a determinadas condições. Esta capacidade de personalizar os componentes para uma função específica até suas características materiais permite aos *designers* desenvolver materiais altamente eficazes, capturando ainda, o paradigma da sustentabilidade em seus argumentos<sup>19</sup>

Os primeiros exemplares de MGF foram reportados na literatura em 1984 por um grupo de cientistas japoneses. Estes materiais sintéticos foram desenvolvidos para aplicações em proteção térmica. Foram concebidos originalmente para o controle das tensões em componentes expostos a altas temperaturas (da ordem dos 1600° C), tais como pás de turbinas a gás, em estruturas aeroespaciais, células de combustível e sistemas de conversão de

---

<sup>16</sup> LINDEMANN, Christian. *Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing: Research Landscape, Opportunities and Barriers*. Disponível em <http://www.3d-printing-additive-manufacturing.com/media/downloads/75-d2-16-20-chrisitan-lindeman-university-of-paderborn.pdf> Acesso em 16/set/2017.

<sup>17</sup> *Object Polyjet 3D*. Disponível em <https://www.stratasysdirect.com/solutions/polyjet/>. Acesso em 16/set/2027.

<sup>18</sup> Oxman, Neri. *Minotaur Head with Sutures*, Disponível em: <http://www.materialecology.com/projects/details/minotaur-head-with-sutures> e Materiais com Gradação Funcional. Acesso em 20/set/2017.

<sup>19</sup> fibrocimentos com gradação funcional - Teses USP. [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/19447/19447\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/19447/19447_3.PDF) →.. Acesso em 16/9/2027.

energia utilizando materiais termoelétricos. Esta tecnologia tem sido desenvolvida, por exemplo, pelos laboratórios de materiais do Media Lab – Massachusetts<sup>20</sup>.

O desenvolvimento de impressoras de código aberto para uso geral também tem sido utilizado em ambientes de pesquisa para produzir compostos químicos. Neste ambiente, tais impressoras propiciam tanto a produção de baixa quanto de alta complexidade. As impressoras podem imprimir utilizando uma vasta gama de materiais, distribuídos a partir de uma seringa, como líquido ou pasta. Os técnicos responsáveis por estes tipos de aplicativos químicos prevêem que esta tecnologia poderá ser usada tanto na produção industrial quanto em ambiente doméstico, permitindo que os usuários em locais remotos possam, em uma alusão futurista, produzir, por exemplo, seus próprios medicamentos e seus produtos químicos domésticos.

Vê-se que os discursos em defesa ou mesmo de crítica das pesquisas e dos usos atuais da tecnologia da impressão 3D são infundáveis. Segundo alguns autores como Chris Anderson (2012), chegando ou não a massificar nas residências, as impressoras 3D têm muitas áreas promissoras de aplicação no futuro. Um exemplo bastante rudimentar é utilizar as impressoras 3D na produção de peças de reposição para todos os tipos de produtos, eliminando o armazenamento destas peças, assim como eliminando o trabalho de baixo custo. O inverso dessa posição otimista, consiste no uso indiscriminado e desprovido de parâmetros éticos.

Ao mesmo tempo em que a tecnologia se expande, alcançando alto grau de especialização na produção por métodos aditivos, surgem novas versões de impressoras 3D de código aberto, permitindo um acesso ainda maior ao conhecimento de técnicas de impressão 3D via Internet a usuários comuns. Neste processo acelerado, o início do século XXI é o marco da disseminação da tecnologia de impressão tridimensional que, hoje, alcança o que se pode

---

<sup>20</sup> Lipson H<sup>1</sup>, Pollack JB, Suh NP. *On the origin and biology of variation* - Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12353747> e <http://labs.biology.ucsd.edu/rifkin/>. Acesso em 16/9/2027.

chamar de produção doméstica, principalmente para amadores e entusiastas.

Esta constatação requer certa desalienação do objeto de estudo para que a análise e o propósito inicial da Tese possam se manter afastados da visão utilitarista da tecnologia. Para isto se tem a Fabricação Digital como um processo, visto através de um olhar sobre o passado e buscando sinalizar um possível futuro desta tecnologia que contribua no âmbito da inovação social de modo geral e no âmbito das pesquisas em Arquitetura de modo específico.

Na contemporaneidade, tem-se a reprodução do modo de produção capitalista, reconfigurado com os aportes da tecnologia de Fabricação Digital. Com as possibilidades do trabalho e da fabricação pessoal das impressoras 3D, a alienação do trabalho pode chegar a extremos pela atual cultura do consumo norte-americano imposta ao resto do mundo no Pós Segunda Guerra. De fato, a democratização do acesso a tudo o que precisa ser acessível para que se possa produzir qualquer coisa não ocorre naturalmente. As pessoas tornaram-se reféns de necessidades impostas. Portanto, a democratização desta tecnologia deve ser buscada, sendo neste sentido que se aponta a proposta desta Tese, tratada especificamente nos capítulos 5 e 6.

### 2.3 MATRIZES HISTÓRICAS DA FABRICAÇÃO DIGITAL

Como já foi citado, a Fabricação Digital como se tem hoje é fruto de um longo e amplo processo resultado de tomadas de decisão políticas e de poder econômico vindo também a alterar a sociedade e as relações de trabalho. A intenção desta seção é tratar as invenções e inovações tecnológicas considerando as relações de produção entre a maquinaria e o trabalho humano, posto que o desenvolvimento tecnológico não é neutro; ele é indissociável das forças do trabalho e do capital (FEENBERG, 2008)

A gênese da Fabricação Digital é marcada por um longo caminho de invenções que assim como o computador se iniciam no século XVII. Desde

então, uma série de transições, que marcaram a história da humanidade, foram causa e consequência da 1ª. Revolução Industrial (ANDERSON, 2012). A primeira Revolução marca uma transição dos processos de manufatura para a produção mecanizada, entre o período de 1760 até 1820/40. Tal Revolução se iniciou na Inglaterra e em poucas décadas se espalhou para a Europa e os Estados Unidos. (HOBSBAWN, 2003).

Chris Anderson (2012) e Richard Sennett (2012) referem-se à disseminação do tear mecânico de James Hargreaves, como tendo provocado uma profunda mudança que alterou as relações de trabalho e o ganho em produtividade. A exploração do trabalho e o controle sobre os excedentes provocaram, especialmente, a revolta dos artesãos reunidos nas oficinas medievais, reivindicando o saber sobre os materiais e os processos de produção em oposição à racionalização da produção como forma de aumentar o lucro sobre o tempo de trabalho.

O tear de James Hargreaves conhecido como *Spinning Jenny* é um marco de substituição da mão de obra artesanal pela maquinaria, em 1766. (ANDERSON, 2012; SENNETT, 2012). Esta invenção reproduz mecanicamente os movimentos dos trabalhadores da tecelagem, aumentando a capacidade de produção da indústria têxtil em até oito vezes (SENNETT, 2012).

Figura 6 – Tear de James Hargeaves 1766



Nesta invenção, vê-se os fundamentos do modo capitalista de produção: o uso dos artefatos, das máquinas, servindo para a duplicação, e em última instância, a recomposição das forças de trabalho. A partir da possibilidade de repetição de tarefas humanas pela maquinaria recém-criada, tem-se como consequência a perda do saber dos trabalhadores sobre o conjunto das tarefas para a realização final dos seus produtos, e a mudança na concepção do tempo, antes marcado pela natureza e agora pela máquina ou pelo relógio da fábrica. Tem-se, portanto, o início da perda do saber dos trabalhadores oriundos das guildas medievais e da descaracterização do tempo das tarefas em favor da jornada de trabalho fabril, origem também da mais-valia (HOBSBAWM, 1979).

Neste contexto, é marcante a figura de um inventor, Jacques de Vaucanson que nasceu em Grenoble, França, em 1709. Para os historiadores da inteligência artificial e da robótica, (GLASER; ROSSBACH, 2012), Vaucanson é um símbolo de sua época e de uma previsão enigmática segundo a qual: “[...] antes as máquinas eram criadas para entreter os homens e agora [...]”, com a revolução industrial, “[...] as máquinas passam a controlar os homens.” (GLASER; ROSSBACH, 2012,).

Figura 7 – Máquinas falantes de Jacques de Vaucanson



A invenção dos aparatos que inauguram a transição dos modos de produção, do artesanal para a produção industrializada, trouxe profundas mudanças nos métodos de produção, que contribuíram para o

desenvolvimento da maquinaria e a consolidação dos modos de produção do sistema capitalista.

Historicamente, os computadores e as máquinas controladas numericamente têm a mesma origem: a matemática, a economia através da racionalização da produção, com desdobramentos para o controle sobre o tempo do trabalho e a diminuição dos custos de produção. Os avanços técnicos da produção industrial têm em suas origens, via de regra, o aumento do lucro e da mais valia, vindo a compor os mundos do trabalho no sistema capitalista.

Vários inventores, teóricos, matemáticos contribuíram, cada um em seu tempo, para a invenção do computador. Charles Babbage<sup>21</sup>, em especial, foi o primeiro a conceber um computador programável, o *Difference Engine*<sup>22</sup>. Charles Babbage contribuiu significativamente para a definição da divisão do trabalho como instrumento para o aumento dos lucros sobre a exploração do trabalho.

A associação definitiva entre o interesse de Babbage e o *Difference Engine* foi a publicação de 1832, que traz o campo da invenção dos artefatos para o

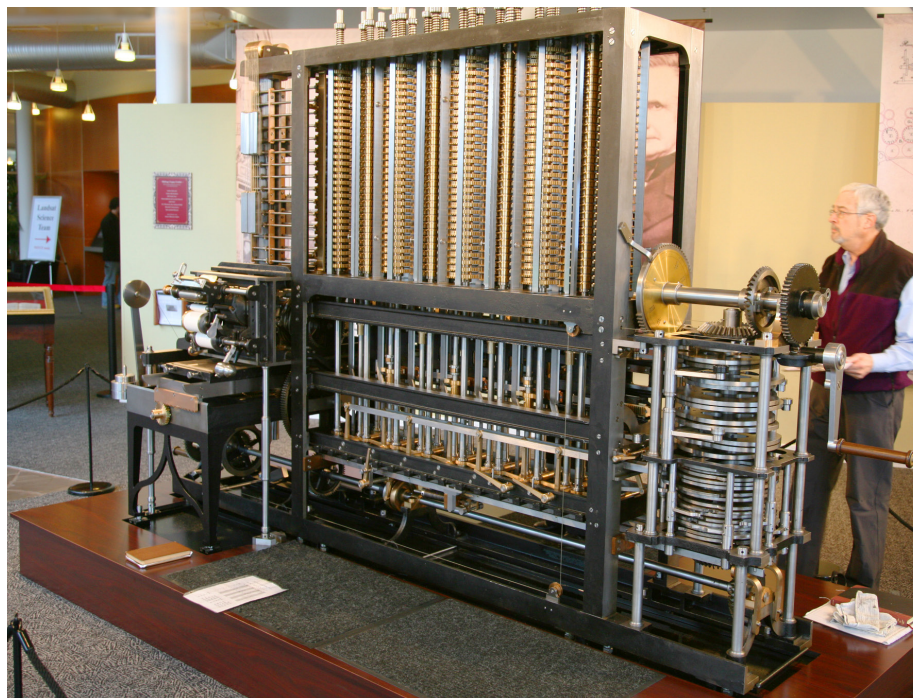
---

<sup>21</sup> Charles Babbage foi um cientista, matemático, filósofo, engenheiro mecânico e inventor inglês nascido em Teignmouth, Devon que originou o conceito de um computador programável. + Charles Babbage Biography, *Computer models and Inventions Charles Babbage Biography*, Computer Disponível em <[www.charlesbabbage.net/](http://www.charlesbabbage.net/)>. Acesso em 16/9/2017

<sup>22</sup> A máquina diferencial foi um invento de Charles Babbage. Em meados do século XIX, em plena segunda fase da Revolução Industrial, estavam em progresso muitas tentativas de automação de processos, com destaque para aqueles envolvendo cálculos para a composição de tabelas trigonométricas e de logaritmos quer para o emprego na navegação, na pesquisa científica ou na engenharia. + Algumas pessoas tentam conceber máquinas que executassem este tipo de cálculo, tendo sido construídos vários modelos. A máquina mais avançada, entretanto, jamais entrou em produção: a chamada máquina diferencial de Babbage. + Um modelo foi apresentado por Babbage, na Inglaterra, em 1822, capaz de resolver equações polinômicas através de diferenças entre números, e assim, de efetuar os cálculos necessários para construir tabelas de logaritmos. + A máquina tinha a capacidade de receber dados, processá-los, armazená-los e exibi-los. Graças a ela Babbage ficou conhecido como o pai do computador e conseguiu apoio governamental para criar um modelo mais complexo, o “Engenho Analítico”. + Em 1991, o Science Museum em Londres construiu a máquina diferencial de Babbage nº 2 para uma exposição sobre a história da computação. + Foi a primeira tentativa de se construir uma máquina de computação que fosse automática e adaptável. + Diminuíram-se os erros nas leituras dos resultados, pois ela imprimia-os em cartões perfurados + Foi um dos pontos de partida para a indústria de máquinas. Disponível em: <http://www.computerhistory.org/babbage/engines/>. Acesso em 19/set/2017.

campo da economia. Em *On the Economy of Machinery and Manufactures* (BABBAGE, 1832), Babbage aponta as vantagens comerciais de uma cuidadosa “divisão do trabalho” <sup>23</sup>.

Figura 8 – O Difference Engine de Charles Babbage



Babbage (1832) argumenta em seu livro *On the Economy of Machinery and Manufactures*, que os trabalhadores com habilidades especiais gastavam grande parte do seu tempo desenvolvendo atividades abaixo do seu nível de habilidade. Se o processo de trabalho pudesse ser dividido entre vários trabalhadores, o custo do trabalho poderia ser diminuído ao se restringir às tarefas apenas a trabalhadores com baixa qualificação e baixos salários. Aos

---

<sup>23</sup> Divisão do trabalho corresponde à especialização de tarefas com funções específicas, com finalidade de dinamizar e otimizar a produção industrial. Esse processo produz eficiência e rapidez ao sistema produtivo. + A especialização delimitada de funções e tarefas nas etapas produtivas industriais é derivada, principalmente, do crescimento do comércio, do capitalismo e impulsionada pela intensificação da produção industrial. + A divisão do trabalho faz com que o trabalhador adquira, com a tarefa repetitiva, uma agilidade maior e com isso fique “treinado” na execução de seus movimentos, provocando assim uma diminuição no tempo gasto, o resultado é o aumento da produção em todo período de trabalho. Divisão do trabalho + Publicado por: Eduardo de Freitas em Geografia humana - <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/divisao-trabalho.htm> + <https://global.britannica.com/topic/division-of-labour>

trabalhadores de alto custo seriam atribuídas somente às atividades que exigissem maior habilidade.

Em meados do século XIX, em *O Capital, volume 1*, Karl Marx argumentava que a fonte da produtividade do modo de produção capitalista em favor do ganho financeiro resultava exatamente da combinação da divisão do trabalho efetuada pela introdução da maquinaria. Porém, o argumento de Marx tinha por intuito justamente apontar o fetiche da mercadoria no sistema capitalista, em que as relações de trabalho são tomadas como relações entre as coisas (mercadorias produzidas) escondendo em seu modo de produção o sobre-trabalho, o tempo de trabalho não pago ao trabalhador quando aliado à maquinaria (CLEAVER, 1981). Para Marx, o desenvolvimento técnico apenas favorece a produtividade em favor do ganho de capital. Esta situação, não melhora as condições de trabalho assim como não reverte em ganho para o trabalhador. A maquinaria fortalece o sistema controlando e enfraquecendo o trabalhador, retirando-lhe o saber. Para Marx, está claro que o desenvolvimento técnico não é aleatório; pelo menos no sistema capitalista ele tem um fim determinado: a expropriação do trabalhador (CLEAVER, 1981).

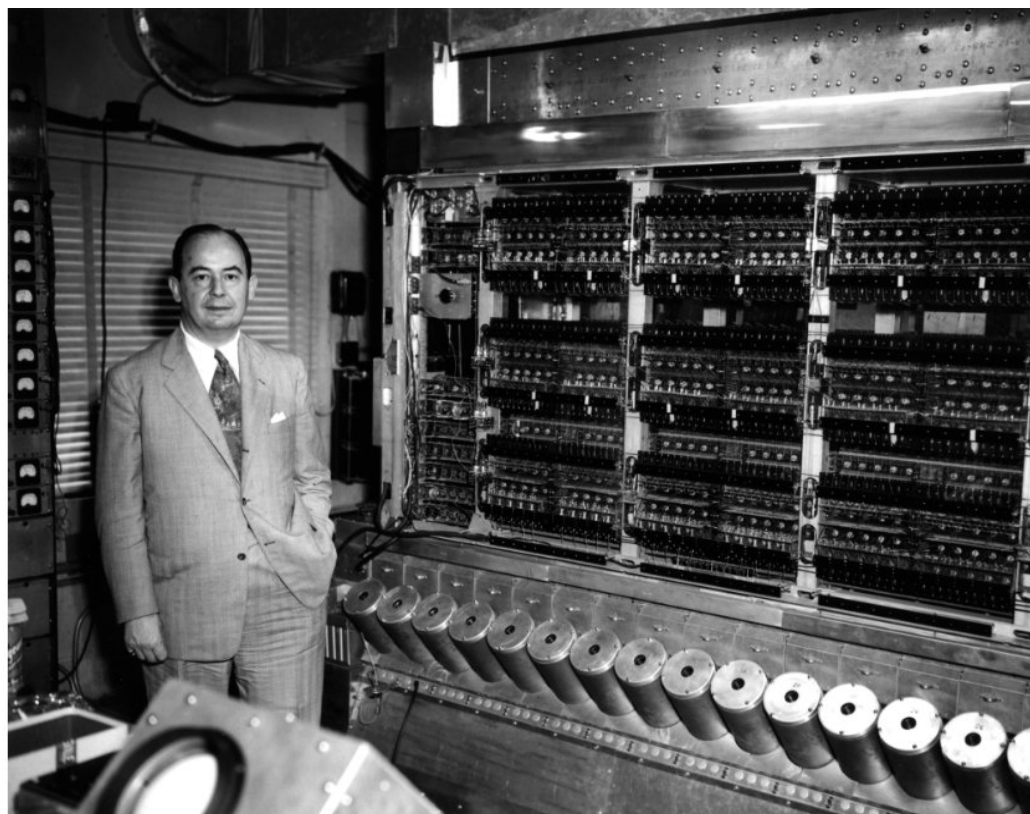
Pode-se concluir, desse modo, que a invenção do processador de dados de Babbage se relaciona com a organização do trabalho. Ela favorece a divisão do trabalho em detrimento da mão de obra pouco especializada, assim como favorece a desqualificação da mesma em favor do ganho em produtividade e lucro. Desse mesmo modo é que a invenção e o uso do computador no sistema de produção industrial foi um marco divisor, considerado por vários autores como uma revolução industrial na era moderna.

### 2.3.1 A tecnologia e o aparato bélico

Um dos aspectos mais determinantes na história do computador e das CNCs é o fato desses artefatos terem se tornado, no início do século XX, objeto de pesquisas as mais diversas e indissociáveis do caráter bélico e expansionista das nações capitalistas ocidentais. Estiveram intimamente ligados ao desenvolvimento da bomba de hidrogênio, entre os anos de

1940/50, a exemplo da figura marcante de John Von Neumann<sup>24</sup>. Neumann participou de um grupo de físicos, químicos e matemáticos que trabalhou para aprimoramento do primeiro computador, o ENIAC, que foi concebido para realizar os cálculos relacionados às expectativas de trajetória e do poder de destruição da bomba termoelétrica e a maximização do poder de destruição da mesma, a partir da década de 1940.

Figura 9 – O MANIAC de Von Neumann



Posteriormente Von Neumann desenvolveu seu próprio computador, *The Mathematical Analyzer, Numerical Integrator, and Computer* – MANIAC. A contribuição de Von Neumann para o desenvolvimento da Fabricação Digital é notória, tendo sido uma figura chave no desenvolvimento da teoria dos

---

<sup>24</sup> John von Neumann, nascido Margittai Neumann János Lajos foi um matemático húngaro de origem judaica, naturalizado estadunidense. Disponível em <<https://global.britannica.com/biography/John-von-Neumann>> e [http://www.cobit.xpg.com.br/precursosores/john\\_von\\_neumann.htm](http://www.cobit.xpg.com.br/precursosores/john_von_neumann.htm), Acesso em 16/9/2017.

jogos, dos conceitos da *Cellular Automata*<sup>25</sup> e do *Universal Constructor*<sup>26</sup>, que pode ser traduzido como um construtor universal auto-replicável. A máquina de auto-reprodução de Neumann, *The first implementation of Von Neumann's self-reproducing universal constructor*, ficou conhecida como o primeiro artefato universal com a capacidade de se auto-replicar (DYSON, 2012)

Ainda na década de 1940, o *Massachusetts Institute of Technology* – MIT – cria o NC – Controle Numérico<sup>27</sup> – que evolui para o CNC – Controle Numérico Computadorizado – a partir da década de 1950. A CN é um sistema de controle numérico que comanda as ações de uma ou mais máquinas por interpretação automática de instruções expressas em números. Segundo Azevedo (2008), o termo interpretação refere-se à conversão de dados mensuráveis, que podem ser expressos numericamente, como distâncias, ângulos, temperaturas, concentrações, etc.

A primeira ferramenta CNC nasceu de um experimento realizado em 1952 por pesquisadores do MIT e da Força Aérea Americana – FAA, para que fossem produzidos mais rapidamente e com maior precisão e complexidade os componentes dos aviões de Guerra, atendendo rapidamente à demanda da indústria bélica americana. Desse modo, foi posta em movimento, em

---

<sup>25</sup> É um modelo discreto estudado na teoria da computabilidade, matemática, física, ciência da complexidade, biologia teórica e modelagem de microestrutura. John von Neumann, "The general and logical theory of automata," in L.A. Jeffress, ed., *Cerebral Mechanisms in Behavior – The Hixon Symposium*, John Wiley & Sons, New York, 1951, pp. 1–31

<sup>26</sup> Um dispositivo abstrato capaz de construir todos os artefatos construtivos de um ambiente. John von Neumann, "The general and logical theory of automata," in L.A. Jeffress, ed., *Cerebral Mechanisms in Behavior – The Hixon Symposium*, John Wiley & Sons, New York, 1951, pp. 1–31

<sup>27</sup> Ver histórico da CN - "As primeiras máquinas NC foram construídas na década de 50 e rodavam através de cartões perfurados. Enquanto o conceito dessa forma de controlar máquinas ferramentas provou que reduziria os custos das indústrias, as fabricantes demoraram para dar atenção à esta invenção. Para promover uma rápida adoção deste sistema, o exército dos Estados Unidos comprou 120 máquinas NC, e as alugou para várias empresas para que elas se familiarizassem com esta tecnologia. No final da década de 50 o NC começou a emplacar, embora ainda haviam diversas deficiências e dificuldades. Por exemplo, o Código-G, a linguagem universal das máquinas CNC dos dias atuais, ainda não existia. Cada fabricante de máquinas criou sua própria linguagem para definir processos de usinagem em um programa NC. (MARCIANO, 2002).

1952, a primeira fresadora vertical com três eixos (x) horizontal, (y) vertical, (z) profundidade, controlada por um sistema híbrido analógico/digital que usava uma fita perfuradora como meio para armazenar a programação. Considera-se que este foi um dos primeiros estudos de viabilidade tecnológica de um equipamento de fabricação de peças comandado por um sistema programável (MARCIANO, 2002).

Durante a década de 1960, alguns fatores possibilitaram o rápido desenvolvimento das máquinas CNC. Dentre eles a padronização e criação do código G<sup>28</sup> – por volta de 1958, desenvolvido pelo MIT – e o surgimento dos programas CAD. Em meados de 1960, os programas CAD começam a ser utilizados pela indústria, substituindo rapidamente os desenhos em papel. A popularização da tecnologia CNC avançou rapidamente dentro das indústrias durante a década de 1970, impulsionada por dois fatores, que pressionaram para baixo o preço da mão-de-obra industrial:

- a) para frear o aumento do custo da mão-de-obra nos países desenvolvidos;
- b) decorrente do primeiro, o avanço dos computadores que se tornaram cada vez mais acessíveis e poderosos, substituindo muitas máquinas, como as copiadoras hidráulicas para torno.<sup>29</sup>

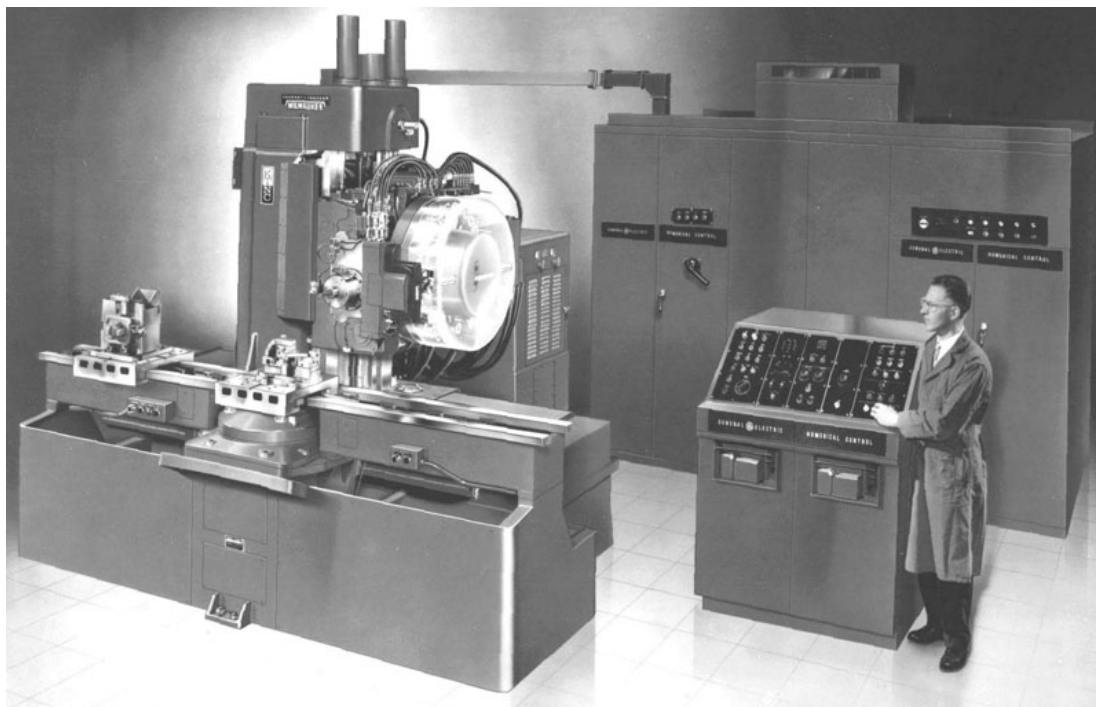
Rapidamente a indústria Alemã e a indústria japonesa alcançaram a América do Norte na produção de máquinas CNC.

---

<sup>28</sup> A origem do código G (G-code) deu-se por volta de 1958 no MIT, onde a linguagem era usada no laboratório de servomecanismos. Disponível em <http://www.proptimus.com.br/maquinas-cnc-historia-comando-numerico-computadorizado/>. Acesso 16/7/2017.

<sup>29</sup> CNC: A história do Comando Numérico Computadorizado ferramentas manuais. 1/21/2016

Figura 10 – CNC em 1979



### 2.3.2 O advento do *Open source* / Código aberto

O desenvolvimento dos microprocessadores<sup>30</sup> tornou as tecnologias CNC ainda mais baratas. Tornou possível, inclusive, a disseminação do comando numérico entre usuários amadores e microempresas. O projeto EMC2, sigla de *Enhanced Machine Controller*<sup>31</sup> – desenvolvido por voluntários norte

---

<sup>30</sup> O microprocessador, geralmente chamado simplesmente de processador, é um circuito integrado que realiza as funções de cálculo e tomada de decisão de um computador. Todos os computadores e equipamentos eletrônicos baseiam-se nele para executar suas funções; podemos dizer que o processador é o cérebro do computador por realizar todas estas funções, é tornar o computador inteligente. Disponível em <CNC: A história do Comando Numérico Computadorizado ferramentas manuais>. Acesso 21/1/2016

<sup>31</sup> (“Controladora melhorada de máquina” ou “EMC2”) é um sistema livre, de código aberto GNU / Linux software que implementa a capacidade de controle numérico utilizando computadores de uso geral para controlar máquinas CNC. Projetado por vários desenvolvedores voluntários em linuxcnc.org, ele normalmente é empacotado como um arquivo ISO com uma versão modificada de 32-bit Ubuntu Linux que fornece o *kernel* em tempo real necessário. + <LinuxCNC - disponível em <<http://linuxcnc.org/>> Acesso em 16/9/2017).

americanos, teve como objetivo desenvolver um controlador CNC de código aberto, iniciado com o financiamento do NIST - *National Institute of Standards and Technology*<sup>32</sup>.

Figura 11 – logomarca da sigla Open Source



Em meados de 2000, o projeto entrou em domínio público e virou *Open Source*<sup>33</sup>. Este termo foi criado pela OSI – *Open Source Initiative* – que o utiliza sob um ponto de vista essencialmente técnico. Um *software open source* oferece a oportunidade de um maior investimento em serviços e formação. Por não possuir um custo de licença, garantem um maior retorno dos investimentos em TI – tecnologia da informação<sup>34</sup>.

Na grande maioria dos casos, essas ferramentas são compartilhadas pelos desenvolvedores, podendo ter acesso a elas qualquer pessoa, sem restrições. O termo *open source*, bem como o seu ideal, foi desenvolvido por Eric Raymond e outros fundadores da OSI com a finalidade de apresentar o *software* livre à empresas de uma maneira mais comercial, evitando um discurso ético e de direitos autorais. A nomenclatura *Open Source* foi usada

---

<sup>32</sup> O *National Institute of Standards and Technology* - NIST (em português: Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia), anteriormente conhecido como The National Bureau of Standards, é uma agência governamental não regulatória da administração de tecnologia do Departamento de Comércio dos Estados Unidos. A missão do instituto é promover a inovação e a competitividade industrial dos Estados Unidos, promovendo a metrologia, os padrões e a tecnologia de forma que ampliem a segurança econômica e melhorem a qualidade de vida. Disponível em <[www.nist.gov/](http://www.nist.gov/)> Acesso em 16/9/2017.

<sup>33</sup> Qualquer pessoa de qualquer ramo específico possa fazer a utilização do programa. Ela não deve impedir, por exemplo, que uma empresa faça uso de seu código. Disponível em <<http://canaltech.com.br/o-que-e/o-que-e/O-que-e-open-source/>>. Acesso em 16/9/2017.

<sup>34</sup> O que é Open Source. Disponível em <<https://canaltech.com.br/produtos/O-que-e-open-source/>>. Acesso em 16/9/2017.

pela primeira vez durante uma reunião ocorrida em fevereiro de 1998, e envolveu personalidades que posteriormente se tornaram referência sobre o assunto<sup>35</sup>.

A sigla FLOSS, que em inglês significa *Free / Libre and Open Source Software*, é uma forma agregadora que permite utilizar os conceitos de *Software* Livre e Código Aberto. Os desenvolvedores e defensores do conceito *Open Source* afirmam que o conceito não implica num movimento anticapitalista, mas, sim, representa uma alternativa para o mercado de indústria de *software*. Esse modelo colaborativo, presente no *Open Source*, levou o direito do autor a ser olhado por um outro prisma. A criação da *Open Source Development Lab* – OSDL - pressionou grandes corporações a imporem mudanças, como IBM, Dell, Intel e HP, para trabalhar com a criação de tecnologias de código aberto (EVANGELISTA, 2010)

Em 2009, Simen Svale Skogsrud liberou a primeira versão do GRBL<sup>36</sup> à comunidade *Open Source*. O GRBL é um controlador de máquinas cartesianas de três eixos, XYZ. Atualmente, a maioria dos projetos de impressoras 3D possui o GRBL como base de seu controlador. Além de impressoras 3D, diversos tipos de máquinas já fazem o uso do GRBL, como máquinas de corte a laser, corte a plasma, máquinas de desenho e pintura, furadeiras automáticas e fresadoras.

A apropriação das máquinas controladas numericamente pela indústria aeroespacial e automobilística se deu rapidamente, atingindo objetivos de ganho de tempo, complexidade e precisão. Com a convergência e o avanço das técnicas CAD/CAM/CNC, as estruturas complexas em três dimensões tornaram-se relativamente fáceis de produzir. Assim, o número de passos no processo de produção, com a intervenção de operadores humanos, foi drasticamente reduzido, agilizando e tornando as linhas de montagens mais flexíveis e adaptáveis a novos *inputs* do processo de design. A linguagem da

---

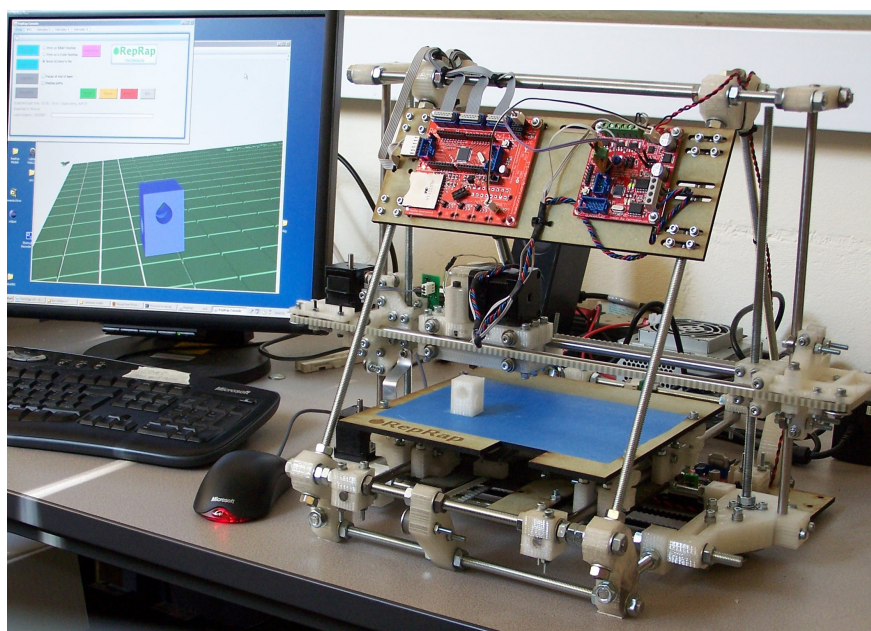
<sup>35</sup> Disponível em <http://deborahmagnani.com/pucsp/jd/2017/08/24/comunidades-open-source-1/>

<sup>36</sup> Disponível em <https://github.com/grbl/grbl/wiki>. Acesso em 16/9/2017.

máquina evoluiu, acompanhando o desenvolvimento tecnológico da informática e a exigência, por uma interatividade, cada vez maior, entre o usuário, a codificação digital e a produção

Um fato determinante para a disseminação das impressoras 3D para o público não-especialista, aconteceu na Inglaterra, em 2006, com o desenvolvimento de uma máquina de código aberto chamada *RepRap*<sup>37</sup>. A *RepRap* foi a primeira máquina de fabricação auto-replicante.

Figura 12 – Primeira versão da *RepRap*



Essa máquina é capaz de se duplicar e produzir cerca de 50% de seus próprios componentes. A primeira versão da *RepRap*, a Darwin, foi lançada em 2008. A capacidade de auto-replicação destas impressoras tornou-se um meio eficaz de gerar cópias adicionais e aumentar a capacidade de disseminação da impressão 3D.

Esta parece ser também uma exigência imposta pelo advento da velocidade incessante do mundo em que se vive. Velocidade que se expressa não apenas no interior das fábricas modernas, mas também em uma contaminação em todo o tecido social. Como acreditava o filósofo polonês

<sup>37</sup> Disponível em <http://reprap.org/>. Acesso em 16/9/2017.

radicado na Inglaterra, Zygmunt Bauman “[...] estamos condenados ao desejo de consumo que continua alimentando esta velocidade e a desrazão contemporânea.”<sup>38</sup>.

## 2.4 A CNC NO CONTEXTO DA FLEXIBILIZAÇÃO DA PRODUÇÃO

Nesta seção, busca-se interpretar as relações entre invenções/ inovações tecnológicas e as consequências ou desdobramentos para a flexibilização da produção. A convergência de três fatores contribui para a flexibilização da produção:

- a) o desenvolvimento da interface homem-máquina e os sistemas CAD/CAM;
- b) o avanço das técnicas digitais de design, e
- c) a produção automática no setor industrial.

A convergência desses três fatores ocorre nas crises de reestruturação do sistema capitalista, que marcam o período Pós Segunda Guerra Mundial de significativas transformações tecnológicas.

Em 1962, Ivan Sutherland (1964)<sup>39</sup> criou o *Sketchpad*, *A Man-Machine Graphical Communication System* como parte de sua Tese sobre o desenho feito através de computadores<sup>40</sup> no *Massachusetts Institute of Technology* -

<sup>38</sup> Zygmunt Bauman. *Liquid modernity*. Disponível em <http://routledgesoc.com/category/profile-tags/liquid-modernity>

<sup>39</sup> Sutherland, Ivan E. *Sketchpad a man-machine graphical communication system*. Proceedings of the SHARE design automation workshop 1 Jan. 1964: 6.329-6.346. Disponível em: <https://www.cs.purdue.edu/homes/hosking/197/canon/sutherland.pdf>. Acesso em 19/set/2017.

<sup>40</sup> *Sketchpad* (aka Robot Relator) foi um programa de computador escrito por Ivan Sutherland, em 1963, no curso de sua tese de doutorado, pelo qual recebeu o Prêmio Turing em 1988, e o Prêmio Kyoto em 2012. É pioneira na interação humano-computador (HCI). O *Sketchpad* é considerado o ancestral dos programas de desenho assistido por computador moderno (CAD), bem como um grande avanço no desenvolvimento da computação gráfica em geral. Por exemplo, a interface gráfica do usuário (GUI) foi derivado do *Sketchpad* bem como programação orientada a objeto moderno. Ivan Sutherland demonstrou com isso que os gráficos de computador poderia ser usado tanto para fins artísticos e técnicos, além de mostrar um novo método de interação humano-computador. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sketchpad>. Acesso em 19/set/2017.

MIT. Pela primeira vez, foi possível a interação entre homem e máquina através de uma linguagem não-textual. O *Sketchpad*<sup>41</sup> é o antecessor do *Computer Aided Design* – CAD, desenvolvido por Masanori Nagashima, também no MIT, em um grupo conhecido como *Architecture Machine Group Woods* (STEENSON, Wright. 2017). A partir de 1976, as técnicas de CAD avançaram em direção à integração do design com os sistemas de controle de produção auxiliados pelo computador, conhecidos como CAM – *Computer Aided Manufacturing*. Com a disseminação dos sistemas CAD/CAM e da tecnologia CNC os recursos de controle de produção mobilizaram a reestruturação da produção industrial. Nesse contexto, o desenvolvimento dos sistemas CAD/CAM/CNC foi impulsionado como parte de um esforço na tentativa de superação da crise do sistema de produção capitalista das décadas de 1960 e 1970, com o fim do acordo *Bretton Woods*. (BORDO e EICHENGREEN, 1993). O desenvolvimento do setor industrial evidencia, neste período, mais um expediente de transformações no processo produtivo através do avanço tecnológico. O sistema capitalista vai buscar formas de restabelecer o padrão de acumulação, em um processo de reorganização de suas formas de dominação: reduzir custos de produção (começando com custos de mão de obra), aumentar a produtividade, ampliar o mercado e acelerar o giro do capital.

No desenvolvimento de todas as tecnologias associadas à computação, especialmente o *Sketchpad*, o CAD, CAM e as CNCs, o MIT tem uma parcela decisiva de contribuição. Este Instituto de Pesquisas Tecnológicas foi criado com o objetivo de “estabelecer uma forma de ensino superior para enfrentar os desafios colocados pelo avanço da ciência e da tecnologia durante meados do século XIX, para os quais as instituições clássicas estavam mal preparadas”<sup>42</sup>. O MIT é, até na atualidade, um dos maiores

---

<sup>41</sup> Negroponte, Nicholas. *Soft architecture machines*. Cambridge, MA. MIT press, 1975. (Nicholas Negroponte, Leon Groisser, Jerome Wiesner. *The Architecture Machine Group and The Media Lab at Massachusetts Institute of Technology* MIT. Cambridge MA, USA 1967–1985.)

<sup>42</sup> *Massachusetts Institute of Technology* MIT. Cambridge MA. Disponível em <<http://web.mit.edu/>>. Acesso e 19/set/2017.

institutos dedicado ao desenvolvimento e disseminação de tecnologias disruptivas, além de ser um centro difusor de uma nova mentalidade nas estratégias de ensino e aprendizado.

A partir da década de 1980, a difusão das tecnologias de automação nos setores de máquinas e equipamentos industriais e a produção industrial de massa realizam uma transição significativa. São grandes as mudanças nos modos de produção e nas relações de trabalho. O avanço tecnológico aponta em seu conjunto, para a superação da máquina automática (autoritária) e rígida, característica do sistema fordista de produção, de princípios tayloristas, resguardado por uma economia política keynesiana<sup>43</sup>, na qual o Estado ocupa uma função intervencionista, buscando minimizar os conflitos entre capital e trabalho com políticas públicas. O sistema mecanizado de produção em grandes volumes não-adaptáveis dá lugar a um sistema de produção maleável, conversível em diversos produtos e capaz de fácil adaptação a novos programas. “Com ênfases diferentes, dependendo das empresas ou países, todos esses caminhos foram utilizados durante as duas últimas décadas do século XX” (PEDROSO, 2006). Em todos, as novas tecnologias da informação foram instrumentos essenciais

---

<sup>43</sup> Conjunto de ideias que propunham a intervenção estatal na vida econômica com o objetivo de conduzir a um regime de pleno emprego. As teorias de John Maynard Keynes tiveram enorme influência na renovação das teorias clássicas e na reformulação da política de livre mercado. Acreditava que a economia seguiria o caminho do pleno emprego, sendo o desemprego uma situação temporária que desapareceria graças às forças do mercado. O objetivo do keynesianismo era manter o crescimento da demanda em paridade com o aumento da capacidade produtiva da economia, de forma suficiente para garantir o pleno emprego, mas sem excesso, pois isto provocaria um aumento da inflação. Na década de 1970 o keynesianismo sofreu severas críticas por parte de uma nova doutrina econômica: o monetarismo. Em quase todos os países industrializados o pleno emprego e o nível de vida crescente alcançados nos 25 anos posteriores à II Guerra Mundial foram seguidos pela inflação. Os keynesianos admitiram que seria difícil conciliar o pleno emprego e o controle da inflação, considerando, sobretudo, as negociações dos sindicatos com os empresários por aumentos salariais. Por esta razão, foram tomadas medidas que evitassem o crescimento dos salários e preços, mas a partir da década de 1960 os índices de inflação foram acelerados de forma alarmante. A partir do final da década de 1970, os economistas têm adotado argumentos monetaristas em detrimento daqueles propostos pela doutrina keynesiana; mas as recessões, em escala mundial, das décadas de 1980 e 1990 refletem os postulados da política econômica de John Maynard Keynes. Disponível em: [http://www.economiabr.net/teoria\\_escolas/teoria\\_keynesiana.html](http://www.economiabr.net/teoria_escolas/teoria_keynesiana.html). Acesso em 19/set/2017.

Atualmente vive-se em um tempo histórico marcado pelo aumento em produtividade, alcançado através dos avanços tecnológicos rumo à velocidade da automação. Em decorrência, vive-se o gargalo da crise capitalista e social relativa à falta de postos de trabalho não especializado em escala global. Os novos padrões de estruturas produtivo-organizacionais redefiniram a noção de competitividade internacional (PEDROSO, 2004) com ênfase na capacidade industrial de inovar e aperfeiçoar. As grandes variações, incluindo-se a personalização, tornam-se cada vez mais a chave para a competição. A estratégia da competitividade reside em antecipar, produzir, ir ao encontro do desejo do consumidor.

Segundo Pedroso (2004):

Modificam-se, assim, não só as características dos produtos que passam a disputar no mercado (com a substituição da produção em massa de produtos estandardizados pela produção em lotes de produtos diferenciados, visando atender ao recrudescimento da competição), a tecnologia empregada na produção (com a substituição da tecnologia de base eletromecânica pela microeletrônica, muito mais produtiva e mais afeita a uma produção profundamente diferenciada), mas, especialmente, a maneira de organizar a produção e o trabalho no interior das empresas (também como forma de garantir maior flexibilidade à produção), e, mais que isso, a estrutura industrial, ou seja, a relação entre o conjunto das empresas que participam da produção das mais variadas linhas de produtos.

Segundo Antunes (1999), este novo aparelhamento permite a produção de diferentes elementos, a partir de uma única matriz;

“[...] a máquina automática aceita mudanças; acolhe, estimula melhoramentos e, talvez ainda mais importante, produz versões simultâneas e diferentes, perfeitamente programáveis e em pequenos lotes. Os novos princípios organizacionais passam a ser baseados na integração de tarefas, flexibilidade da mão de obra e na multifuncionalidade.”

O novo paradigma produtivo traz como características intrínsecas a substituição da lógica da produção em massa pela lógica da produção variável. Esta é voltada às exigências do mercado (criado como renovação dos expedientes do capital) que impõe a necessidade de flexibilidade e da busca pela constante melhoria do processo produtivo. Outra característica é a substituição da grande empresa por empresas mais enxutas, que focalizam

a produção em partes determinadas do processo produtivo (SILVEIRA; COUTINHO, 2008). Não mais a fábrica moderna como teto de controle de um processo de produção integral, mas como processo produtivo fragmentado em várias empresas ou em diferentes países (SILVEIRA; COUTINHO, 2008). Com isso, mudam, também, as relações de trabalho.

De acordo com Chesnais (1996, p. 35):

“Cada passo dado na introdução da automatização contemporânea, baseada nos microprocessadores, foi uma oportunidade para destruir as formas anteriores de relações contratuais, e também os meios inventados pelos operários, com base em técnicas de produção estabilizadas, para resistir à exploração no local de trabalho.”

É neste contexto que a produção industrial começa a introduzir algumas técnicas japonesas de produção, baseadas na ascensão do toyotismo: os círculos de controle de qualidade (CCQs) e os programas de qualidade total<sup>44</sup>.

Este período de reestruturação mundial do capital se processa a partir das duas últimas décadas do século XX, efetivando uma ruptura do anterior paradigma produtivo/industrial e tecnológico. Em decorrência vê-se o rompimento do compromisso social das relações entre instituições econômicas, sociais e políticas, que foram definidas quando da constituição e expansão do padrão de industrialização norte-americano, no pós-guerra (MATTOSO, 1994). Segundo PEDROSO<sup>45</sup>,

[...] nos países em desenvolvimento, em especial o Brasil, ocorrem profundas transformações. O complexo metal-mecânico que foi o grande propulsor do desenvolvimento brasileiro no século XX, perde importância e tende a ser substituído nesse papel hegemônico pelo complexo microeletrônico. Há uma mudança não só na definição de “o que produzir”, mas de “como produzir”, já que

---

<sup>44</sup> IDEM, CHESNAIS, François. a série de racionalizações da produção, tais como o downsizing e a reengenharia; os novos equipamentos de base microeletrônica, como os controladores lógico programáveis (CLPs), os robôs, as máquinas-ferramenta com comando numérico (MFCNs) – cujas técnicas foram sendo acompanhadas por inovações de produtos e de processos (como a utilização de sistemas CAD/CAM, just in time, e a celularização da produção, a tecnologia de grupo e os sistemas de qualidade total).

<sup>45</sup> IDEM. Mattoso, 1994.

a revolução científico-tecnológica implica a substituição das formas de produção rígidas, para as formas flexíveis de produção.

É nesse cenário que a Fabricação Digital, impulsionada pelo avanço nas técnicas de produção por métodos aditivos, aparece como alternativa à máquina rígida. Para Brian Quan, diretor de marketing da *Stratasys* para a EMEA (Europa, Médio Oriente e África), a impressão disruptiva 3D tem o potencial para alterar por completo os processos de produção e de distribuição de mercadorias. Esta tecnologia tem o potencial de descentralizar a fabricação de peças, aumentar a reparabilidade das máquinas e diminuir os custos ambientais associados ao transporte e a produção de detritos.<sup>46</sup>

Os avanços tecnológicos dos métodos aditivos são exponenciais. Mas ainda não se pode ver com clareza o potencial de transformações e de reconfiguração dos meios convencionais de produção, de circulação de mercadorias e de consumo que sua disseminação pode abrigar. Pesquisas recentes apontam para um vasto caminho ainda a ser percorrido até que impressoras 3D mais avançadas sejam acessíveis a pessoas comuns, ou aos não especializados. Como nos cenários de ficção científica, a exemplo de *Blade Runner*, de 1982, uma adaptação da novela “*Do Androids Dream of Electric Sheep?*”, de Philip K. Dick, publicado em 1968, além dos personagens principais, todos os animais são sintéticos. Outro exemplo de ficção, *The Diamond Age*, de Neal Stephenson trata o futuro a partir da disseminação da nanotecnologia. A série *Venus Equilateral*, escrita por George O. Smith, entre 1942-1945, tornou-se um clássico ao apresentar um cenário no qual levaria apenas trinta dias para que todo o setor de fabricação de uma estação interplanetária se tornasse obsoleto com a emergência de máquinas de duplicação – máquinas auto reprodutoras – máquinas que produzem máquinas de baixo custo.

Se por um lado a conversão da fabricação caracterizada pela linha de produção em massa para a duplicação industrial parece ter sido um

---

<sup>46</sup> Disponível em: <http://www.rj45.com.br/noticias/detalhes/229>. Acesso em 19/set/2017.

processo contínuo de transição relativamente sem grandes rupturas desde os anos de 1950, por outro lado os seus efeitos sócio-econômicos e culturais foram imaginados como sendo muito mais problemáticos. Para HOLLOW, 2013, a emergência da tecnologia da duplicação poderia causar um processo de desestruturação do tecido social, a partir de uma ruptura nas relações sociais tradicionais, familiares e de trabalho. Pode também resultar em um colapso da sociedade civil, “eliminando toda a ambição e deixando a corrida decadente”<sup>47</sup>. A hipótese elaborada por Smith (HOLLOW, 2013) é que “o surgimento do pleno direito da tecnologia de duplicação resultaria na degradação da sociedade civil”. Além das questões ligadas à regulação e ao controle das técnicas de duplicação, ainda vê-se como preocupantes as questões – que parecem mais importantes e problemáticas para aquele autor – ligadas ao campo da biotecnologia.

O cenário imaginado por Smith (HOLLOW, 2013) parece fazer muito mais sentido agora do que há cinquenta anos. Considera-se aqui o esforço recente dos EUA em financiar pesquisas em inovação tecnológica que mobilizem o país na retomada da posição de vanguarda e de dominação no campo da tecnologia de produção. O setor Industrial foi forçado a admitir que a dominação da América no campo da fabricação de máquinas e ferramentas havia desaparecido, o que foi chamado de “*the machine tool crisis*” (HARROP, 1985).

Atualmente, vários destes programas criados para recuperar o papel de liderança dos EUA na área do tradicional CAD/CAM buscam um impacto social positivo, a exemplo da rede *Fab Lab*. De outra forma, na União Européia também busca-se a criação de um “efeito de rede” através da colaboração *on-line*. Volta-se ao assunto nos capítulos 4 e 5.

De qualquer forma, acredita-se que os impactos sociais, tanto reais quanto imaginados, do avanço tecnológico no campo da duplicação são enormes: seja no aparecimento de novas noções de valor para diferentes mercadorias

---

<sup>47</sup> No original em inglês: “*weeding all ambition out and leaving the race decadent*” (HOLLOW, 2013)

e materiais num futuro próximo; seja nas questões relativas à propriedade intelectual; seja em quais parâmetros éticos serão baseados os valores e meios para a sua regulação; seja também no que se refere às relações de trabalho e a diminuição da presença do estado como regulador entre mercado e demandas sociais, visto aqui como algo bastante preocupante, principalmente no âmbito dos países pobres.

## 2.5 ASPECTOS CONCLUSIVOS

Este capítulo buscou apresentar as origens e definições da Fabricação Digital, e seu caráter histórico, vinculado, em suas matrizes à Revolução Industrial. Do mesmo modo procurou-se descrever um panorama histórico dos desdobramentos que se apresentam com a convergência das técnicas de CAD e CAM. Abordou-se o vertiginoso fortalecimento nas transformações da produção industrial a partir desse binômio, assim como o seu vínculo estrito com os objetivos bélicos das nações mais industrializadas do período Pós Segunda Guerra Mundial: os jogos de poder econômicos e políticos que compuseram o cenário da Fabricação Digital.

Partindo desse cenário, foi abordado o exponencial crescimento desta tecnologia que – a partir da década de 1990 – sai do interior das fábricas para ser explorada nas mais diversas áreas da produção da ciência, das artes, da moda, da indústria automobilística e aeroespacial, dentre outras. Sob o domínio da Internet desta década até nossos dias os métodos aditivos se destacam pelo caráter de inovação e pela sua potencial capacidade de se mostrar como método disruptivo<sup>48</sup> nas mais diversas áreas da produção e do conhecimento. Porém, o seu acesso que ainda na atualidade não se confirma como democrático, pode trazer de fato uma disrupção favorável a

---

<sup>48</sup> O termo disruptivo é uma designação atribuída a uma inovação tecnológica (produto ou serviço) capaz de derrubar uma tecnologia já preestabelecida no mercado. produto, ou serviço, que utiliza uma estratégia “disruptiva”, em vez de “revolucionária” ou “evolucionária”, para derrubar uma tecnologia seja preenchendo um espaço ou através de aperfeiçoamentos, para finalmente deslocar os líderes dominantes do mercado. Dicionário Online de Português. disponível em <<https://www.dicio.com.br/disruptivo/>>. Tecnologia disruptiva – Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Tecnologia\\_disruptiva](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tecnologia_disruptiva)>

uma tecnologia socialmente, com o propósito de diminuir as exclusões sociais e desigualdades a partir de apropriação mais crítica e ética. Ensaia-se neste trabalho diretrizes que possam alcançar esta finalidade.

É neste cenário também, a partir de meados dos anos de 1980 – quando as primeiras invenções das técnicas de produção por métodos aditivos apareceram para a comunidade acadêmica em projetos desenvolvidos inicialmente, pelo MIT (DUTTA, 2013).

Posteriormente, procurou-se contextualizar como os métodos de produção aditiva tornaram-se paradigmáticos a partir dos anos 2010 quando se percebe o aumento do interesse de consumo amador, não especialista, se abrindo um novo campo de exploração tanto técnica como econômica. Desse modo, busca-se um posicionamento assertivo diante da percepção do desenvolvimento tecnológico, tomando-o como opção, como fonte de poder econômico e como forma de manutenção de um sistema de produção. O mundo físico e o código digital, a relação entre a materialidade e sua tradução matemática, nunca estiveram separados.

Conclui-se que o acesso aos modos de produção através do código aberto e das impressoras auto replicantes abrem novas possibilidades também para a Arquitetura: positivas e negativas. Possibilidades que se apresentam diante da democratização e popularização do acesso às técnicas aditivas como se vê no capítulo 3.

Neste sentido, verifica-se que o acesso à Fabricação Digital ainda na atualidade não se confirma como democrático. Isto sim, caso venha ocorrer, pode trazer de fato uma disrupção favorável a uma tecnologia social, com o propósito de diminuir as exclusões sociais e desigualdades a partir de apropriação mais crítica e ética. Ensaia-se, neste trabalho, diretrizes que possam alcançar esta finalidade.

### **3 FABRICAÇÃO DIGITAL E ARQUITETURA**



O terceiro capítulo desta Tese, analisa a apropriação das técnicas digitais de design integradas à produção no campo da Arquitetura e os desdobramentos para as possíveis transformações nos processos convencionais de projeto e de construção a partir deste novo paradigma.

Neste capítulo, busca-se analisar a relação que se estabelece entre a criação do computador no início do século XX com a criação do *Sketchpad* (em meados de 1960), a primeira interface gráfica de usuário, que vem a ser o antecessor do CAD (DUTTA, 2013), ferramenta que vai se consolidar como dominante na prática do arquiteto até nossos dias (DE LUCCA, 1999). Em um segundo momento, busca-se evidenciar a convergência entre a produção da Arquitetura e a popularização dos computadores, analisando, em particular a participação dos arquitetos na divulgação do computador, iniciando uma estreita relação que atinge a contemporaneidade.

Estes aspectos são tratados no item 3.1 no qual se analisa a convergência entre a tecnologia da informação e da comunicação e a Arquitetura, que ocorreu tanto no âmbito da pesquisa, envolvendo principalmente o <http://web.mit.edu/MIT>, quanto no âmbito da propaganda, quando, ainda na década de 1960, os arquitetos são mobilizados a tecer uma “narrativa de consentimento” e absorção dos computadores na vida cotidiana da população. Evidencia-se, desse modo, o papel do arquiteto na produção da “propaganda” em favor da popularização do computador.

O item 3.2. trata da difusão de pesquisas sobre Fabricação Digital e a disseminação do paradigma digital para a produção da Arquitetura. Nesta seção, analisa-se o grau em que a cultura digital se infiltrou não somente no campo da Arquitetura, mas se revelou presente e transformadora em todos os campos do conhecimento que, finalmente, transitaram do analógico para o mundo digital. Estes campos acabariam por se transformar completamente, tal como o que aconteceu com a indústria do entretenimento, a indústria da publicidade, o cinema, a fotografia, entre outros.

Neste contexto, analisa-se centros difusores de pesquisas e seu papel na disseminação do paradigma digital para a produção da Arquitetura na sociedade contemporânea. Rastrea-se, também, os principais pensadores, autores, teóricos e arquitetos, bem com as obras literárias (analógicas e digitais) que pavimentaram o caminho para a coroação da Fabricação Digital como um marco de transformações tecnológicas no fazer e no pensar a arquitetura no século XXI.

A seção 3.3 aborda a teoria do *Digital Design*. Nesta seção, são apresentados os autores que mais interessam na análise sobre os principais argumentos da teoria do *Digital Design*. Essa seção desdobra-se em três itens. O item 3.3.1 procura ressaltar o ambiente ideológico a partir do qual esta teoria foi absorvida pela Arquitetura e é feita a crítica ao que parece, ainda hoje, primordial: a superespecialização e o empoderamento do arquiteto dado pela complexidade digital.

O item 3.3.2 é uma análise da diluição das fronteiras entre o código digital e a concretude material, enfatizando a repercussão dessa tecnologia no canteiro: a Fabricação Digital como farol para a arquitetura extraordinária, de alto valor para o capitalismo financeiro (ARANTES, 2012). Tal fato decorre ou é consequência do aumento da complexidade formal da Arquitetura, que passa a ser objeto de intensas especulações propiciadas pelo avanço das técnicas digitais de tratamento da informação e da comunicação, traduzidas para a materialidade do canteiro pelos grandes nomes da arquitetura digital.

Verifica-se, no entanto, que em grande parte, as especulações formais ficaram circunscritas ao universo virtual, sobretudo na década de 1990, fortalecido pelo avanço dos *softwares* e *hardwares*, cada vez mais potentes porém distante dos canteiros de obras. Nos termos de Sérgio Ferro, Pedro Arantes, Ana Baltazar e Silke Kapp, afirma-se ainda mais o distanciamento do arquiteto do canteiro: na separação entre o pensar e o fazer, com a proeminência do primeiro sobre o segundo.

Por fim, no item 3.3.3, enfatiza-se o design baseado no material, dentre as diversas teorias que constituem o *Digital Design*, por se tratar de uma teoria que se retroalimenta dos próprios experimentos com os materiais. É o que mais se aproxima da ambição de ver a Arquitetura próxima do canteiro, próxima dos materiais e repensando o fazer como um sistema contínuo e integrado com múltiplas forças da ciência e da prática.

### 3.1 O PAPEL DOS ARQUITETOS NA POPULARIZAÇÃO DO COMPUTADOR

A convergência entre a Arquitetura e o universo da computação não é recente. A década de 1950 pode ser considerada como marco para o início da cooperação entre esses dois campos: a Arquitetura e as Tecnologias da Informação. Contudo, tal convergência somente tornou-se pública em 1963, através da referida Tese de PhD desenvolvida por Ivan Sutherland (1964) junto ao MIT, nomeada *Sketchpad - A man-machine graphical communication system*<sup>49</sup>.

A Tese tratou da criação de um sistema de comunicação gráfica da primeira interface homem-máquina (não textual). Sutherland tinha como propósito demonstrar que os computadores poderiam ser usados como ferramenta de desenho e representação da arquitetura. O desenvolvimento da pesquisa de Sutherland foi propiciado por uma parceria entre a IBM e o MIT, resultando na criação de um computador com capacidade para processar a primeira interface gráfica de usuário, denominado *Computer Aided Design – TX* (KALAY, 2004).

---

<sup>49</sup> *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*. Technical Report Number 574. University of Cambridge. <https://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-574.pdf> + O CAD é considerado uma das ferramentas digitais de trabalho mais populares entre os arquitetos que a incorporaram desde a década de 1980, sendo utilizada até hoje (2017). Esta ferramenta é conhecida também como “prancheta eletrônica”, expressão que refere-se à limitação do CAD (representado aqui pelo mais popular software, o *AUTOCAD da empresa AutoDesk*); à sua capacidade limitada de expressão gráfica para o campo da arquitetura, principalmente nas fases iniciais de projeto.

A partir daí, ao longo das décadas de 1960 e 1970, sistemas integrados de design e produção industrial se desenvolveram rapidamente, associando o sistema computadorizado desenvolvido por Sutherland e o CAM – sistema de computação de suporte à fabricação. A disseminação desses sistemas integrados CAD/CAM se deu principalmente no campo da Engenharia Mecânica e nos processos de produção industrial, principalmente pela indústria automobilística, aeronáutica e naval (SILVA, 2011).

No campo da Arquitetura, os anos de 1960/1970 também foram marcados pela crescente parceria entre empresas do setor de tecnologias e a produção arquitetônica. O pavilhão da IBM para a Feira Mundial de 1964 é icônico de uma época, o *New York World's Fair Pavilion*<sup>50</sup> foi resultado da parceria entre os arquitetos Charles Eames, Eero Saarinen Associates e a indústria da computação digital representada pela IBM.

Figura 13 – Parte do *New York World's Fair Pavilion*, 1964



Outro exemplo notório de colaboração entre os dois campos foi a parceria entre Charles e Ray Eames e a IBM, com o objetivo de popularizar o computador; desta colaboração resultaram diversas exposições, como “*A Computer Perspective*”<sup>51</sup>. Esta exposição aconteceu no *Exhibit Corporate*

---

<sup>50</sup> EAMES Official Site. Disponível em: <<http://www.eamesoffice.com/the-work/ibm-pavilion-ny-worlds-fair/>>. Acesso em 7/9/2017

<sup>51</sup> Eames: The Architect & The Painter. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IsCxZeYRDv0>>. Acesso em 7/9/2017.

Center IBM, em 1971 até 1975<sup>52</sup>. Outros exemplos de colaboração entre esses arquitetos e a indústria de computadores resultaram em outras exposições, como a “*Mathematica: A World of Numbers... and Beyond*”<sup>53</sup>, em 1961, e “*The World of Franklin and Jefferson*”<sup>54</sup>, de 1975 a 1977.

Figura 14 – Exposição “*A Computer Perspective*”, 1971.



Desse modo, a convergência entre Arquitetura e Computação se deu também no âmbito da “propaganda”: a Arquitetura serviu como instrumento e meio de construção da estratégia de propaganda para a disseminação da cultura digital. Esse tipo de ação mantém, em certa medida, relação com os métodos comportamentais desenvolvidos por Edward Bernays<sup>55</sup> (HAAMER, Kris. 2017)<sup>56</sup>:

<sup>52</sup> EAMES Official Site. Disponível em: <http://www.eamesoffice.com/the-work/ibm-pavilion-ny-worlds-fair/>. Acesso em 7/9/2017

<sup>53</sup> IDEM

<sup>54</sup> EAMES Official Site. Disponível em <<http://www.eamesoffice.com/the-work/the-world-of-franklin-jefferson/>> acesso em 7/9/2017 + Os filmes de Charles & Ray Eames, Vol. 3: *The World of Franklin & Jefferson*. Charles e Ray Eames estão entre os melhores designers do século 20. Eles são mais conhecidos por sua contribuição inovadora para arquitetura, design de mobiliário, design industrial e fabricação. O legado desta equipe de marido e mulher inclui mais de 75 filmes que refletem a amplitude e profundidade de seus interesses. Todos os três filmes em Volume 3 cresceram a partir da exposição notável, “*The World of Franklin e Jefferson*,” projetado pelo Eames para a celebração do Bicentenário da América. O primeiro filme, “*The World of Franklin e Jefferson*” (1977, 35 min.), Usa a vida desses dois pais fundadores como prismas através dos quais a evocar América colonial. Também estão incluídos neste volume: “*O Franklin e Jefferson Proposta Film*” (1973, 13 min.) E “*Paris: A abertura de uma exposição*” (1976, 6 min), mostrando a abertura em Paris desta exposição.

<sup>55</sup> HAAMER, Kris. 2017. *Historical Figures: Edward Louis Bernays*. Disponível em: [krishaamer.com/edward-louis-bernays/](http://krishaamer.com/edward-louis-bernays/). Acesso em 19/set/2017. TAMPERE, Kaja. Escrito para primeira aula do semestre For Semester 1 Public Relations Class. The Baltic Film & Media School Of Tallinn University. Edward Louis Bernays - Viena, Áustria-Hungria, 22 de

Os métodos comportamentais, que podem funcionar para moldar e controlar pensamentos e atitudes e induzir ao consumismo. A necessidade de controlar o pensamento é uma doutrina-chave da enorme indústria de Relações Públicas, que se desenvolveu nos países mais livres do mundo, Reino Unido e Estados Unidos, motivada pelo reconhecimento de que as pessoas conquistaram muitos direitos para ser controladas pela força, de modo que era necessário criar outros métodos.

Portanto, o princípio essencial da teoria dominante é: “O marketing para arquitetar o consenso – por meio do controle do pensamento, atitudes e comportamento – é uma alavanca crucial para alcançar esses objetivos – e, de passagem, manter os lucros correntes.” (CHOMSKY , 2016)

### 3.2 A DIFUSÃO DE PESQUISAS SOBRE FABRICAÇÃO DIGITAL

A base conceitual, a partir da qual a Fabricação Digital avança como possibilidade de transformação dos processos de consecução do projeto arquitetônico e a sua realização material, tem sido construída através de um grande esforço multidisciplinar de pesquisas. Do mesmo modo, foi também um esforço midiático de divulgação das pesquisas sobre o tema que contribuiu para a consolidação de uma base teórica voltada para os propósitos do design integrado à Fabricação Digital.

Porém, nesse processo de pensar a Arquitetura em sua base digital, busca-se compreender os princípios da transição dos processos convencionais entre o desenho e o canteiro, para uma possível, completa digitalização do processo: do pensar associado ao fazer da Arquitetura na Era Digital.

---

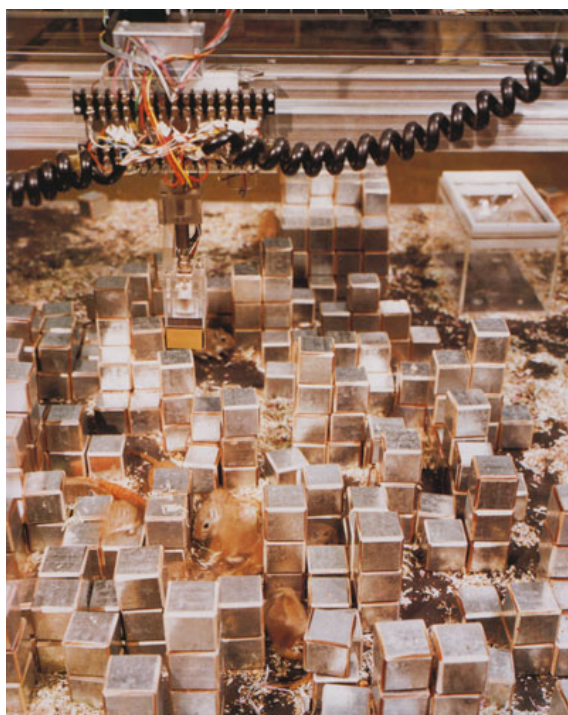
novembro de 1891 - 9 de março de 1995 - foi um pioneiro austro-americano no campo das relações públicas e da propaganda, referenciado como “pai das relações públicas”. Combinou as ideias de Gustave Le Bon e Wilfred Trotter com as ideias psicológicas de Sigmund Freud, seu tio.

<sup>56</sup> Este método foi chamado por Edward Bernays de “A engenharia do consentimento” . Em seu livro “Propaganda”, um documento fundador da indústria de marketing, Bernays explicou que as engenharias do consentimento e arrebanhamento eram necessárias em sociedades democráticas, de modo a assegurar que, “a minoria inteligente estivesse apta a agir sem a interferência da irritante população, que deve ser mantida passiva, obediente e distraída; o consumismo apaixonado é o instrumento óbvio, baseado em criar desejos por vários meios”. The Century of the Self. disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=eJ3RzGoQC4s>> acesso em 7/9/2017 + Parte 1 - Maquinas da Felicidade <<https://vimeo.com/79771087>> acesso em 7/9/2017.

Quando o código digital ganha para o mundo tangível das formas concretas a fluidez dos processos digitais de design. Neste contexto a Tecnologia dos Materiais tem um papel de destaque que retroalimenta o processo de criação e fabricação.

Assim, elege-se para análise as argumentações de alguns autores nas quais a hipótese do fortalecimento do arquiteto aparece a partir de um campo “digital expandido”, que vincula as pesquisas em Arquitetura a outras áreas do conhecimento. Esta multidisciplinaridade trazida para a Arquitetura confere maior controle e poder ao arquiteto ainda mais especializado no ambiente digital. Esse argumento de empoderamento do arquiteto, através do controle dos aparatos tecnológicos é nitidamente visto através das apostas dos centros de pesquisa em Arquitetura e Tecnologia, de importância internacional, para os quais apontam exemplos de pioneirismo, como é o caso de Nicholas Negroponte que, em 1967, funda o *MIT's Architecture Machine Group* (NEGROPONTE,1970).

Figura 15 – Experimento do *Architecture Machine Group*, 1967.



Negroponte, segundo Steenson (2016), propõe: “Uma combinação de laboratórios e um corpo de especialistas em aconselhamento e ideias sobre

os problemas políticos ou econômicos específicos da área, priorizando também, estudos sobre as atualizações oriundas da interação homem-computador”.

No contexto de criação de um novo ambiente e nova base teórica para a Arquitetura, o laboratório *Architecture Machine Group – MIT – ARCH-MAC* se destacou por sua capacidade de fundir Arquitetura, Engenharia e Computação, apresentando uma visão da pesquisa e do ensino de Arquitetura que desafiava a pedagogia em Arquitetura Tradicional (STEENSON, 2016).

Neste contexto de hibridização das tecnologias avançadas e parâmetros advindos da Arquitetura, o Departamento de Arquitetura e Urbanismo do MIT foi levado a colaborar com outros campos do conhecimento. A interação com outras áreas deu início a um campo de pesquisas em Arquitetura completamente aberto às novas fontes. Trouxe a Arquitetura para dentro de uma infraestrutura cada vez mais ampliada e ligada à tecnologia computacional, assim como também a um novo patamar, com capacidade para reconfigurar um vasto campo de atuação.

É importante lembrar que esses grandes laboratórios e instituições ligadas à pesquisa tecnológica e ao aprendizado, não apenas o MIT, tiveram e ainda têm, como sua maior fonte de financiamento, recursos oriundos do poder público ou de grandes corporações. Destes financiamentos resultam invenções que, muitas vezes, ou permanecem fora do alcance geral da população ou são comercializados posteriormente pelas corporações, gerando lucros sobre os consumidores finais. Isto quer dizer que aqueles que financiam as pesquisas de risco se tornam consumidores das invenções ou inovações tecnológicas, gerando lucro para as empresas fabricantes – esse modo de operar continua sendo o meio principal de financiamento de

projetos de risco ou inovadores, como é o exemplo bastante difundido das *Startups*<sup>57</sup>.

No caso do *ARCH-MAC*, os contratos de investigação em áreas de interesse estratégico norte-americano contaram com recursos da Agência de Projetos de Pesquisas Avançadas – ARPA<sup>58</sup>, do Gabinete de Pesquisa Naval Norte-Americano, além de outras fontes de financiamento, como a NSF – Fundação Nacional de Ciência. A Arpase popularizou por ser considerada a agência responsável pela invenção da Internet, quando esta era tratada estritamente pelo sistema de defesa norte-americano, como parte do controle de dados estratégicos para o Estado. E assim permaneceu por décadas, como reflexo da Segunda Guerra Mundial e, mais precisamente, durante a Guerra Fria<sup>59</sup>.

Tendo como pressuposto o *ARCH-MAC*, Nicholas Negroponte e Jerome B. Wiesner<sup>60</sup> criaram o *Media Lab* – MIT em 1985<sup>61</sup>. Como diretor, Negroponte desenvolveu o laboratório de ciências para os novos meios de comunicação e um parque de alta tecnologia, para investigar a interface homem-computador. A escolha do termo mídia se referia, segundo Negroponte (NEGROPONTE, 1970):

[...] à convergência à crescente sobreposição de três setores da indústria:

- (i) radiodifusão e imagens em movimento;
- (ii) a impressão e a publicação; e
- (iii) os computadores.

---

<sup>57</sup> SEBRAE: NEGÓCIOS E TECNOLOGIA: TENDÊNCIAS REVOLUCIONÁRIAS DE MERCADO. Disponível em: <http://materiais.inovacaosebraeminas.com.br/obrigado-tendencias-revolucionarias-de-mercado-parte-1>. Acesso em 19/set/2017.

<sup>58</sup> ARPA - Acrônimo de *Advanced Research Projects Agency*.

<sup>59</sup> Defense Advanced Research Projects Agency. Disponível em <http://www.darpa.mil/about-us/about-darpa>. Acesso em 19/set/2017.

<sup>60</sup> SCHRAGE, Michael. *An MIT Lab Tinkers With the Future of Personal Computers*. The Washington Post. p. 13. 1985

<sup>61</sup> MIT Media Lab. Disponível em: [www.media.mit.edu/](http://www.media.mit.edu/). Acesso 19/set/2017.

Figura 17 – Logomarca do MIT Media Lab.



Em 1992, Negroponte participou da criação da *Wired Magazine*<sup>62</sup>, periódico que se destacou por divulgar e disseminar os avanços tecnológicos, principalmente, como braço publicitário do MIT. De 1993 a 1998, Negroponte reiterou um tema básico: *Move Bits, not Atoms*<sup>63</sup>. Na publicação de *Being Digital*, através de suas colunas mensais na *Wired Magazine*, Negroponte, tornou públicas muitas ideias e previsões sobre como o mundo interativo, o mundo do entretenimento e o mundo da informação acabariam por se fundir (NEGROPONTE, 1999).

Vale ressaltar a cronologia das transformações e avanços previstos por Negroponte que vieram a se concretizar:

- a) 1965 – Computer Aided Design;
- b) 1970 – Interface;
- c) 1980 – New Media;
- d) 1990 – Telecommunications;
- e) 1995 – Bits & Atoms;

---

<sup>62</sup> WIRED Magazine. Disponível em: <https://www.wired.com/>. Licença para reprodução disponível em: <http://www.condenast.com/about/>. Acesso em 7/set/2017.

<sup>63</sup> Negroponte, Nicholas. Disponível em: <https://web.media.mit.edu/~nicholas/>. Acesso em 19/set/2017.

- f) 2000 – Learning Learning; e
- g) 2015 – Connecting the last billion.

A importância da interdisciplinaridade do *Media Lab* – MIT pode ser avaliada pela participação de outros nomes de grande proeminência oriundos de outras áreas como a Matemática e a Educação, a exemplo de Seymour Papert<sup>64</sup>, que também foi um visionário. Enquanto a tecnologia do computador era usada a serviço da máquina de Guerra e do sistema capitalista, Seymour Papert desenvolvia, junto a Jean Piaget, metodologias de aprendizagem através do “aprender, fazendo”. Papert foi o teórico mais conhecido a atuar sobre o uso de computadores na educação; um dos pioneiros da inteligência artificial e criador da linguagem de programação LOGO (em 1967), inicialmente para crianças ainda quando os computadores eram muitos limitados<sup>65</sup>.

Figura 18 – Experimentos da programação LOGO de Seymour Papert, 1967.



<sup>64</sup> <http://www.papert.org/> nascido em 1928, em Pretória, África do Sul.

<sup>65</sup> MITNews. MIT Media Lab. Disponível em: <http://news.mit.edu/2016/seymour-papert-pioneer-of-constructionist-learning-dies-0801>. Acesso em 19/set/2017.

Na educação, Papert cunhou o termo construcionismo como sendo uma abordagem diferenciada do construtivismo criado por Piaget. Para Papert o construcionismo permitiria ao educando construir o seu próprio conhecimento por intermédio de alguma ferramenta, como o computador por exemplo. Desta forma, o uso do computador é defendido como auxiliar no processo de construção de conhecimentos e uma poderosa ferramenta educacional. Portanto, o construcionismo de Papert (1970) adaptou os princípios do construtivismo cognitivo de Jean Piaget a fim de melhor aproveitar-se do uso de tecnologias<sup>66</sup>.

William J. Mitchell é outra figura marcante que alcançou papel de destaque no avanço e delimitação do ideário tecnológico para a Arquitetura. Em 1977, Mitchell publica seu livro *Computer-Aided Architectural Design*. Este livro forneceu uma introdução abrangente aos fundamentos de design arquitetônico assistido por computador para estudantes de arquitetura (MITCHELL, 1977).

Em um ensaio chamado *A new agenda for computer – aided – architectural design*, o autor trata o design como se segue (MITCHELL, 1989):

Design é a computação da informação de forma que é necessária para guiar a fabricação ou construção de um artefato. Essas informações normalmente especificam a geometria de artefatos (Conexões de vértices, bordas, superfícies e volumes fechados), dimensões, ângulos, e tolerâncias em dimensões e ângulos. Podem também existir associações de símbolos com subformas para especificar o material e outras propriedades.

Do mesmo modo, o livro de Mitchell *The Logic of Architecture: Design, Computation and Cognition*, de 1990, foi creditado pelo *The New York Times* como tendo mudado profundamente a forma como os arquitetos abordam o projeto de edifícios. Mitchell contribuiu para a consolidação da base teórica e

---

<sup>66</sup> Idit Harel, Seymour Papert. *Constructionism: research reports and essays*, 1985-1990. Massachusetts Institute of Technology. *Epistemology & Learning Research Group*.

para a disseminação do novo paradigma tecnológico da Arquitetura em várias publicações, através da editora do MIT – *MIT Press*<sup>67</sup>.

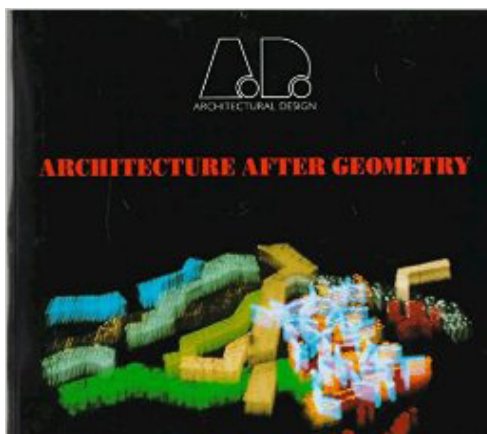
Segundo Mauricio Loyola (2016), no início dos anos de 1990 o uso das tecnologias digitais no campo da Arquitetura se popularizou. Para Loyola (2016), vários autores, a exemplo de Mitchell (1998) e John Frazer (1995) “[...] alertavam para o risco de uma excessiva virtualização da disciplina e da emergência de um ‘ciberespaço’ desligado da materialidade, construção, massa ou gravidade”. Loyola (2016) cita o conceito de “antitectônico” proposto por Mitchell (1998) para descrever “[...] a nova era digital caracterizada pela desmaterialização da arquitetura.

A partir da década de 1990, Greg Lynn se destacou como arquiteto e professor, tendo contribuído com uma vasta produção literária para a construção do discurso *technoArchitecture*. O livro *Computational design: Folding in Architecture* (1993), de sua autoria, foi considerado como uma das publicações de Arquitetura mais influentes nos anos de 1990. Esta publicação exemplifica projetos de arquitetos nativos da geração imersa no universo digital. A partir de uma série de ensaios, Lynn criou um ambiente favorável para que o *Computer-based design* se desenvolvesse.

---

<sup>67</sup> Mitchell, William J.; Borroni-Bird, Christopher; Burns, Lawrence D. (2010). *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century* (1st. ed.). The MIT Press. ISBN 978-0-262-01382-6. ++ *World's Greatest Architect: Making, Meaning, and Network Culture* (2008), ISBN 0262633647 ++ Mitchell, William J.; afterword by Charles M. Vest (2007). *Imagining MIT : Designing a campus for the twenty-first century* (Online-Ausg. ed.). Cambridge, Mass.: MIT. ISBN 978-0262134798. ++ *Placing Words: Symbols, Space, and the City* (2005), ISBN 0262633221 ++ *Me++: The Cyborg Self and the Networked City* (2003), ISBN 0262633132 ++ *e-topia: Urban Life, Jim—But Not As We Know It* (1999), ISBN 0262632055 ++ *High Technology and Low-Income Communities*, with Donald A. Schön and Bish Sanyal (1998), ISBN 026269199X ++ *City of Bits: Space, Place, and the Infobahn* (1996), Cambridge MA: MIT Press, ISBN 0262631768 ++ *The Reconfigured Eye: Visual Truth in the Post-Photographic Era* (1992), Cambridge MA: MIT Press, ISBN 978-0262631600 ++ *The Logic of Architecture: Design, Computation, and Cognition* (1990), ISBN 0262631164 ++ *Computer-Aided Architectural Design* (1977), New York: Petrocelli/Charter, ISBN 978-0884053231 — A seminal work on the use of Computer-Aided Design tools in architectural design <https://mitpress.mit.edu/>

Figura 19 – Architecture After Geometry. Greg Lynn, 1997.



Em *Architecture After Geometry*, Lynn discute projetos arquitetônicos e urbanos que derivam de geometrias não euclidianas. Em 1999, Lynn reuniu um grupo respeitável de autores<sup>68</sup> para uma publicação que propunha novos parâmetros para a Arquitetura na 'Era Digital', nomeado como *Animated Form* (LYNN, 1993). Lynn (1999) inspirou uma geração de designers a pensar uma arquitetura elástica, maleável e mutável, limitada apenas pela imaginação, usando *softwares* de animação e computadores de alta performance.

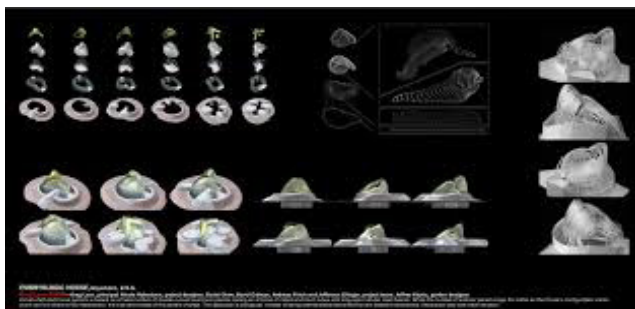
Lynn contribuiu também para a criação de um novo vocabulário para descrever as formas biomórficas: *blobs*, *bodies*, *hypersurface* e *polysurfaces*; termos explicitados através da publicação de *Folds, Bodies & Blobs: Collected Essays* de 1998. Antes, em 1996, no artigo para a *ANY Magazine: Blobs, or Why Tectonics is Square and Topology is Groovy* (1996), Lynn já havia cunhado o termo *Blob Architecture*. O termo popularizou-se como *blobitecture*<sup>69</sup>, a partir de um artigo publicado em 2001 para o *Sunday New*

<sup>68</sup> Ross Lovegrove, Jeffrey Kipnis, Chris Bangle, Sylvia Lavin, Peter Schröder, Bruce Sterling, J. G. Ballard, Along e Hani Rashid, Jesse Reiser e Stan Allen

<sup>69</sup> *Blobitecture* de arquitetura blob são termos para um movimento na arquitetura em que os edifícios têm um aspecto orgânico, em forma de ameba, utilizando o conceito de *form-finding*. O termo "arquitetura blob" estava em voga, já em meados dos anos 1990, a palavra *blobitecture* apareceu pela primeira vez na imprensa em 2001, na coluna de William Safire "On Language" na *New York Times Magazine*, em um artigo intitulado *Defenestration*. Embora projetada no artigo para ter um significado pejorativo, a palavra é muitas vezes usado para descrever edifícios com formas curvas e arredondadas. Disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/Blobitecture>>.

*York Times, The way we live now: 12-01-02: "On Language; Defenestration"* (SAFIRE, 2001).

Figura 20 – Experimentos de modelagem Fluída. Greg Lynn, 1997.



Estas publicações especializadas foram fundamentais para pavimentar o caminho e para consolidar o discurso, exemplificando a sua utilização no campo da Arquitetura nos termos do *digital design*. Portanto, as publicações foram precursoras, tanto em suas bases teóricas quanto nos experimentos que contribuíram para a verificação dos desdobramentos para a produção da Arquitetura Contemporânea.

Estes exemplos citados repercutiram nos principais periódicos de Arquitetura, em especial na *Architectural Design* – AD<sup>70</sup>.

Entre os anos de 2004 e 2012, pode-se verificar, através da análise, caso a caso, de todas as publicações<sup>71</sup>, a ênfase dada à excepcionalidade e à eleição de exemplos “bem sucedidos” que demarcaram o campo da Arquitetura na Era Digital. Este periódico também explicita o referencial teórico e as estratégias digitais de design e fabricação, reconhecidos pelo campo da Arquitetura como sendo de vanguarda e da “Alta Arquitetura” (BOURDIEU, 1996). A *AD-Magazine*, assim como a *Wired Magazine*<sup>72</sup> e a editora *MIT Press*<sup>73</sup>, são alguns dos meios difusores dos centros avançados

<sup>70</sup> Disponível em <<http://www.architectural-design-magazine.com/view/0/index.html>>. Acesso em 8/9/2017.

<sup>71</sup> Acesso através do Portal Capes/cCNPq

<sup>72</sup> Disponível em <<http://www.wired.com/category/magazine/>>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>73</sup> Disponível em <<https://mitpress.mit.edu/>>. Acesso em: 8 set. 2017.

de pesquisa. Nestes meios, a disseminação de pesquisas e o avanço de determinadas técnicas funcionaram como área de consumo da tecnologia.

Figura 21 – Capa do periódico AD. Agosto de 2010.



Através da análise dessas edições (de 2004 a 2012), percebe-se que a maioria das obras geradas e produzidas digitalmente constroem um panorama de propaganda em favor da arquitetura extraordinária de alta complexidade construtiva e de alto valor financeiro, ligada à tecnologia

digital. Esse viés temático foi largamente abordado por mais de duas décadas, antes mesmo de se conseguir, de fato, encontrar a expressão material e técnica para a execução da obra arquitetônica nos termos da Fabricação Digital.

Os temas tratados por tais publicações ajudam a refletir sobre o caminho percorrido para a consolidação do repertório e do discurso circunscrito do *digital design* no campo da Arquitetura. Esses temas são o registro das reconfigurações dos conceitos, dos argumentos, das práticas integradas de design e produção, que foram incorporadas fortemente nos processos de design. Mas ao mesmo tempo, pouco contribuíram para a consecução (física) das obras com repercussões para o canteiro, fora do campo da exceção e do extraordinário de algumas obras arquitetônicas.

Em meio ao panorama de exemplos do *design digital* a serviço da alta arquitetura, a publicação da *AD Reader, Computational Design Thinking*, de 2011, apresentou a pesquisa organizada por Achim Menges e Sean Ahlquist, com a colaboração de autores de campos variados<sup>74</sup>. Esta pesquisa lança uma nova luz sobre a abordagem do conceito de “pensamento computacional” e de sua interface com conceitos provenientes da Arquitetura e de diversas áreas. Esta publicação teve um papel crucial para alargar o campo de pesquisas referentes às técnicas digitais de design. Sublinhou a importância da interface com outros campos, revelando o alcance e a ênfase na convergência das diversas áreas para a construção de um corpo teórico “expandido” do design da Arquitetura na contemporaneidade (MENGES; AHLQUIST, 2011)

A pesquisa organizada por MENGES e AHLQUIST estabelece, neste sentido, uma base ampliada, a partir da qual se constrói um tipo de pensamento teórico e prático para a Arquitetura. Compõe um novo repertório para o discurso do projeto computacional, com reflexões multifacetadas e

---

<sup>74</sup> Johann W. von Goethe, D’Arcy Thompson, Ernst Mayr, Ludwig von Bertalanffy, Gordon Pask, Christopher Alexander, John H. Holland, Nicholas Negroponte, William Mitchell, Peter J. Bentley & David W. Corne, Sanford Kwinter, John Frazer, Kostis Terzidis, Michael Weinstock e Achim Menges, Mark Burry, Jane Burry, Manuel DeLanda e Peter Trummer.

especulações sobre a influência de paradigmas provenientes de áreas de domínios da matemática e da ciência da computação, da biologia do desenvolvimento à evolução.

O trabalho desenvolvido por Achim Menges, Hensel e Weinstock, junto ao *Institute for Computational Design – Faculty of Architecture and Urban Planning – Universität Stuttgart* contribuiu para a disseminação de uma ótica imbricada entre o pensar e o produzir uma arquitetura com base nas tecnologias computacionais. A produção teórica é respaldada por experimentos, que se estabelecem a partir de uma estreita ligação entre a teoria e a prática. Ganha maior divulgação e referência no ambiente acadêmico, através de um processo de retroalimentação, em que a produção empírica alimenta a produção teórica.

Figura 23 – Periódico AD. Mterial Computation. 2012.



Outras publicações como *Emergence: morphogenetic design strategies*, de 2004, *Emergent Technologies and Design: towards a biological paradigm for Architecture* de 2010, e *Material Computation: higher integration in morphogenetic design* (MENGES, 2012), organizadas pela Editora AD – Architectural Design – tratam dos argumentos teóricos que emergem dos

trabalhos apresentados por Menges, explicitando os desdobramentos, para a prática, das novas estratégias de projetos altamente integrados à fabricação.

As publicações abordam a emergência de uma base digital comum e de um ponto de vista amplo, multifacetado, não linear e, sobretudo, simultâneo, a partir da qual a composição e o comportamento dos materiais é determinante para a definição formal. A determinação formal não é requisito primordial que qualifica o espaço criado pela arquitetura de Menges. Para Menges, o potencial dos materiais define a qualidade espacial da Arquitetura.

Portanto, para Menges, a Tecnologia dos Materiais, relacionada à computação evolutiva, é incorporada, de fato, pela prática da Arquitetura. O grau de transformação da Arquitetura é dado mais pela discussão sobre o conhecimento dos materiais e sobre o modo como a maquinaria pode lidar com esses materiais.

Para Loyola (2016) há:

[na década atual uma] há uma revalorização do material e do construtivo. A massificação das máquinas CNC em escolas e oficinas de Arquitetura é o sintoma mais evidente de um crescente interesse pelo impacto que as tecnologias digitais podem ter nos métodos de produção material da Arquitetura.

Para além da revalorização do material para a arquitetura apontada por Loyola, a publicação *Computational Design Thinking* (MENGENS; AHLQUIST, 2011), organizada por Menges, explicita sua teoria como sendo um modo de construir um aprendizado a partir de diversos argumentos compartilhados por diferentes fontes que gravitam em torno do conceito central, o “pensamento computacional”. Esse pensamento pode ser definido como um processo de resolução de problemas que inclui, mas não se limita, às seguintes características:

- a) formular problemas de modo que seja possível usar o computador e outras ferramentas para ajudar a resolvê-los;
- b) organizar e analisar dados de forma lógica;
- c) representar dados através de abstrações, tais como modelos e simulações;

- d) automatizar soluções através do pensamento algorítmico;
- e) identificar, analisar e implementar as soluções possíveis com o objetivo de conseguir a combinação mais eficiente e eficaz de etapas e recursos; e
- f) generalizar e transferir esse processo de resolução de problemas para uma grande variedade de problemas.

Em síntese, o entendimento do *Computational Design Thinking* estabelece uma base a partir da qual se constrói um tipo de pensamento teórico e prático, que desempenha um papel fundamental para a circunscrição do campo da Arquitetura nos termos do *digital design* baseado na experiência material. Menges constrói, a partir daí, um argumento baseado no controle sobre o aparato tecnológico de produção, chegando ao desenvolvimento do novo maquinário ou adaptando-os às demandas do fazer: o fazer baseado na experiência com os materiais e os aparatos disponíveis para a Fabricação Digital.

Tais processos construtivos tem produzido, segundo a ótica de Oxman (2010) uma nova materialidade. Pode-se afirmar que há um esforço contínuo de divulgação e disseminação dos métodos de projeto e fabricação integrados na Arquitetura, através das publicações apresentadas aqui. Elas apontam para o reposicionamento da Arquitetura e do arquiteto diante das estratégias de design e dos processos altamente integrados de geração e de produção de objetos em escala arquitetônica. A produção consistente de Menges atrai a atenção dos meios de divulgação dessa mentalidade, que vem acompanhada da convergência entre design e produção, como um campo “expandido” da Arquitetura Contemporânea.

Este esforço de disseminação e de divulgação de um espírito ou estética da Era Digital é alimentado pelos grandes centros apresentados, difusores de tecnologia como o MIT, o ICD, o ETHZ, a AA, entre outros. Suas teses se encontram em revistas especializadas, como a *AD Magazine* e a *Wired Magazine*, fóruns privilegiados para a discussão da teoria do design e da Arquitetura produzida em meio digital. Além do papel central de divulgação, esses centros têm, também, fundamental importância na produção de

pesquisas de vanguarda para a Arquitetura, assim como na sua política de expansão, através de cursos, nos mais remotos lugares.

No entanto, a contribuição da literatura especializada – periódicos, livros e artigos – impressos ou digitais – via de regra, prioriza a tecnologia para a Arquitetura de exceção, não democrática, servindo quase tão somente para mostuário de uma dezena de grandes arquitetos mundialmente conhecidos e para vitrine do capital financeiro internacional. Em grande parte, a tecnologia digital aparece como modelo que trata os ambientes e culturas a partir de uma base homogênea e hegemônica a ser seguida. Ou seja, o papel desses centros difusores e de suas publicações especializadas acaba sendo uma forma de preparar um público para o consumo da estética do momento.

Neste caso, essa literatura é pouco passível de ser democratizada, visando o tratamento de problemas locais: a despeito das diferenças culturais, políticas, econômicas e, particularmente, as sociais. Apesar disso, embora a Fabricação Digital ainda esteja ligada a uma Arquitetura de exceção, e ainda que essa abordagem possa parecer uma política expansionista de vanguarda, se acredita que possa haver outros modos de abordar a Fabricação Digital na Arquitetura. Isto ocorrerá somente com a ampliação do entendimento do paradigma computacional trazendo esclarecimentos para uma possível democratização de sua prática e uso. Estas fontes devem ser tomadas para pensar uma teoria crítica da Arquitetura brasileira na era digital, buscando questionar suas pautas centrais e nos questionando principalmente no ensino de Arquitetura.

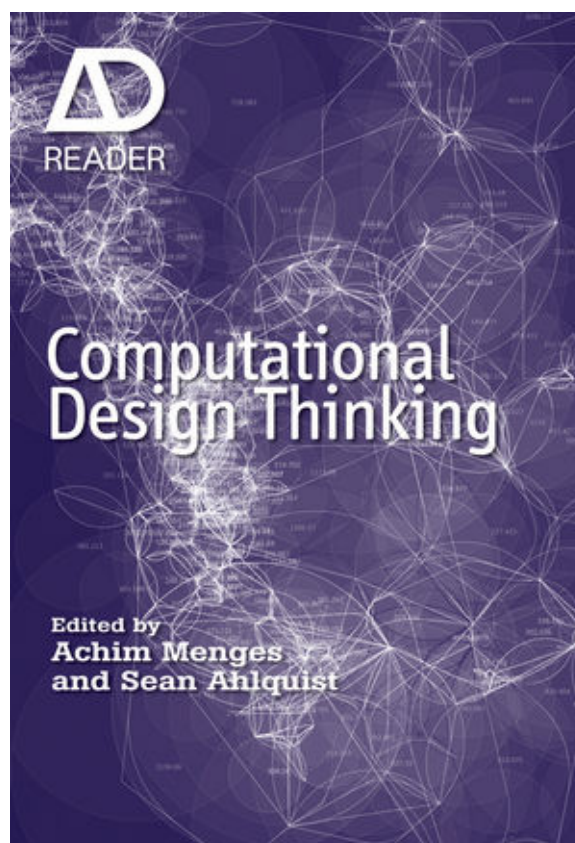
### 3.3 A TEORIA DO *DIGITAL DESIGN*

Foi visto, a partir da década de 1990, um aumento exponencial da capacidade de processamento dos computadores quanto à incorporação feita pela Arquitetura das formulações teóricas oriundas de outros campos de pesquisa e saber. A Filosofia, a Matemática, a Biotecnologia e princípios provenientes dos domínios da Física e da Ciência da Computação, da

Biogenética, são indicadores dessa mudança nas teorias de Oxman (2006) e Menges e Ahlquist (2011).

O termo *Computational Design Thinking* (MENGES; AHLQUIST, 2011), contribui para a compreensão dos conceitos associados ao *Digital Design*, representando uma mudança significativa para o processo de design e seus métodos. A representação é substituída pela simulação e pela emulação de dados do objeto arquitetônico. A elaboração dos objetos arquitetônicos avança para a geração de sistemas integrados de produção através de processos computacionais.

Figura 24 – Edição AD. Computational Design Thinking. 2011.



As pesquisas coordenadas e organizadas por Menges (2015) contribuíram para o estabelecimento de uma base ampliada para o pensamento teórico e para o campo da prática da Arquitetura. As reflexões e especulações sobre a influência de paradigmas provenientes de outras áreas do conhecimento desempenharam um papel fundamental na circunscrição do campo da Arquitetura Contemporânea, pautada pela disseminação das Tecnologias de

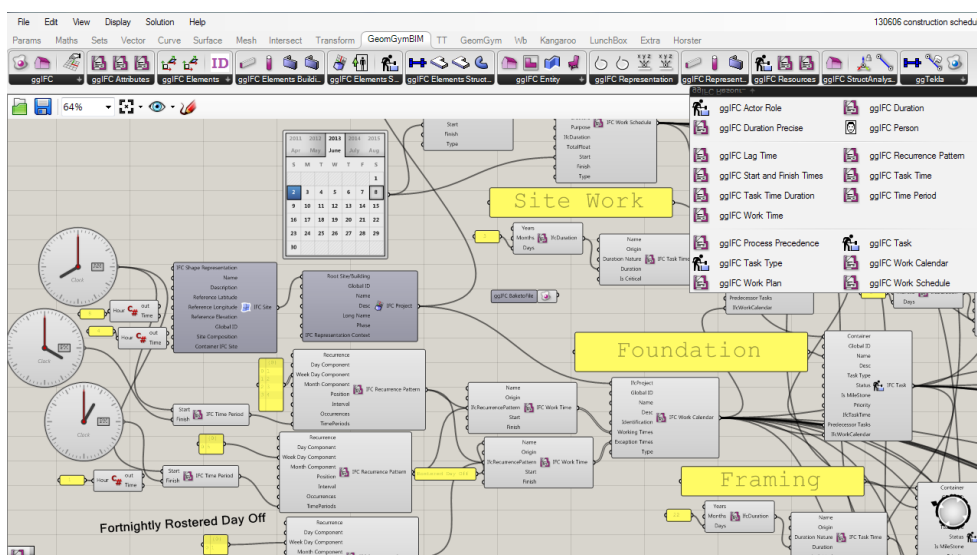
Informação e Comunicação e da constituição de novas ferramentas, visando a interpretação do mundo a partir do código binário. Esse modo de pensar pressupõe a superação de barreiras entre as disciplinas e a dissolução das fronteiras entre os mais diversos campos do conhecimento (MENGES; AHLQUIST, 2011).

Esta convergência de saberes antes tratados como periféricos, assume papel central. A partir dela, novas práticas são pensadas e acabam por reposicionar a teoria e a prática da Arquitetura na Era Digital para a construção de um saber que envolve processos generativos, novos materiais, ou a associação de materiais que assumem novas funções, além de processos inéditos, muitas vezes relacionados a princípios naturais, alterando de uma só vez o projeto e a produção.

O entendimento das diferenças entre o projeto – feito no papel – e aquele que se impõem como um novo paradigma – o *Digital Design* ou *Digital Morphogenesis* (MENGES, 2012) – talvez seja o ponto de partida para a assimilação de alguns dos conceitos mais valiosos que englobam os processos integrados de design e produção, abrindo caminho para uma intensa exploração da complexidade formal e tectônica na Arquitetura. Estes conceitos tornaram possível a captura da complexidade geométrica de objetos tridimensionais, através de *softwares* que permitem, entre outras coisas, a análise estrutural, a avaliação de condições do sítio (*field conditions*) e a definição de parâmetros a partir do comportamento dos materiais, traduzindo a complexidade de tais dados através de *softwares* para o mundo concreto das formas (orgânicas e complexas).

O algoritmo é tratado como um conceito chave para a manifestação ou a emergência da forma atribuída à mudança de paradigma. O conceito atribuído ao algoritmo - frequentemente ilustrado pelo exemplo de uma receita culinária - substitui o processo convencional de criação de formas, para processos em que a forma emerge como resultado desses mesmos processos. Ele define parâmetros e rotinas de procedimentos que se sucedem, numa sequência finita, em um conjunto de instruções.

Figura 25 – Aplicativos de edição gráfica de Algoritmos&gt;



Segundo Oxman (2010), o design mediado digitalmente é caracterizado por altos níveis de complexidade. Tais processos têm, como características, “[...] a forma topológica, a evolução transformacional ou diferenciada de uma estrutura espacial, uma organização não-hierárquica e complexa.” (OXMAN, 2012b).

Desse modo, há um deslocamento na fronteira entre material e digital, entre *softwares* e *hardware*. Este é um dos aspectos mais significativos de mudanças nos modos de operar a gênese da forma. A morfogênese passa a ser uma associação do controle de propriedades performativas dos materiais nos processos generativos digitais (MENGES, 2011). Para o *digital design*, a forma se manifesta a partir das relações entre forças internas e pressões externas ou entre interações geradas com outros grupos de formas.

A arquitetura característica do que se convencionou chamar de Era Pós-Digital é flexível e complexa. Contudo, a construção, no que diz respeito à produção / fabricação, é ainda muito mais complexa (MENGES, 2010). Aqui, a interface entre homem e máquina passa a ser: homem, algoritmos, maquinário, prototipagem, análise e materialização, em uma relação não hierárquica e não linear. Em alguns casos, máquinas de apoio à produção são concebidas como parte do processo.

A geração da forma arquitetônica baseada em algoritmos e no controle de parâmetros integrados às técnicas de produção controladas digitalmente tem o poder de transformar, radicalmente, as bases geradoras e os meios de produção da Arquitetura. Destaca-se um aspecto importante nesta abordagem da Fabricação Digital: coloca-se em discussão o papel do arquiteto nos processos de construção, dando a entender como obrigatório recolocá-lo nas fábricas e nos canteiros, ou seja, reaproximar o arquiteto dos aspectos materiais e construtivos da produção da arquitetura.

### 3.3.1 Aspectos críticos da apropriação do *Digital Design*

Ao analisar os desdobramentos do Digital Design, pode-se afirmar que a ênfase no retorno do arquiteto ao canteiro não é motivada apenas pela tentativa de superação da histórica separação entre o trabalho intelectual e o saber construtivo, inaugurado por Filippo Brunelleschi (Saalman, 1993) e Leon Battista Alberti (Grafton, 2002) no Renascimento. Nem, tampouco, trata-se de um retorno aos aspectos materiais e construtivos da produção da arquitetura, com vista a uma avaliação de processos produtivos “sustentáveis” ou “democráticos”. O que se percebe é a urgência de uma reestruturação das forças de trabalho e um reposicionamento do sistema capitalista e do papel do arquiteto no controle dos meios de produção. Consideramos que a separação que Brunelleschi impõe no canteiro consiste, praticamente, na introdução do modo de produção capitalista na Arquitetura. Posteriormente, Alberti vai teorizar o modo e os parâmetros sobre os quais o trabalho do arquiteto deve se moldar. Arantes (2012) argumenta que a ênfase dada à volta ao canteiro, propiciada pela Fabricação Digital, está mais ligada à perda progressiva do poder dos arquitetos para outros agentes, no que se refere às decisões da construção, como engenheiros, construtores, incorporadores e fabricantes de materiais. Com isso, os arquitetos tornaram-se “[...] quase irrelevantes, na condição de mestres apenas na produção de efeitos especiais.”. Arantes (2012) refere-se à saída completa do arquiteto do canteiro, determinada legalmente, nos Estados Unidos. Portanto, “[...] o que significaria maior autonomia para

dedicar-se à concepção dos projetos acabou resultando em desatualização técnica, perda de prestígio profissional e progressiva marginalização.”

Segundo Arantes (2012)

Diante do desafio da construtibilidade, os designers das novas complexidades arquitetônicas do século XXI, interessados na realização de lucros com a excepcionalidade inovadora de suas formas, e no caso específico dos EUA, de recuperação da construção como campo de trabalho, tiveram poucas alternativas além do engajamento em processos alternativos de construção, como a Fabricação integrada ao design.

Nos processos de contratação, tanto na etapa de desenvolvimento, compatibilização dos projetos executivos e na contratação da mão de obra utilizada em processos convencionais de construção, “[...] os arquitetos entraram em embate com os *buildings contractors*, relutantes em assumir a aparente inconstitucionalidade das propostas e a impossibilidade de gerenciamento das obras, segundo as normas correntes das geometrias ortogonais.” (ARANTES, 2012). Os arquitetos experimentais tiveram que encontrar mão de obra qualificada e fabricantes capazes de operar digitalmente a produção. Principalmente nos casos pioneiros, como o *Walt Disney Concert Hall* e do Museu *Guggenheim* de Bilbao, entre outros. Na execução de tais projetos, foram incorporados ao processo de produção construtores ligados às indústrias naval e aeroespacial e não da construção civil convencional.

Figura 26 – Museu Guggenheim de Bilbao, 1997.



Esse fato encontra similaridades na história dos meios de produção na Arquitetura, como os exemplos notórios dos artifícios usados por Brunelleschi para assumir o controle da obra da cúpula da Basílica de *Santa Maria Del Fiore* (Saalman, 1993)<sup>75</sup>, fazendo do desenho o mecanismo de controle sobre o canteiro, da substituição da mão de obra e expedientes de divisão do trabalho.

O *continuum* digital entre design, fabricação e montagem, obtido através da informação digital contida nos modelos tridimensionais, diretamente ligados às máquinas de fabricação, proporcionaram a um só tempo:

- a) o ganho de tempo e de produtividade, uma vez que a produção de desenhos para a construção (projetos executivos) já não eram mais necessários;
- b) a maior produtividade e diminuição de erros de produção, uma vez que o erro da mão humana poderia ser eliminado do processo e substituído por máquinas flexíveis; e, principalmente;
- c) a possibilidade de produzir modelos e protótipos usando processos de *feedback* da produção industrial como mecanismo de avaliação entre a concepção e a produção.

Desse modo, segundo Kolarevic (2005), a estreita relação que uma vez existira entre arquitetura e construção, e que teria sido a própria natureza da prática arquitetônica, parece ter o potencial de re-emergir a partir dos processos de produção baseados nas tecnologias digitais. Saliencia Kolarevic (2005):

Por séculos, ser um arquiteto também significava ser um construtor [...]. No futuro, ser um arquiteto também significará ser um construtor, não literalmente, é claro, mas por meio da geração digital das informações para a fabricação e construção de edifícios.

---

<sup>75</sup> Como Brunelleschi construiu a cúpula da Catedral de Florença? - *How an Amateur Built the World's Biggest Dome*. Disponível em <[https://www.youtube.com/watch?v=\\_IOPIGPQPuM](https://www.youtube.com/watch?v=_IOPIGPQPuM)> Acesso em 8/9/2017. + *The Age of Humanism: "Filippo Brunelleschi": Invention of "Linear Perspectives"* - Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=b8OboTpd4Zg>> Acesso em 8/9/2017

Finalmente, para Kolarevic e Rivka Oxman, apesar da aparente discordância sobre os desdobramentos da Fabricação Digital para a Arquitetura, suas opiniões convergem para a revisão da relação entre concepção e construção, propiciada pelo processo contínuo de informações do projeto arquitetônico para fábricas e canteiros. Resulta em mais controle, mais responsabilidade e mais poder para a mão dos arquitetos. A convergência desses diversos fatores para fabricação controlada digitalmente faz emergir a expressão *information master-builder*. Esta expressão designa a possível nova condição de comando total do arquiteto sobre o processo construtivo (KOLAREVIC, 2004). Em outras palavras, a versão do século XXI dos arquitetos mestres-de-construção medievais, diretamente envolvidos com o canteiro, leva o arquiteto a reconquistar seu poder sobre o ato de construir, como fez Brunelleschi em seu tempo (ARANTES, 2012).

Para Jim Glymph, “[...] é a velha figura do arquiteto *master-builder* [...]” (in ARANTES, 2012), a conexão entre projetista e fabricante através da modelagem digital que permite que “o controle volte a quem lhe é de direito, o arquiteto, do início ao fim do processo” (FRIEDMAN et al. , 1999). Sobre este paradigma, Arantes (2012) comenta que “[...] o paradigma do *Digital Master-Builder*, concentra poderes e saberes no trabalho intelectual, desse modo o arquiteto pode imaginar-se subindo novamente ao topo da pirâmide de trabalhadores que pretende comandar.”.

Kolarevic (2008) recorre à figura do *master-builder* medieval, construtor das catedrais góticas, como integrante de corporações de ofícios que trabalhava em canteiro e que tinha uma posição central na produção dos edifícios em função do seu domínio sobre os materiais e meios de produção. Sustenta, desse modo, seu argumento da semelhança deste com o novo *digital master-builder*, diretamente envolvido com a construção dos edifícios, no comando de todos os aspectos da construção, da sua forma até as técnicas de produção usadas na construção das suas obras.

De outro modo, Arantes (2012) – em sua crítica a Kolarevic com a qual se concorda, Kolarevic comete um equívoco histórico: o mestre-de-obras medieval não corresponde ao arquiteto fortalecido pelo controle total de

informações por meio de desenhos e pelo combate a greves, detendo a direção plena sobre todos os operários do canteiro. Segundo Arantes (2012), o apogeu do *master-builder-arquiteto* ocorreu no Renascimento, quando os arquitetos lideravam todo o processo de construção, de dentro e de fora, por meio de transformações em vários níveis: na representação e na codificação do desenho, na organização dos processos de produção, na invenção de novas ferramentas e mecanismos de construção, no aprimoramento de materiais e sua utilização. É nesse *master-builder* e, não, no artesanato medieval que os arquitetos e teóricos atuais, com as técnicas integradas de design e produção, encontraram um modelo para a reconquista de poder (KOLAREVIC; KLINGER, 2008).

A despeito da aparente inovação proposta pela Fabricação Digital e das rupturas com relação aos processos tradicionais de produção da Arquitetura, as tecnologias digitais integradas de design e de construção reafirmam a manutenção de relações estabelecidas entre o projeto e o canteiro, desde o Renascimento, por Brunelleschi e Alberti, com a invenção do arquiteto moderno e a prevalência do mental sobre os saberes construtivos, quando se instala uma dominação do intelectual sobre o material.

Para Pedro Arantes (2012) “[...] parece haver uma continuidade na ordem dos saberes e a vontade de reestruturação dos poderes dos arquitetos nesse processo de produção.”, considerando que Brunelleschi traduziu suas ideias através da invenção da perspectiva, que permitiu que o desenho se transformasse em uma ferramenta de controle sobre o canteiro, fazendo lembrar as críticas categóricas de Sérgio Ferro, para o qual (ARANTES, 2002):

[...] o desenho de Arquitetura é mediação insubstituível para a totalização da produção sob o capital. (...) no desenho, é como aparência de relação que as separações do fazer e do pensar, do dever e do poder, da força e dos meios de trabalho se manifestam.

Desse modo, legitimadas pelo campo da Arquitetura, principalmente pelo mercado editorial e pelas revistas especializadas, perpetuam-se as relações de dominação do desenho, agora digital, sobre o canteiro, assim como reafirma-se o caráter autoral do objeto arquitetônico, como obra completa,

fechada às interferências e alterações. Nesse sentido, a lógica do desenho opera em favor da diminuição até o desaparecimento completo da autonomia dos sujeitos envolvidos nos processos de produção e das contínuas transformações do espaço construído ao longo do tempo. Portanto, segundo Pedro Arantes (2012) a ideologia que há por trás das tecnologias digitais de design e fabricação reafirma o papel do canteiro heterônimo, no qual o desenho concentra cada vez mais saberes e poderes, relegando aos construtores “o papel de simples montadores de peças milimetricamente programadas e pré-executadas” (ARANTES, 2012).

Existe, portanto, uma estratégia de controle através da complexidade formal e do modelo digital, codificada pelos especialistas como mecanismo de dominação sobre os meios de produção. Essa dominação recupera para o arquiteto *hightech* o controle sobre os meios de produção da Arquitetura, e contribui para a diminuição da autonomia dos usuários e construtores, diante de uma complexidade técnica que inibe a participação dos sujeitos envolvidos no processo.

Contudo, o avanço da Tecnologia dos Materiais está levando as técnicas atribuídas à prototipagem a um grau muito maior de precisão, no que se refere aos comportamentos e à performance dos materiais, contribuindo para uma verificação muito mais precisa das avaliações dos objetos finais. O desenvolvimento de novos materiais (fibras de alta performance, substratos, vários tipos de polímeros), também tem contribuído para a prototipagem alcançar um grau mais efetivo e uma proximidade maior de precisão com o objeto final da escala arquitetônica (BROD et al., 2012).

Nos anos de 1990, como visto anteriormente, o aumento da capacidade de processamento computacional gerou uma intensa discussão sobre as qualidades materiais e simbólicas da Arquitetura na Era da Informação. Desse modo, a crescente automação dos processos de design e a crítica a uma maior “desconexão entre simulação e realidade [...] alimentaram debates sobre a capacidade dessa geração de objetos virtuais encontrar sua existência material.” (BROD et al., 2012).

A Arquitetura se viu pautada, desse modo, por avanços tecnológicos:

- a) no campo do projeto em meio digital – *Digital Design* – através de uma nova geração de *hardwares* e *softwares*; e
- b) através do uso de novos materiais e processos de produção que, associados aos *softwares*, deram capacidade de tornar tangíveis complexidades formais.

Novas técnicas e novos materiais emergiram como resultado de ações e parcerias entre centros avançados de pesquisa em tecnologia em arquitetura, fabricantes de *softwares*, setores industriais (mecanização e robótica) e empreiteiras de grande porte. Como já dito, o marco arquitetônico do paradigma da complexidade, o Museu Guggenheim de Bilbao (ARANTES, 2012), inaugurou a transição do projeto “[...] feito no papel para o digital integrando a produção e a construção.” (OXMAN, 2006).

Pedro Arantes (2010) busca aprofundar e desvelar o conceito de complexidade, gerado a partir do paradigma digital para Arquitetura. Para esse Arantes (2012), tal complexidade, “[...] tem um significado econômico claro, qual seja o de tornar as formas tanto mais atraentes para a valorização do capital financeiro quanto mais novas, inéditas, exclusivas elas forem.”.

De fato, a forma como a Arquitetura tem-se apropriado das tecnologias que permitem a geração, o cálculo e a execução de formas complexas, para além da racionalidade cartesiana, tem se caracterizado por uma “ideologia da complexidade” ou “complexidade fetichizada”. Como aponta Arantes (2012):

A verdadeira questão são as razões econômicas da ordem da valorização do capital, assim como o controle social; o emaranhado das “formas disformes” mascarando a complexidade das relações sociais, históricas, políticas, simbólicas que envolvem a arquitetura. Os vendedores de complexidade a apresentam como socialmente indeterminada, como derivada dos paradigmas das ciências ou da natureza, quando esconde uma forma de dominação de classe. Ela não é só abstração, pois abarca uma especificidade sócio-histórica tangível.

Portanto, o aumento da complexidade formal, atingida pelo avanço das técnicas de design e de produção em meio digital, pode ser interpretado, de

um lado, para seus idealizadores, como sendo a expressão da complexidade da vida contemporânea, e de outro, com o qual se compartilha – para seus críticos – como redefinição do papel de proeminência do arquiteto: quando a complexidade dos processos de geração da forma e execução material dessa complexidade aparece como mecanismo de controle e dominação social.

Em outro viés crítico: Neil Spiller (2010) afirma que a introdução do computador na produção da Arquitetura, durante as duas últimas décadas, ajudou a reduzir o discurso arquitetônico a uma questão de instrumentalidade. Esta posição é confirmada por Alberto Pérez-Gomes (2008), segundo o qual:

As discussões mais populares presumem a importância da auto-denominada mudança de paradigma, focada no potencial e limitações desses instrumentos, contribuindo para a perpetuação da dicotomia entre arte e ciência. Enquanto o discurso teórico tende a permanecer cauteloso no que diz respeito à questão da instrumentalização da forma e produção enquanto a dimensão humanística da arquitetura é colocada em risco e os programas educacionais se tornam cada vez mais vocacionais no que diz respeito à tecnologia.

Deste ponto de vista crítico, a tentativa de teorizar sobre os processos e técnicas digitais de fazer e fabricar edifícios e as oportunidades emergentes de convergência de diversas áreas e a Arquitetura, além de valorizar as novas noções híbridas entre fazer e pensar tecnicamente, deve considerar a arquitetura diante das questões políticas, sociais e econômicas. Segundo Spiller (2010, p. 131):

Arquitetura recente tem sido desprovida de humanidade e subserviente a uma necessidade de estruturas e superfícies complexas cada vez mais gratuitas. Isso justifica ou obscurece seus objetivos simples: apolíticos e vazios. A falta de visão causada pelo desenvolvimento de cada vez mais habilidades tecnológicas, é resultado da presença ubíqua do capitalismo global e o mito do arquiteto divindade tem incentivado um esquecimento que tem subtraído a humanidade dos produtos arquitetônicos de nossa era.

Reconhece-se que a experiência do espaço construído e sua criação é uma entidade complexa, que não pode ser totalmente produzida por computadores, não importa o quão poderosa a inteligência artificial possa

ser. No entanto, cabe salientar a crítica aponta aqui não para um futuro ludita, mas para a defesa de um uso simbiótico de novas tecnologias. Ao invés de um ressurgimento de processos históricos de constituição da arquitetura, defende-se uma arquitetura que não seja apenas sobre si mesma; “que não seja narcisista”. Defende-se uma arquitetura que se envolva com as questões sociais e o seu contexto real, mais livre e flexível.

Estas reflexões dão origem a uma proposição: pensar o inverso da arquitetura extraordinária a partir de uma leitura crítica da mesma. Este propósito pode ser alimentado pelas reflexões já feitas por Silke Kapp e Ana Paula Baltazar dos Santos sobre o questionado poder do arquiteto (KAPP; SANTOS, 2004)

A ideia de uma arquitetura livre não é nova. Mas ela vem adquirindo novos horizontes com os avanços da tecnologia da informação e com a mobilização de diversos grupos sociais em busca de mais autonomia. Em conjunto, essas possibilidades apontam para processos de decisão não centralizados e para a difusão ampla daquele conhecimento que até agora tem assegurado o poder dos técnicos e os direitos autorais dos arquitetos.

Ou seja, o inverso da lógica de poder centralizadora do arquiteto digital pode ser pensado como democratização tanto do acesso a um projeto aberto e contínuo como democratização da Fabricação Digital. A este respeito, Ferro e Arantes (2006) buscam vislumbrar estas possibilidades de apropriação dos avanços da tecnologia de fabricação em favor da produção de uma arquitetura ordinária e solidária, principalmente no contexto brasileiro. De acordo com estes arquitetos e teóricos (FERRO; ARANTES, 2006):

[...] os modelos digitais poderiam significar unidade entre projeto e produção apenas se o mesmo grupo projetasse, construísse e se apropriasse coletivamente dos resultados do seu trabalho. Nesse caso, Fabricação Digital poderia ser dirigida, sobretudo, para o desenvolvimento de mecanismos de colaboração horizontal, em que diversos atores dialogassem democraticamente, de forma integrada e coordenada, mas não centralizada. Não existe unidade entre desenho e canteiro, se não houver a reaproximação entre trabalho intelectual e manual.

Partindo destes pontos de vista críticos, talvez seja possível superar a lógica do desenho separado do canteiro e de sua finalidade primeira, qual seja, a

de mecanismo de controle e dominação social: engendrando processos que possibilitem aos “grupos interessados” transitar da invenção para a produção, num processo contínuo de melhoramento, que pode ocorrer através da avaliação coletiva e de volta para a invenção e a fabricação. Neste mesmo âmbito devem ser questionados também os processos de projeto definitivos que não admitem a adaptação e o redesenho, muito comuns também nas construções populares.

Em síntese, procura-se tratar o tema como ponto de inflexão para a emergência de um novo paradigma para a Arquitetura, assim como para a definição dos parâmetros que orientam o processo de concepção e fabricação do objeto arquitetônico: aberto à coautoria e à sua adaptação pelos sujeitos ao longo do tempo.

Essas indagações fazem parte da tentativa de interpretar o vertiginoso avanço na área da genealogia da forma em meio digital e o uso das técnicas de fabricação como um só corpo, tornando imprescindíveis os argumentos da teoria do design digital, propostos por Rivka Oxman (2006).

Toma-se, como ponto de partida, o modo como a autora define a teoria do *Digital Design*, reivindicando a autonomia do campo expandido da Arquitetura, agora muito mais ligado ao processamento computacional de dados tecnicamente comprováveis, com a definição de termos e abordagens que distinguem o design muito mais ligado ao meio digital do que o desenho no papel. No entanto, os argumentos da teoria de Rivka Oxman revelam-se muito mais afeitos aos aspectos instrumentais do que passíveis de serem impulsionados por uma abordagem social ou política. Para isto, demanda-se uma leitura crítica e apropriada (OXMAN, 2006).

Na teoria do *Digital Design*, o processo de design não opera sobre a representação dos materiais ou códigos de desenho tradicionais: não parte de uma forma idealizada previamente. O controle da geometria é tratado através de expressões matemáticas e algoritmos, com a definição de rotinas e parâmetros mensuráveis e comportamentos finitos, que fazem emergir a

forma: do *form-making* para o *form-finding* – do fazendo a forma para o encontrando a forma.

A teoria do design digital constitui-se, desse modo, como um processo de projeto diluído em um *continuum* não linear entre a decisão humana, a parametrização, os algoritmos, a maquinaria, a materialização – através de materiais sustentáveis e a análise .

Todas as etapas, do processo de design mediado digitalmente, abandonam a hierarquia tradicional do processo que faz emergir a forma que se impõe sobre as características do material. Enfatiza a superação da separação entre projeto e a produção em favor de um processo contínuo, não linear, não padronizado, fora da norma cartesiana e não repetitivo. São traços positivos do processo integrado de design e de produção da arquitetura, nos termos de uma produção na Era Digital.

A antítese da tipologia baseada na normatização da forma na Arquitetura Moderna é a maior característica do design digital. O novo design contrapõe-se à síndrome da lógica da repetição – do design industrial, modernista, considerado normativo, estático, tipológico. Propõe alternativas distintas, baseadas na diversidade, na diferenciação e na evolução dinâmica. Isto é uma transformação cultural muito distinta da anterior. É uma transformação das raízes dos conceitos do design, que reflete a mudança como sendo um paradigma de uma nova cultura do design (OXMAN, 2006). Oxman (2006) aponta que o digital design, desde a sua origem, com a invenção do sketchpad, a cultura do design avança através de cinco classes paradigmáticas de modelos: (1) modelos CAD, (2) modelos de formação, (3) modelos generativos, (4) modelos de desempenho, (5) modelos integrados de componentes.

### 3.3.2 A diluição das fronteiras entre o código digital e a concretude material

A emergência de complexidade formal, propiciada pelo avanço na Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC, até meados da década de 1990, manteve-se circunscrita à geração dos arquitetos nativos do universo

digital, ou *Natural Born CAADesigners* (PONGRATZ; PERBELLINI, 2000), voltada especialmente para a especulação formal em meio digital – “[...] separada do cotidiano, da realidade social, como que por uma parede de vidro intransponível.” (ARANTES, 2012,). Segundo o autor

Esse tipo de produção da arquitetura, muito mais ligada ao fetiche da forma e à produção de objetos excepcionais, prevaleceu por algum tempo, até o advento da Fabricação Digital, sem mediação com o mundo, bastando a si mesma.

Até então, a especulação formal da arquitetura mantinha-se restrita à capacidade de modelagem tridimensional e da animação, em meio digital, de formas complexas. Para Roberto Schwarz (1999) contribui para o entendimento dessa condição ao afirmar que “a Arquitetura encontrou-se imersa em debates autocentrados, à deriva ideológica e em um reino de referentes separada da produção material.”.

Nesse mesmo sentido, Arantes (2012) refere-se a Manfredo Tafuri que argumenta que:

A pesquisa formal é autorreferente, dobra-se em si mesma de modo autista, complexificando a geometria e simplificando as relações sociais e urbanas do entorno, anulando o tempo histórico, apagando contradições e conflitos. Tal arquitetura se apresenta como se fora mônada isolada – um ‘signo puro’, privado de referências para além das que remetem para o próprio objeto.

Será somente a partir do contexto de avanços da computação e da construção de um corpo teórico no campo da Arquitetura a partir da primeira década do século XXI, que emergirá a construção de um argumento capaz de criar uma interação, um diálogo mais intenso entre os dois campos.

A exigência da construtibilidade das complexidades formais geradas digitalmente iniciou uma investigação que daria conta das ações necessárias para permitir a diminuição da distância entre, de um lado, a concretude e a fricção, impostas pela interação com os materiais em contraste, de outro lado, com a fluidez virtual propiciada pelo controle digital. Tal empreitada mobilizou primeiramente a indústria do entretenimento, a indústria dos *videogames*, a indústria cinematográfica, no campo da impermanência e da imagem, através do desenvolvimento de *softwares* e *hardwares* propiciados

pelo aumento da capacidade de processamento computacional, cada vez mais complexa. No campo da Indústria da Construção Civil, tal aproximação foi marcada pela dificuldade de tradução – fabricação/execução – entre a fluidez digital e a rigidez das construções baseadas na lógica cartesiana. Esse atrito entre digital e material, entre desenho e construção, explicitou-se, segundo Arantes (2010), através do dilema dos empreiteiros norte-americanos. O autor salienta que “os empreiteiros ficaram por algum tempo receosos em assumir a execução desses objetos espetaculares, impossíveis de serem apreendidos pela clássica geometria euclidiana e técnicas convencionais de construção”. (ARANTES, 2012)

A execução dessa nova geração de objetos arquitetônicos, caracterizados pela complexidade formal, exigiu a configuração de um novo corpo de especialistas de diversas áreas, os quais se debruçaram sobre os processos de projeto e de construção, buscando tornar possível a construção dos mesmos. Isso ocorreu a partir da adesão de novas técnicas construtivas e de mão de obra especializada de alta qualidade, oriunda da indústria naval e aeronáutica e da presença cada vez mais forte da Engenharia Mecânica e do uso de novos materiais, pouco comuns ao universo da Indústria da Construção Civil.

Para alguns autores e arquitetos, como Kolarevic, a plena tradução das técnicas digitais de design para os métodos de produção industrial seriam suficientes para demarcar a transição dos processos de projeto separados da construção para os processos altamente integrados de design e produção digital. O canteiro seria o meio apaziguado entre as forças do desenho contra as forças da matéria bruta. Nesse contexto, a Arquitetura que emergiu do conjunto de mudanças alcançadas pelos avanços nas técnicas integradas de design e fabricação, não se concretizou de uma forma tão definitiva. Até a atualidade a Arquitetura marginal ou ordinária continua seu embate no canteiro. Apenas grandes obras de marca e da renda tiveram a chance de materializar-se.

No cotidiano dos escritórios de Arquitetura, vislumbra-se os desdobramentos do desenvolvimento das técnicas de CAD, surgidas em 1962, que evoluíram

para a geração da Modelagem Paramétrica – Modelagem da Informação da Construção - BIM (*Building Information Modeling*)<sup>76</sup>.

O desenvolvimento de aplicativos específicos para a produção de modelos tridimensionais na Arquitetura deu suporte ao design, à gestão do processo de projeto, e até ao controle da construção, resultando na aproximação da geração da forma através de novos aplicativos. No processo de design integrado à fabricação de base digital foram utilizados softwares dedicados ao design e à fabricação, oriundos da produção industrial que permitiram a integração das técnicas de apoio à fabricação com as técnicas CNC. Contudo, o processo integrado digitalmente, continua pouco acessível, principalmente no contexto da produção de caráter popular da arquitetura ou oriunda da autoprodução. Este fato explicita a distância entre o canteiro convencional e o canteiro digital, caracterizado por métodos de design baseados em um contexto de alta complexidade tecnológica e pela robótica. Seu uso continua sendo para reafirmar uma Arquitetura da Renda, a serviço do capital financeiro globalizado (ARANTES, 2012).

No contexto das complexidades formais e do aparato expandido das técnicas de projeto e construção, renomeado na Era Digital como *design and fabrication*, o meio digital comparece como ambiente para a exploração de processos generativos, usados para a derivação, transformação e a mutação da forma.

A integração dos processos de base digital está pouco ligada ao entendimento clássico do método compositivo e normativo (atribuído ao desenho tradicional da Arquitetura). Na atualidade eles são associados aos métodos computacionais de cálculo matemático de geometrias complexas. É a informação transitando entre máquinas.

A forma se manifesta ou emerge como resultado e não mais como premissa para a determinação do projeto e os desdobramentos para a sua produção.

---

<sup>76</sup> BIM - *Building Information Modeling* que significa Modelagem da Informação da Construção ou Modelo da Informação da Construção é um conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um edifício (EASTMAN, 2014).

O meio digital é, agora, interface entre desenho e construção, entre design e fabricação, substituindo o papel tradicional do desenho separado do canteiro.

A integração entre concepção e produção – dada através da superação da representação do projeto como documento necessário à produção da Arquitetura – manifesta-se na convergência: em um processo contínuo de design e fabricação através de máquinas controladas numericamente.

Novos materiais e técnicas de produção industrial contribuíram para a integração entre o design e a fabricação dos componentes arquitetônicos. Podemos considerar que a integração entre o CAD/CAM e a modelagem 3D/CNCs, propiciaram a superação da lacuna, entre concepção e produção. Ao referir-se ao processo de concepção e execução do Museu Guggenheim de Bilbao, Frank Gehry (FRIEDMAN, et al, 1999) afirma que:

A integração entre concepção e produção aponta para possibilidades ainda mais contundentes de revisão e redefinição do papel do arquiteto no processo de produção da Arquitetura, cujas conseqüências para a indústria da construção são de escala similar à de uma revolução industrial.

Por outro lado, como já foi dito, optou-se por um viés crítico, presente na pesquisa de Pedro Arantes e Sérgio Ferro, sobre a utilização do meio digital como forma de aumentar o controle e o poder do arquiteto sobre o design e a fabricação. Segundo Arantes (2012), “Essa possível reaproximação entre concepção e execução, favoreceria à ilusão de que estaria sendo restituída a unidade perdida entre desenho e canteiro: o desenho separado do canteiro.”.

O uso dos softwares paramétricos – BIM – pode de fato contribuir para o aumento do controle, da documentação do projeto, do gerenciamento dos processos de design (projeto, construção e gestão do processo de produção da documentação para a execução), e para a criação de animações e a produção de imagens “hiperrealistas” de modelos arquitetônicos complexos. Contudo, esse avanço tecnológico não tem alterado as relações de trabalho presentes na produção da maioria das construções, particularmente no Brasil. É nesse contexto que se pode perceber que a distância entre o design e o canteiro e suas relações de trabalho (FERRO, 2006), persiste na era

digital, reforçando ainda mais o papel de controle e poder do arquiteto sobre o processo de produção da arquitetura: o poder garantido pela especialização do arquiteto mantendo-o no controle do processo desde o design até a fabricação.

### 3.3.3 O design baseado no material

Figura 27 – Design baseado no material por Achim Menges.



A Fabricação Digital abrange um amplo espectro de possibilidades de produção. Uma destas abordagens desenvolve o argumento da apropriação de características particulares dos materiais que podem ser incorporados aos processos de produção, através de escaneamentos, ou pela parametrização – ou na atribuição de valores finitos – das características materiais.

O design baseado no material – *Material Based Design* – é uma estratégia projetual que explora as características e os comportamentos dos materiais, incorporando-os através de uma base de dados do comportamento dos materiais, tais como peso, flexibilidade, textura, resistência, entre outros (OXMAN; ROSEMBERG, 2007). A partir daí, são analisadas as suas reações a determinadas condições, tais como temperatura, pressão atmosférica, peso, umidade, entre outros. Segundo Achim Menges (2012a),

O *Material Based Design* parte do princípio que o comportamento natural dos materiais em suas bases teóricas e computacionais,

deve informar o processo de design e é tratado como ponto de inflexão para a produção da arquitetura, pela perspectiva de utilização de novos recursos tanto naturais quanto sintéticos para a mediação entre o homem e o ambiente.

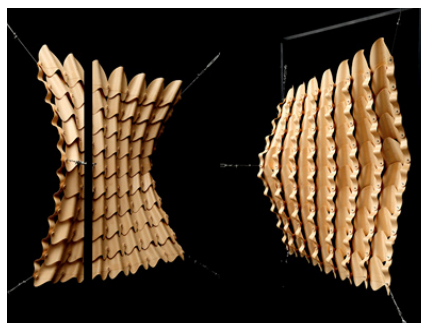
O termo *Material Based Design*, no contexto do *Material Computation*, toma partido das pesquisas nas áreas como a tecnologia dos materiais e a biotecnologia (OXMAN, 2012a; OXMAN; OXMAN, 2014; MENGES, 2012a). A partir de novos compartilhamentos, emergem inúmeras possibilidades de investigação dentro desse campo, a exemplo dos programas de pesquisas coordenados por Achim Menges na Universidade de Stuttgart (MENGES, 2012a).

O grupo de pesquisa *Emergence and Design Group da Architectural Association*, coordenado por Michael Hensel, Achim Menges e Michael Weinstock, em Londres, criado em meados dos anos de 2004, iniciou a busca de um novo modelo para a arquitetura, através da aplicação de processos bioquímicos, em acordo com os sistemas naturais. O algoritmo assume papel central e é através dele que a linguagem se estabelece no controle de geometrias complexas, facilmente interpretadas através de códigos matemáticos criando as condições necessárias para a produção da Arquitetura. Posteriormente, Menges envolveu-se em parcerias com o *Institute for Computational Design da Faculty of Architecture and Urban Planning – ICD*, e com o *Institute of Building Structures and Structural Design da Universidade de Stuttgart* (MENGES, 2012a),

[...] posicionando-se a favor da concepção, da origem da forma e da estrutura, não como uma imposição de fora da matéria inerte, não como um comando hierárquico determinado de cima para baixo como uma linha de montagem, mas como algo que vem dos materiais. O *ICD/ITKE Research Pavilion* de 2010 a 2015 é o resultado de um modelo de design que leva em consideração as qualidades performativas dos materiais e o design baseado na natureza.

A parceria ICD/ITKE<sup>77</sup>, pesquisa a relação entre design computacional a partir de simulações avançadas com materiais simples associados à robótica, ampliando o argumento do design paramétrico, porém de um modo ainda inexplorado. O potencial do processo de design, que se abre para o comportamento material, aponta para o potencial de uma estrutura complexa que se mantém em constante movimento

Figura 28 – Design baseado no material por Achim Menges.



Os processos computacionais permitem a integração entre a composição material e sistemas complexos que interagem em um vasto campo de influências externas, como temperatura, umidade, peso e mudanças ambientais. Tais pesquisas abordam formas inovadoras de utilização das propriedades performativas dos materiais e fortalecem a cooperação entre arquitetos, engenheiros estruturais, cientistas da computação, cientistas de materiais e biólogos. Menges tem contribuído, intensamente, para a

<sup>77</sup> Disponível em <<http://www.archdaily.com/522408/icd-itke-research-pavilion-2015-icd-itke-university-of-stuttgart/>> e disponível em <<http://icd.uni-stuttgart.de/?tag=RP14>> Acesso em 7 de setembro de 2017

construção dessa base teórica e prática aberta à tecnologia dos materiais. Menges tem atuado também testando meios de produção da arquitetura que promovem a reinvenção da relação do homem com o mundo digital e com o mundo material. Suas pesquisas exploram alternativas para o design que se abre para a complexidade morfológica através da capacidade performativa dos materiais, sem a separação entre a formalização e o processo de materialização. Isso requer, como já foi dito, o entendimento de aspectos como forma, estrutura e ambiente, não como aspectos separados, mas, antes, como interrelações complexas, que são exploradas através de um processo computacional integral.

Figura 29 – Design baseado no material. *HygroSkin: Meteorosensitive Pavilion*



Nesses programas, a prática e a pesquisa de Menges se concentram no desenvolvimento de processos de concepção que emergem da intersecção entre a computação morfogénica, engenharia biomimética e a fabricação assistida por computador, permitindo um ambiente altamente articulado de materiais performativos.

A pesquisa de Menges tem como objetivos (MENGES, 2012a)<sup>78</sup>:

[...] melhorar a relação entre os ambientes naturais que são provocados pelo homem através da obtenção de um alto grau de personalização do design, versatilidade, integração de desempenho ambiental e a eficiência material. Estabelece novas formas de design e novos processos de prática material na interseção da Ciência da Computação, Engenharia dos Materiais, Design e Ecologia, com amplas aplicações em múltiplas escalas.

Essas pesquisas tomam partido de sistemas naturais como modelo para o desenvolvimento de novos sistemas construtivos e espaciais. Ao mesmo tempo em que elas apontam para as limitações dos equipamentos, elas propõem, também, a invenção de novos aparatos.

Contudo, segundo Menges (2012a), mesmo diante de todo um vasto aporte de recursos (financeiros e tecnológicos), o homem ainda é incapaz de simular os processos naturais através dos computadores. O desafio é fazer o computador simular um sistema que reage fisicamente a outros sistemas, envolvendo o estudo das trocas complexas e dinâmicas entre organismos e seu ambiente. Para Menges (2012a), a convergência entre processos virtuais de design computacional e sua realização física está cada vez mais próxima.

Menges também trabalha o argumento da necessidade de superação das práticas digitais de projeto, baseadas no modelo renascentista de separação entre desenho e produção. Suas pesquisas priorizam a morfologia do sistema material como expressão de forças internas e externas em equilíbrio, a partir de propriedades variáveis dos materiais e características de distribuição de forças (HENSEL et al., 2013)<sup>79</sup>.

Nesse contexto, Menges (2012a) admite que o material tem a capacidade de computar, “de processar a informação”, superando o que até hoje tem sido chamado de Arquitetura Biomimética. Sua pesquisa compara os processos

---

<sup>78</sup> Designing for, with, and by nature. Disponível em: <<https://www.media.mit.edu/research/groups/mediated-matter>>. Acesso em: 7 set. 2017.

<sup>79</sup> HENSEL, Michael, Achim Menges, and Michael Weinstock. Emergent Technologies and design he: Towards a Biological Paradigm for Architecture. Routledge, 2013

naturais, que tendem a ser complexos, com materiais simples, contrapondo-se à construção artificial, em que máquinas atuam articulando peça por peça. Desta forma o desenvolvimento evolutivo do código genético será determinante para o entendimento de como os sistemas naturais poderão contribuir para geração de novos parâmetros para a geração da forma no contexto da Arquitetura a partir desse princípios (MENGES, 2012a).

Os argumentos do biólogo J. Scott Turner são analisados por Menges. Turner aponta que “[...] os processos auto-organizativos são condicionados por leis naturais e o desenvolvimento evolucionário não pode ser determinado estatisticamente.”. “Nos falta compreender como o design aparece na natureza e se baseia em outras metáforas diferentes daquelas cuja máquina é o agente da concepção e da fabricação.” (TURNER, 2007)

Para isso, introduz-se o conceito de homeostase<sup>80</sup>, desenvolvido por Claude Bernard<sup>81</sup> que propõe uma busca em direção a um relativo equilíbrio entre elementos interdependentes, visando a manutenção de um processo fisiológico em equilíbrio.

O protótipo de uma superfície que incorpora o princípio da homeostase – *HygroSkin: Meteorosensitive Pavilion*, desenvolvido entre 2011 e 2013 por Achim Menges, em colaboração com Oliver David Krieg e Steffen Reichert no ICD – Stuttgart – mostra como a capacidade responsiva do material pode ser explorada através de um campo com componentes surpreendentemente simples e que são, ao mesmo tempo, sensores incorporados sem nenhum emprego de motores e elementos reguladores.

---

<sup>80</sup> Homeostase a tendência de um sistema, especialmente o sistema fisiológico de animais superiores, para manter a estabilidade interna, devido à resposta coordenada das suas partes a qualquer situação ou estímulo que tendem a perturbar a sua condição ou função normal.. <<http://www.dictionary.com/browse/homeostasis>>.

<sup>81</sup> Claude Bernard (12 de julho 1813 - 10 fevereiro de 1878) foi um fisiologista francês. Historiador I. Bernard Cohen, da Universidade de Harvard, considerado “um dos maiores de todos os homens da ciência”. Entre muitas outras realizações, ele foi um dos primeiros a sugerir o uso de experimentos cegos para garantir a objetividade das observações científicas . Ele foi o primeiro a definir o conceito da homeostase.

O *HygroSkin Project – Meteorosensitive Pavilion* (MENGES et al. 2014) explora um modo inovador de uma arquitetura sensível ao clima. Enquanto a maioria dos experimentos dessa natureza (de resposta ao ambiente) tendem a adotar um vasto aporte de equipamentos técnicos e de elaboradas sobreposições de construções com materiais inertes, o projeto de Achim Menges, ao contrário, utiliza a própria capacidade responsiva do material<sup>82</sup>:

A instabilidade dimensional da madeira em relação ao teor de umidade é empregada para a construção de uma pele arquitetônica “metereossensitiva” que autonomamente abre e fecha em resposta às mudanças do tempo, mas não requer o fornecimento de energia operacional, nem qualquer tipo de controle mecânico ou eletrônico. Aqui, a própria estrutura do material é a máquina.

#### Segundo Menges (2014)

[...] atualmente, em contraste com o processo de formação na natureza, a arquitetura é uma prática material e continua sendo predominantemente baseada em uma abordagem de design que entra em embate com a completa exploração da riqueza dos materiais. As ferramentas de design na prática contemporânea enfatizam a descrição geométrica, e a materialidade é uma mera propriedade passiva às definições geométricas.

De acordo com esta premissa, a materialização é concebida como um processo secundário. A informação sobrepõe-se ao material e este é entendido como um facilitador, antes que um gerador da forma. A materialização da forma desenvolve-se, em contraposição à postura dominante da arquitetura citada acima.

O conceito de *Material Resourcefulness: Activating Material Information in Computational Design*, que pode ser traduzido aqui como “Desenvoltura Material: Ativação de Informações Relevantes em Design Computacional”, aponta para maneiras de integrar a informação material como um fator que determina a geração da forma no processo de design, que tem o potencial de ampliar o modo como a arquitetura pode apreender o comportamento dos

<sup>82</sup> *HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion. Permanent Collection*, FRAC Centre Orleans, France, 2011-13. Achim Menges in collaboration with Oliver David Krieg and Steffen Reichert. Disponível em <<http://www.achimmenges.net/?p=5612>>. Acesso em 7 de setembro de 2017

materiais a partir de sistemas biológicos. O design do espaço, da estrutura e das condições climáticas, pode ser sintetizado em um processo integrado de design computacional (MENGES, 2012b)<sup>83</sup>.

Assim como o *Material Based Design*, desenvolvido por Achim Menges, no ICD *Institute of Computational Design*, outro grupo de pesquisas situado no Media Lab do MIT, aborda a intersecção entre o design e a tecnologia dos materiais. Coordenado por Neri Oxman, o grupo de pesquisa *Mediated Matter* dedica-se ao desenvolvimento e à aplicação de novos processos que viabilizam e apoiam a concepção da matéria e sua capacidade de adaptação às condições ambientais para a criação da forma. Esta pesquisa também busca a integração de estratégias do *form-finding* com a Fabricação Digital, a partir de processos biológicos naturais. “Isso permite mediar as sinergias entre objetos e ambiente; entre seres humanos e objetos; entre os seres humanos e meio ambiente.”<sup>84</sup>. O *Mediated Matter* – do Media Lab - MIT, coordenado por Neri Oxman, é objeto de particular interesse nesta pesquisa, dentre as centenas de abordagens práticas e teóricas que vêm se proliferando vertiginosamente. Contudo, essas pesquisas ainda são exclusivas e mantêm-se restritas aos próprios centros avançados.

Acreditamos que o *Mediated Matter* – Media Lab - MIT destaca-se pela busca da convergência entre o mundo material e o digital, em uma experiência mais equilibrada entre as tecnologias digitais e a experiência material. As pesquisas priorizam uma produção que tenha um menor impacto sobre o ambiente. O laboratório se dedica ao desenvolvimento e à aplicação de novos processos que abrem espaço para o projeto da matéria física e sua capacidade de adaptação às condições materiais. As pesquisas

---

<sup>83</sup> MENGES, Achim. *Material Resourcefulness: Activating Material Information in Computational Design*. Architectural Design, Vol. 82 No. 2, Wiley Academy, London. 2012, pp. 34-43.

<sup>84</sup> Oxman, Neri. *Mediated Matter, The Silk Pavilion*. Disponível em <<http://www.media.mit.edu/research/groups/mediated-matter>>. Acesso em 7 de setembro de 2017

integram estratégias de *form-finding* computacionais, com a fabricação inspirada biologicamente.

Esse grupo de pesquisas digitais e materiais tem como objetivo melhorar a relação entre os ambientes naturais e os artificiais, buscando atingir um alto grau de personalização de design e versatilidade, e de integração entre desempenho ambiental e eficiência material. Da mesma forma, comparando-se a atuação de Oxman, Menges atua através de novas abordagens de design e processos da prática material, que emergem da intersecção da ciência da computação e da tecnologia dos materiais, do design e da ecologia, com amplas aplicações em múltiplas escalas.

Um projeto recente do grupo *Mediated Matter, The Silk Pavilion*, explora a relação entre a fabricação biológica e a digital na produção de objetos. Este pavilhão foi produzido a partir do estudo do comportamento de bichos-da-seda em relação às condições espaciais e ambientais, como a variação da luz natural e do calor, a umidade e a ventilação. O estudo permitiu o desenvolvimento de ferramentas computacionais que emularam esse comportamento na construção de uma estrutura com um fio de alta resistência, fabricado por uma CNC – robótica. A partir daí, 6.500 bichos-da-seda produziram superfícies variáveis com fios de seda natural<sup>85</sup>.

---

<sup>85</sup> *The Silk Pavilion*. Disponível em: <<http://vimeo.com/67177328>>. Acesso em: 7 set. 2017.

Figura 30 – Silk Pavilion. Neri Oxman.



Tal experimento aponta para um campo promissor na produção de objetos orientados por princípios e modos de produção naturais. Nas diversas pesquisas feitas no campo da Fabricação Digital, esta pesquisa propõe que a natureza não deva ser usada apenas na busca de uma inspiração para a geração da forma, mas sobretudo como modelo para a produção de materiais. Esta concepção inclui pesquisas no campo da engenharia de materiais associadas à biologia e ao comportamento animal, e orientam a criação de novos materiais e de ferramentas digitais, tais como algoritmos generativos. Nesse processo, máquinas de grande escala são alimentadas por esses materiais.

#### 3.3.4 A atualidade do design baseado no material

Aparentemente a reflexão arquitetônica do *Mediated Matter* referido acima encontra uma conclusão natural com o avanço das técnicas de impressão 3D. No entanto, Fabio Gramazio e Mathias Kohler oferecem uma importante reflexão sobre a relação entre a impressão 3D e como ela se relaciona com a materialidade na arquitetura.

Segundo Gramazio e Kohler (2008),

A arquitetura viu acumular uma ampla gama de processos, materiais e componentes, cada um possuindo a sua lógica específica, a inteligência implícita e seu campo de aplicação. O processo rígido pelo qual o material é depositado camada por camada em impressão 3D é muito bruto e não pode coincidir com o rico repertório de tradições tectônicas em Arquitetura.

De acordo com essas reflexões, a riqueza do repertório acumulado pela produção da arquitetura confronta e constata a simplicidade dos processos de impressão 3D, que são limitados a duas camadas dimensionais de materiais para definir a sua resolução. A velocidade pode ser aumentada, propriedades materiais podem ser ajustadas e a preocupação com o empobrecimento da disciplina arquitetônica tratada como nostálgica.

No entanto, o caráter genérico da impressão 3D representa uma severa limitação para as implicações na construção em escala. E a lógica da estandardização da deposição do material e a resolução da impressão torna difícil o processo de lidar com a complexidade específica da Arquitetura.

Em suma, para esses críticos, a impressão 3D promete um futuro em que o arquiteto seja liberado das restrições das propriedades materiais, assim como do trabalho com a construção. A habilidade para fabricar virtualmente tudo pode ser interessante para algumas pessoas. No entanto, segundo (GRAMAZIO; KOHLER, 2008), “[...] a falta da fricção e a resistência dos materiais degrada o processo de design a um problema puramente formal.”.

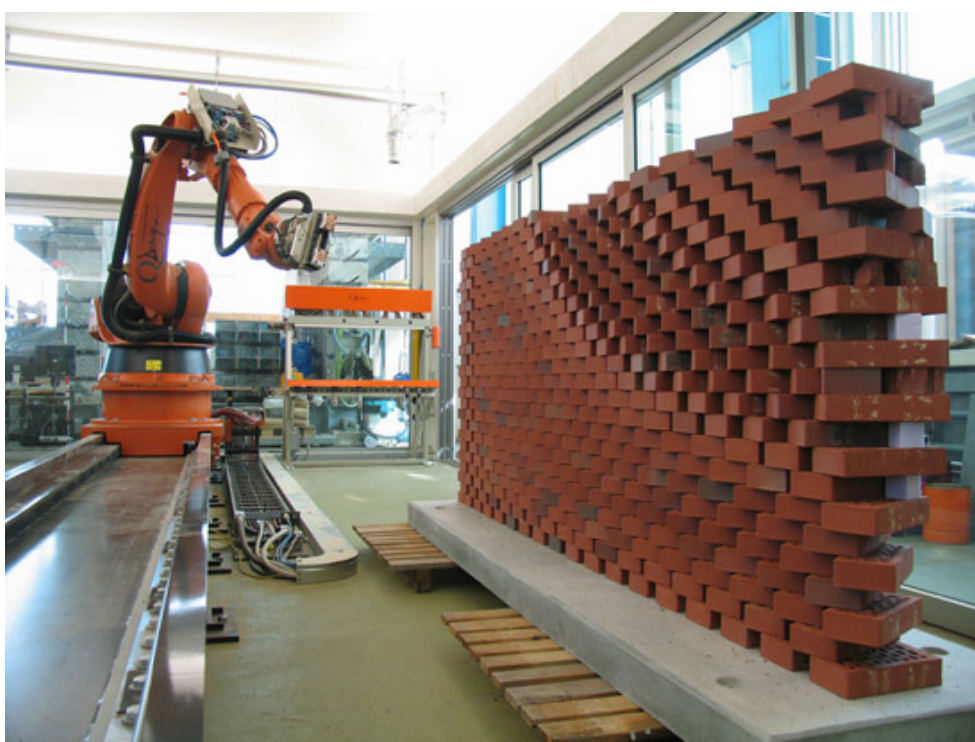
No entanto, deve-se considerar que a Fabricação Digital não se encerra na incorporação da impressão 3D. A incorporação de novos materiais e modos de produção são muito mais complexos do que a simplificação da deposição de materiais em camadas.

Na área de Arquitetura e Fabricação Digital da ETH Zurich, tenta-se identificar a contribuição da Fabricação Robótica não apenas como alternativa, mas como uma apropriação equivalente à impressão 3D para a Arquitetura. Gramazio é professor no ETH de Zurique e atuou por dez anos na docência e na experimentação da robótica e outros processos de design

nesta instituição. O trabalho de Gramazio não se restringe à teoria. O autor busca demonstrar o caráter experimental dos trabalhos executados, considerados como parte da vanguarda no campo da Fabricação Digital (GRAMAZIO, KOHLER e WILLMANN, 2014),

Na fabricação robótica, processos tradicionais de deposição complexos são produzidos por robôs industriais. Enquanto os robôs são utilizados, de forma genérica, como uma máquina de produção em massa, o processo de fabricação é um projeto específico. A manipulação física do material se torna uma parte constitutiva do processo de design, que demanda uma atenção específica: atenção e criatividade para projetar as ações dos robôs. (GRAMAZIO, KOHLER e WILLMANN, 2014), esse gênero de processo de fabricação tem impulsionado a evolução de uma variedade de novos sistemas materiais, assim como tem melhorado outros processos tradicionais. Segundo os autores (GRAMAZIO, KOHLER e WILLMANN, 2014), esses processos poderiam ser heterogêneos e poderiam atingir múltiplas resoluções simultaneamente, além da possibilidade de adaptar a sua lógica construtiva às demandas da geometria desejada.

Figura 31 – A robótica na fabricação Digital po Gramazio e Kohler.



Além da sobreposição de camadas, como é usado para o posicionamento de tijolos, a Fabricação Robótica também é apropriada por vários processos tradicionais de construção. Esse é um tipo de tecnologia que pode ir além do princípio de simples deposição e tornar-se realmente tridimensional.

O avanço nesta técnica permite que o arquiteto possa determinar diversos métodos de organização dos componentes, mesmo usando um componente estandardizado. Para (GRAMAZIO; KOHLER, 2008), a expansão do domínio conceitual da impressora 3D para incluir a produção de processos de Fabricação Robótica é a chave para o entendimento do uso desse tipo de tecnologia para a produção na arquitetura.

Outros experimentos relevantes são os trabalhos desenvolvidos por Enrico Dini (BLAGDON, 2012), um inventor italiano, e Markus Kayser, designer alemão<sup>86</sup>. O trabalho recente de Kayser explora soluções híbridas de baixa tecnologia e a energia natural. Revela grandes oportunidades no questionamento das metodologias atuais da Fabricação Digital testando novos cenários de produção (NELSON e STEVENS, 2014).

Figura 32 – Experimento de Markus Kayser. 2010.



Em agosto de 2010, Markus Kayser testou a sua primeira máquina *Solar-Cutter* no deserto egípcio. Kayser reuniu todo aparato necessário para o

---

<sup>86</sup> KAYSER, Markus - Disponível em: <<https://vimeo.com/25401444>>. Acesso em: 7 set. 2017.

teste em uma mala: uma *laser-cut*, alimentada por energia solar semi-automatizada, de baixa tecnologia, usando o poder do sol para dirigi-lo, através de uma lente de vidro, para cortar componentes em 2D, por meio de um sistema guiado. (NELSON e STEVENS, 2014).

Kayser utilizou dois elementos dominantes nos desertos do mundo: sol e areia. O primeiro oferece uma vasta fonte de energia, de grande potencial, enquanto o segundo oferece uma fonte quase ilimitada de sílica, sob a forma de quartzo. A sílica (areia), quando aquecida ao ponto de fusão e deixada arrefecer, solidifica-se como vidro (NELSON e STEVENS, 2014).

Este processo de conversão de uma substância em pó através de um processo de aquecimento em forma sólida é conhecido como sinterização e tem sido usado nos últimos anos, no processo disseminado na prototipagem, através da impressão em 3D ou SLS (sinterização seletiva por laser). Estas impressoras 3D usam tecnologia a laser para criar objetos 3D muito precisos utilizando uma grande variedade de plásticos em pó, resinas e metais. Usando os raios do sol em vez de resinas, Kayser desenvolveu a base de um processo inteiramente novo da máquina e da produção de energia solar para fazer objetos de vidro utilizando suprimentos abundantes, como o sol e a areia. (NELSON e STEVENS, 2014).

Enrico Dini, ao invés de aceitar as limitações dos métodos atuais de construção, inventou e patenteou, em 2004, um método de impressão 3D em grande escala que usou epóxi para vincular areia. Em 2007, Dini voltou à sua invenção, patenteando-a como um sistema que utiliza um material de ligação inorgânico combinado com areia, para imprimir edifícios (BLAGDON, 2012).

O novo processo foi nomeado *D-Shape*. Esta tecnologia permite imprimir peças com a dimensão de 6m x 6m x 1m que, então, poderiam ser enviadas ou montadas no local. O objetivo é a impressão 3D de um edifício inteiro. As peças feitas pelo *D-Shape* se assemelham a peças produzidas com um tipo de arenito. As peças são comparáveis, em força, ao concreto armado. Os ingredientes são o material de ligação e qualquer tipo de areia. Os materiais da impressora *D-Shape* podem custar mais do que o concreto normal, mas o

custo com a mão-de-obra para a construção é muito inferior. Como nenhum andaime tem de ser construído, o custo de produção em geral tende a ser menor do que os métodos de construção tradicionais<sup>87</sup>.

Figura 33 – D'Shape. Enrico Dini. 2007.



O sistema funciona com um equipamento que fica suspenso sobre a parte edificável. Atualmente, Enrico Dini, em parceria com o arquiteto Norman Foster, pretende incorporar poeira lunar como elemento de construção, com a ambição de, um dia, ser capaz de transportar a máquina de impressão 3D para a lua e construir estruturas feitas da mesma areia encontrada na superfície lunar. Segunda Kushner (2015)

[Esta construção foi concebida a partir de] cúpulas infláveis, a partir daí robôs movidos à energia solar farão impressões 3D com poeira lunar sobre a superfície das cúpulas, criando uma camada protetora levíssima, que não exigirá cola, parafusos, nem outras formas de fixação - as partículas se unem naturalmente.

<sup>87</sup> Dini, Enrico. Disponível em <<http://d-shape.com/>>. Acesso em 7 de setembro de 2017

### 3.4 ASPECTOS CONCLUSIVOS

No terceiro capítulo desta investigação, analisa-se a apropriação das técnicas digitais integradas de design e de produção pela Arquitetura e seus desdobramentos para os processos convencionais de projeto e de construção.

Procurou-se enfatizar o caráter ideológico, além de científico, da participação dos arquitetos protagonizando os esforços de popularização do computador na década de 1960, reafirmando a convergência entre a Arquitetura e a linguagem dos computadores, referida no segundo capítulo. Nos anos 60, evidenciou-se, desse modo, o papel do arquiteto na produção da “propaganda” em favor da popularização do computador.

Foi feito um breve histórico do protagonismo dos centros difusores de pesquisas, financiados com o aporte de valiosos recursos e o apoio de agências de estado – em particular dos Estados Unidos que contribui para a disseminação do paradigma digital na produção da Arquitetura. Estes são de grande relevância na transição do projeto no papel, separado do canteiro, para uma nova complexidade do design integrado digitalmente à fabricação. Procura-se enunciar os principais pensadores, autores, teóricos e arquitetos, bem como as obras (revistas, livros, pesquisas e obras arquitetônicas) que pavimentaram o caminho para a coroação da Fabricação Digital como um marco de transformações tecnológicas no fazer e no pensar a Arquitetura no século XXI. A leitura proposta teve a intenção também de relacionar as origens e a formação do ideário de um novo papel para o arquiteto em sua relação com a produção da Arquitetura contemporânea em meio digital. Mostrou-se, seguidas vezes, como, na ideia de progresso inexorável da ciência, estão imbricadas as múltiplas forças da sociedade e da economia capitalista se expressando em sua complexidade e gerando mais complexidade.

Podemos concluir que os desdobramentos do avanço da interface homem-máquina e o aumento da capacidade de processamento de dados pelos computadores não se restringe, apenas, ao aumento do controle dos

processos de criação e produção de elementos complexos ou de algumas partes nos processos de fabricação - das pranchetas eletrônicas até a produção mecanizada e a automação. Desse modo, acreditamos que ao abrir espaço para a materialização através da expressão matemática, a interface homem-máquina permitiu a ressignificação do conceito de complexidade, que ganha nova dimensão com o aumento da capacidade de processamento da informação codificada digitalmente e sua correlação material.

Foi tratada, assim, a Teoria do *Digital Design* dando relevância aos arquitetos e pesquisadores, em particular, Rivka Oxman e Achim Menges, que compilaram novos conceitos pertinentes a este campo oriundo da diluição das fronteiras entre o código digital e a concretude material. Mas a pesquisa procurou enfatizar também como o aumento da complexidade formal da Arquitetura aparece como jogo de poder para os arquitetos digitais, assim como também para o sistema rentista. Procura-se evidenciar que este empoderamento emergiu de especulações formais ainda circunscritas ao universo virtual – longe dos canteiros de obras – como ideologia de vanguarda para a arquitetura digital.

Neste cenário, a complexidade na Arquitetura aparece como fenômeno do capitalismo e da sociedade contemporânea: complexa em todas as suas expressões. Sob este fenômeno, a Arquitetura se funde às diversas áreas do conhecimento que também sofreram transformações pelas mídias digitais. A pesquisa, o objeto arquitetônico e os processos de projeto ganham estatuto de co-autoria nos processos de design expandido e cooperativo com outras áreas e que chegam, recentemente, à capacidade de manipular ideias que se manifestam fisicamente através das ferramentas de fabricação integradas ao design digital.

Finalmente, foi dado ênfase aos principais argumentos da Teoria do Digital Design na produção da Arquitetura, deixando evidenciado a distância desta em relação à grande maioria do espaço construído, principalmente no Brasil. Diante desta evidência, o *Material Design* foi abordado, dentre as várias teorias que constituem o design digital: acredita-se que a sua apropriação

crítica pode vir a beneficiar pesquisas locais, com interesses sociais envolvidos. Foi proposto, para isto, uma leitura do design baseado no material questionadora, a ponto de poder buscar outras condutas que propiciem a democratização do acesso às experiências da vanguarda da Arquitetura digital. Como vê-se no capítulo 4, o compartilhamento e a cooperação em nível global entre pesquisas e grupos pode favorecer aos interesses e às pesquisas locais.

Não há dúvida que este é um movimento de revalorização dos aspectos materiais e construtivos da Arquitetura diante do paradigma da Fabricação Digital. Contudo, a vanguarda da Fabricação Digital mantém-se em grande parte à margem dos canteiros convencionais. Existe aqui um hiato cujo fim ainda não pode ser vislumbrado. Talvez estes sejam os propósitos para contribuir na construção de um pensamento arquitetônico que não esteja à deriva da importação de processos tecnológicos com vista a uma suposta inovação, ou mais precisamente na absorção das técnicas de Fabricação Digital pela Indústria da Construção Civil. Esta hipótese, caso a Arquitetura venha optar por ela, pode constituir-se como uma visão utilitarista da tecnologia com um viés economicista próprio do pensamento das elites brasileiras e, portanto, defasado, perverso e periférico. No pensamento sobre como reconstruir as relações entre a arquitetura e o canteiro, e as relações com o material, devem prevalecer os interesses éticos em favor dos interesses sociais. Talvez estes sejam os propósitos partindo das escolas e laboratórios de Fabricação Digital em direção a uma cultura emancipatória e de compartilhamento. É a direção para onde se quer ir, na possibilidade de um pensamento renovado que favoreça o fortalecimento da colaboração horizontal nas escolas, da cooperação entre grupos, sujeitos produtores, consumidores ou usuários – em oposição à busca do empoderamento do arquiteto pela assimilação acrítica desse paradigma global da economia e da tecnologia da Fabricação Digital, posto que pode vir a ser.



**4 FABRICAR, COOPERAR, COMPARTILHAR**



Neste capítulo, investiga-se os modelos de aprendizagem, em busca de perspectivas de uma apropriação crítica da Fabricação Digital para o aprendizado da Arquitetura. Mais especificamente, trata-se de dois modelos de aprendizagem em que a Fabricação Digital mostra a sua capacidade de romper a distância entre o digital e o material, entre a representação projetual que separa o pensar do fazer, o intelectual do manual através das capacidades construtivas do aprender fazendo.

O primeiro modelo, a seção 4.1, aborda o modelo da *Architectural Association Visiting School – AAVS – São Paulo High-Low 2011*. Este modelo foi analisado do ponto de vista empírico, através da participação da autora no *visiting school*. A partir dessa experiência pode-se avaliar alguns aspectos, tais como:

- a) o modo como as teorias do design, de pesquisadores como Rivka Oxman e Achim Menges, assim como o pensamento do arquiteto e teórico de Stan Allen, que elabora o conceito *field conditions*, têm sido exploradas como metodologias de ensino e prática da Arquitetura em seu retorno à materialidade; e
- b) as estratégias de divulgação do modelo didático da *Architectural Association – AA*, a metodologia e os esforços na construção de uma mentalidade que pretende ser globalizada ao estabelecer os modelos que demarcam o estado da arte da Fabricação Digital em sua expressão mais atualizada.

O segundo modelo, a seção 4.2 trata do *Fab Lab* MIT como plataforma pedagógica de ensino e disseminação da Fabricação Digital, baseado no método pedagógico do aprender fazendo. É uma releitura da expansão dos movimentos de contracultura *Maker* e da cultura de compartilhamento, cujo vetor é a Fabricação Digital. O lema é compartilhar globalmente e produzir localmente. Este modelo surgiu no contexto de criação de um novo ambiente e uma nova base teórica para a Arquitetura: o laboratório *Media – Lab – MIT* que se destacou por sua capacidade de ser a interface para a transdisciplinaridade. É, em parte, do resultado da busca de fusão da Arquitetura pela materialidade construtiva, com pesquisas compartilhadas com outras áreas do conhecimento, como a Engenharia Aeroespacial e Naval, a Computação, e mais atualmente a Biotecnologia.

Para isto, foram analisados aspectos tanto teóricos como empíricos como forma de ter um entendimento mais alargado sobre a proposta do MIT de expansão dos laboratórios de Fabricação Digital como pedagogia de ensino em uma plataforma de compartilhamento para a inovação social e econômica. Além da investigação teórica mostrada nos dois capítulos anteriores, a autora participou de uma série de eventos presenciais, tais como:

- a) Conferência Fab10 – The 10th International Fab Lab Conference and Fab Festival, em Barcelona, 2014<sup>88</sup>;
- b) Fórum permanente Ciência, Tecnologia e Inovação – “Os laboratórios de Fabricação Digital como ponte entre a Universidade e a sociedade (18 de maio 2016) – Unicamp – Campinas, SP;
- c) *workshop* – Como criar um Fab Lab, no We Fab, São Paulo;
- d) visitas a seis Fab Labs de São Paulo.

Quatro escalas diversas de encontros e discussões nas quais pode-se presenciar uma abordagem cooperativa e focada na inovação e no compartilhamento de experiências acerca da tecnologia de Fabricação Digital.

#### 4.1 O MODELO PEDAGÓGICO DA ARCHITECTURAL ASSOCIATION VISITING SCHOOL – AAVS – SÃO PAULO HIGH-LOW

Esta seção trata da descrição e análise crítica do *workshop* intitulado São Paulo *High-Low Visiting School*, que aconteceu como parte do “Festival de Linguagem Eletrônica” – FILE, em julho de 2011, na cidade de São Paulo. O *workshop*, aberto a profissionais e estudantes de Arquitetura e Design, abordou modelagem computacional paramétrica e softwares de simulação ambiental, além de processos de Fabricação Digital, usando máquinas de corte a laser e uma fresadora de grande porte para produzir modelos físicos e protótipos. O curso foi conduzido por instrutores da *Architectural*

---

<sup>88</sup> FAB10 – Barcelona. Disponível em <<https://www.fab10.org/en/home>> Acesso e 8/9/2017.

*Association Visiting School* – AAVS – e assistentes, sendo complementado por palestras de arquitetos, urbanistas e outros especialistas brasileiros e estrangeiros.

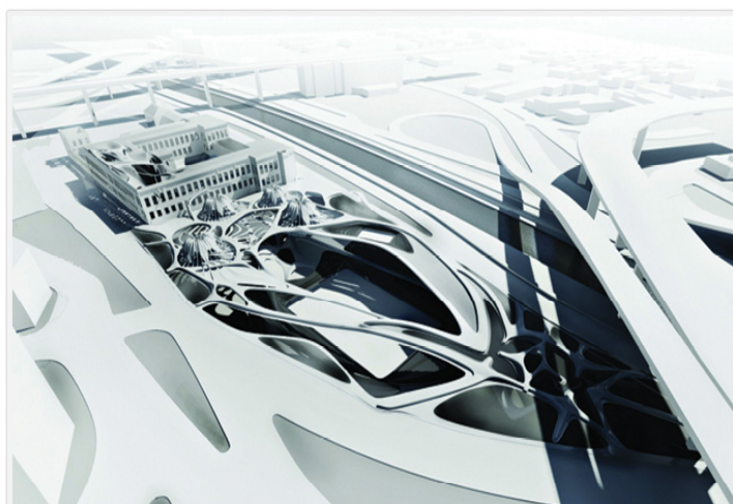
Deste modelo, destaca-se aqui alguns aspectos das estratégias de divulgação, de modelos didáticos – de metodologias e de construção de uma mentalidade, que pretende ser globalizada. Entende-se que o modelo pretende estabelecer as premissas que demarcam o estado da arte da Fabricação Digital em sua expressão mais atualizada. A AA é uma das mais reconhecidas associações de ensino em todo mundo pelo seu curso de Arquitetura; e é exemplo primeiro do caráter excepcional da Arquitetura. No entanto, esse tipo de produção se vincula, invariavelmente, à riqueza, aos grandes aportes financeiros e às excepcionalidades arquitetônicas, tratadas como expressão de poder e de intervenção social no meio urbano. Particularmente, a reverberação da aplicação ou resultado do tratamento da arquitetura da AA são raramente percebidos na produção da Arquitetura no Brasil. No entanto, a AA tem sido objeto de análise e modelo para o ensino da Arquitetura em todo mundo, inclusive no Brasil.

Figura 34 – AA São Paulo Visiting School. 2011.



AA São Paulo Visiting School

2011 AA "HIGH-LOW"



Arya Safavi: Tia Eva's Gliçério Community Sports Centre Football Pitch + Vocational School Military Barracks Occupation - São Paulo, Brazil

O *AA Visiting School* é uma campanha de divulgação dos programas desenvolvidos pela escola londrina *Architectural Association* – AA, reconhecido centro de vanguarda arquitetônica. De acordo com o material de divulgação da escola em seu próprio *site*, reproduzido em vários sites de escolas associadas, o *AA Visiting School* “[...] é um programa colaborativo e global, exportando a abordagem pedagógica altamente internacionalizada pela AA através do mundo.”<sup>89</sup> A percepção da autora sobre tal expressão, “exportando a abordagem pedagógica”, revela-se como uma postura centro-periferia, em que as diferenças são apaziguadas e a expressão globalizada parece ser uma tentativa de nivelamento das diferenças sócio-culturais e econômicas.

O Programa teve início em 2008, em Dubai, e posteriormente adquiriu um caráter global, tendo oferecido “[...] mais de cinquenta cursos em dezenas de cidades, territórios e regiões remotas”<sup>90</sup>. De acordo com a proposta do Programa, apesar de sua presença se dar, também, em países desenvolvidos, o programa caracteriza-se por buscar um nivelamento globalizado que atinja estudantes de centros remotos, dando acesso a práticas de ensino consideradas de excelência. O material de divulgação reafirma a tônica sobre a investigação de temas pertinentes às questões e aos problemas locais de cada comunidade ou sociedade na qual os cursos são ministrados. A abordagem é baseada na lógica de enfrentamento destes problemas através de uma leitura globalizada, buscando fazer com que jovens estudantes de Arquitetura possam ter uma leitura que aproxime questões locais e soluções “globalizadas”, tendo como base discussões teóricas, softwares paramétricos e seus respectivos manuais e tutoriais.

A análise incide sobre a pedagogia e a metodologia que orientam o *AA Visiting School*, baseadas no nivelamento globalizado, no qual o

---

<sup>89</sup> AA Visiting School. Disponível em: <https://www.aaschool.ac.uk/STUDY/VisitingProgramme.php>. Acesso em 20/set/2017

<sup>90</sup> IDEM

enfrentamento, manuais e tutoriais são voltados para a competitividade. O preceito pedagógico impõe-se de cima para baixo. Não busca uma ação dialógica com o universo dos estudantes, como também afasta os questionamentos sobre a cultura dominante e sua pertinência para os problemas locais.

A participação neste Programa permite afirmar que proposições como: “a abordagem baseada na lógica de enfrentamento de problemas através de uma leitura globalizada”, “o nivelamento globalizado que atinja estudantes de centros remotos” parecem argumentos atraentes para a maioria dos participantes. No entanto, explicitam uma lógica de treinamento para que especialistas venham competir em paridade internacional, se valendo de novas ferramentas. Empobrece, desse modo, a própria lógica do Programa: a difusão dos princípios da teoria e da prática da Fabricação Digital proposta pela Escola de Arquitetura da AA. Encaixando-se dentro dos princípios do treinamento competitivo, o Curso segue os preceitos neoliberais para os quais o indivíduo empreendedor de si próprio procura um novo nicho de mercado arquitetônico.

Exportar pedagogia revela a posição de centro que anula a dialogicidade necessária para o aprendizado. Este modelo é, portanto, menos ligado à ideia de aprendizado para uma apropriação crítica da tecnologia em contextos diferentes e mais próximo à ideia de treinamento para uso das novas ferramentas disponibilizadas para a especialização e competição dos arquitetos.

#### 4.1.1 Princípios estruturadores do *workshop*

Segundo os organizadores do Evento, o objetivo do *workshop* foi propor a “transformação” dos ambientes materiais e “culturais” por meio da aplicação da computação paramétrica ambiental e dos processos de Fabricação Digital, usando materiais e métodos de fabricação locais trazidos para as oficinas pelos agenciadores e representantes comerciais que viabilizam os *workshops*. Os organizadores argumentavam que, com esta nova prática,

seria definida “[...] uma nova Arquitetura que emprega a alta e a baixa tecnologia no projeto.”, através das oficinas de design<sup>91</sup>:

[...] busca-se incrementar estratégias para a arquitetura sustentável, de modo a trazer à concepção ecológica uma nova estética e agenda social ligada ao meio brasileiro. A geração desta nova arquitetura *high/low* leva em conta a mediação dos fatores ambientais, controlados pela computação e calibrados em simulações de conforto ambiental. Os componentes mediadores são também estruturais, funcionais e ornamentais e respondem a múltiplas forças – naturais e culturais. O objetivo é criar múltiplas organizações espaciais para diferentes tipos de edifícios e espaços públicos, utilizando variados dispositivos de controle ambiental constituintes do edifício e inserindo-os no contexto cultural e ecológico da metrópole paulistana.

Aqui explicita-se o caráter expansionista desta Escola de Arquitetura. Está em evidência uma adequação de modelos de Arquitetura, nos quais o discurso da sustentabilidade é reverenciado e ganha o mercado competitivo, pois se baseia na nova estética e agenda social da capital Londrina aplicada ao meio brasileiro.

O discurso de divulgação do Curso explicita-se como peça de propaganda a ser usada em qualquer cultura, região ou país. O grupo de estudantes pouco críticos dessa propaganda, é levado a experimentar com exclusividade, o ferramental tecnológico disponibilizado para a iniciação nos planos de pós graduação da AA, servindo como passaporte para uma das escolas mais importantes na atualidade. A especialização, supostamente apreendida, pretende ganhar espaço, como tendência, no contexto das construções no Brasil, funcionando, de outro modo, como mais uma brecha para a imposição do discurso do arquiteto especialista da complexidade digital.

#### 4.1.2 Argumentos teóricos

Alguns argumentos da teoria de Stan Allen, respeitado tanto pelo campo teórico quanto em sua produção arquitetônica, foram tomados como referência teórica para o *workshop*. O conceito de *field condition* – traduzido

---

<sup>91</sup> Disponível em <http://saopaulo.aaschool.ac.uk/high-low-design-workshop-2011/> acesso em 8 de Junho de 2017.

aqui como “condições do campo” – proposto por Stan Allen (ALLEN, 1985) é a referência primeira a partir do qual são desenvolvidos os projetos. O entendimento da expressão “*field conditions*” ajuda a evidenciar a proposta metodológica em relação à base teórica que fundamenta e estrutura a metodologia de projeto das sessões de design e de trabalho. *Field conditions* engloba os princípios evolucionários aplicados à resolução de problemas (*evolutionary principles applied to problem solving*) e os algoritmos generativos (*generative algorithms*).

O conceito de *field condition* reafirma a importância do contexto para a definição da arquitetura e implica na “[...] aceitação do real, em toda sua confusão e imprevisibilidade.” (ALLEN, 1985). O “campo” assume diversos significados, principalmente no contato direto do arquiteto com a produção da Arquitetura. Desse modo, para Stan Allen, pretende-se que o processo de concepção da Arquitetura se abra para a improvisação material no sítio, se opondo à ética e à estética modernistas da transgressão, com relação ao lugar, trabalhando em favor das condições dadas pelo sítio e não contra ele (ALLEN, 1985). As implicações das condições do campo para a Arquitetura resultam em novas metodologias para modelar programas e espaços.

Para Allen (1985) a teoria arquitetônica deve estar em constante diálogo com o trabalho prático. Desse modo, *field conditions* não se propõe a produzir ou sistematizar uma teoria da composição ou da forma arquitetônica. Segundo o autor, “[...] o modelo teórico proposto antecipa sua própria irrelevância diante das realidades da prática.” (ALLEN, 1985).

Os conceitos trabalhados são derivados da experimentação em contato com o real e misturam, intencionalmente, alta (*high*) teoria com práticas de baixa (*low*) tecnologia. O *field conditions* opõe-se à lógica da hierarquia geométrica imposta pelos tratados das Arquiteturas Clássica e Moderna, segundo a qual os diversos elementos da arquitetura são organizados dentro de um todo coerente através dos sistemas de proporção geométrica, exemplificados pelo axioma de Alberti, que expressa um ideal da unidade geométrica e o define como “[...] a consonância das partes em que nada pode ser adicionado ou retirado.” (ALLEN, 1985). As convenções da Arquitetura Clássica são ditadas

não apenas pela proporção dos elementos, individualmente, mas também pela relação entre os mesmos. Sob a influência desses preceitos, partes formam uma unidade que por sua vez formam um todo. Regras precisas de eixos, simetria ou seqüência formal determinam a organização do todo.

Para Allen (1985), a Arquitetura Clássica apresenta uma grande variação dessas regras, mas “[...] o princípio de distribuição hierárquica das partes do todo é constante: os elementos individuais são mantidos em uma ordem hierárquica por relações geométricas para preservar a unidade do todo.”.

Já a composição modernista, segundo Allen, que ainda persiste nos processos contemporâneos de Arquitetura, se desenvolve através de arranjos e conexões entre fragmentos e estratégia de montagem, fazendo conexões entre elementos separados e que são trazidos juntos para o sítio (ALLEN, 1985).

#### 4.1.3 As atividades e a dinâmica didática do *workshop*

O *workshop* teve a duração de dez dias, ao longo dos quais se desenvolveram as atividades, em oficinas de onze horas diárias, divididas em três períodos. De um modo geral, as oficinas se estruturaram a partir de quatro eixos principais:

- a) tutoriais de computação;
- b) palestras;
- c) sessões de design; e
- d) sessões de trabalho, que consistiam principalmente de pesquisas sobre design e fabricação.

As atividades tiveram início com a apresentação dos tutores e dos assistentes, provenientes de vários países. Em comum, os tutores e assistentes têm passagem pela AA. Estes buscam novas formas de abordagem para o processo de projeto de Arquitetura que possam superar os modos e regras convencionais de composição da Arquitetura Moderna,

tomada como singulares às abordagens da Arquitetura Clássica. Não há discussão político-social e econômica do sítio.

Os três primeiros dias se concentraram em demonstrações de vários softwares. Entre eles, *softwares* de análise de comportamento térmico, a partir dos quais são geradas formas através de respostas à incidência solar, renderizações, forças que atuam sobre materiais flexíveis, através de editores gráficos de algoritmos. Os softwares utilizados foram: o editor gráfico de algoritmo, e de aplicativos e *plug ins*, tais como *Rhinoceros*, *Rhino Python*, *Grasshopper*, *Geco*, *Ecotect* e *Galapagos*. Para a execução de ações que permitem a simulação de comportamentos através de algoritmos e do controle de variáveis, gerando-se, desse modo, geometrias complexas.

A dinâmica das atividades consistiu dos tutoriais de computação, palestras ministradas pelos principais tutores e as sessões de discussões, nas quais os participantes eram estimulados a levantar questões e problematizar a Av. Paulista, eleita como objeto de análise e intervenção.

No quarto dia, foram iniciadas as sessões de design, quando se desenvolveram atividades de prototipagem rápida através do uso de tecido e arames, com o auxílio de máquinas de costura. Com o apoio de uma costureira, os participantes foram incentivados a manipular os materiais, de modo a compreender como os mesmos se comportam sob certas condições de tensão, pressão e outros. A partir da combinação das características dos tecidos e da tensão exercida pelos arames sobre os mesmos são geradas possibilidades formais.

Metodologicamente, os experimentos lúdicos abrem possibilidades especulativas e alimentam processos criativos. No entanto, os processos ligados à Arquitetura trabalham em uma escala incompatível com a realidade material da prototipagem, que explora possibilidades formais, mas não encontram, na escala arquitetônica, uma resposta concreta.

Esse procedimento – embora pareça que as condições exploradas estejam ligadas a um experimento estritamente formal – é um exemplo da incorporação de estratégias oriundas do conceito “condições do campo

material”. No entanto, em nenhum momento os sujeitos (arquiteto ou usuários) foram considerados, assim como as questões sociais, os embates, os contrastes, que ainda não são condições controláveis matematicamente.

Nesse sentido, como se pode quantificar conflitos sociais? Para Allen, “[...] o artista não pode simplesmente exercer um controle formal preciso sobre o material, ao invés disso, o artista estabelece as condições às quais o material será submetido.” (ALLEN, 1985). As interpretações postas aqui se mantêm restritas aos aspectos materiais, as condições se restringem aos aspectos formais, as questões sócio-econômicas não são postas como condições de campo. A partir desses experimentos, alguns procedimentos são determinados e, a partir disso, os processos de geração e transformação formal são ativados através dos programas de controle algorítmico.

No quinto dia, o conceito de *design thinking* passa a ter seu espaço definido como suporte ao processo de projeto. Foram apresentados catálogos de materiais, processos de modelagem, ideias computacionais, ideias geométricas, problemas locais e ideias programáticas.

Neste dia, os participantes da oficina foram incentivados a desenvolver análises sobre a Av. Paulista, buscando contextualizar as propostas de intervenção que seriam ‘adicionadas’ aos experimentos materiais. Experimentos foram desenvolvidos individualmente e, aos poucos, pequenos grupos são formados. Contando com os assistentes para programar algumas intenções iniciais, as propostas vão sendo elaboradas e as técnicas de fabricação são incorporadas às experiências materiais, utilizando-se corte a laser e as máquinas de costura.

Na fase final do *workshop*, após as apresentações da etapa intermediária da seção de design, grupos são formados em torno da similaridade entre as propostas. Os novos grupos tiveram a chance de discutir os processos e as propostas com os tutores e de estabelecer suas metodologias. No entanto, nesse momento, por alguma atribuição prévia, determinada pela natureza das propostas, os tutores assumiram a direção dos trabalhos de grupos determinados por suas semelhanças conceituais e participam da

programação dos algoritmos que vão dar forma às ideias. A partir desse momento, os grupos foram levados à imersão em seus próprios projetos: uma visão mais ampla, que buscasse apreender os demais trabalhos, era vista como dispersão sendo desestimulada pelos tutores. Os tutores assumiram, desse modo, a direção dos grupos e dos trabalhos.

Ao longo dos dias seguintes, os grupos trabalharam na produção final de suas ideias, programando, modelando, renderizando e materializando suas propostas. Desse modo, os trabalhos seguiram até a apresentação final, quando o produto resultante foi apresentado e criticado pelos tutores.

#### 4.1.4 Análise crítica do desenvolvimento e do conteúdo do *AA Visiting School*

O Programa AAVS é anunciado pelos seus promotores como um programa de difusão mundial de um ensino famoso por sua excelência. No entanto, vários problemas puderam ser facilmente mapeados, e demandam uma crítica detalhada e cuidadosa, que nos permita ir além do discurso publicitário pelo qual o Programa é divulgado.

No tocante às questões didático-pedagógicas, um dos principais problemas é o uso extensivo da ideia de ensino como transferência de conhecimento. Os tutoriais de computação, por exemplo, priorizaram demonstrações das performances dos assistentes, mais do que propriamente dos programas; numa seqüência de “passos” – algorítmicos – com que os assistentes vão programando as ações. No entanto, nesta metodologia não há *feedback* dos participantes da oficina, apesar da proposta de Curso se basear em trazer a excelência para o contexto local. O que se sucedeu foi o incentivo à competição individualizada, baseada no mérito e na agilidade de cada participante, sem o devido rigor crítico. Os participantes, por sua vez, se mostravam ávidos, em sua maioria, pelas novidades baseadas na alta tecnologia e na excelência dos convidados internacionais.

A compreensão do propósito da programação dos algoritmos ocorre quando o assistente a finaliza. Nesse momento, os participantes da oficina são surpreendidos pelos resultados obtidos. Não houve, nesse processo, uma

explicação sobre a lógica de funcionamento dos programas usados no *workshop*, nem de suas potencialidades e nem mesmo sobre o que os difere de uma modelagem convencional (que parte de uma manipulação formal, por meio de uma descrição geométrica). O processo enfatiza a produção da Arquitetura a partir de processos mediados digitalmente, determinada pelo controle de parâmetros, pela associação de variantes dadas por *softwares* paramétricos e pela análise de performances, cujas partes geram um todo, que não se pode conceber *a priori*, vinculando-se, desse modo, menos a aspectos subjetivos ou a regras de composição e mais a procedimentos mediados por equações matemáticas e algoritmos generativos.

Os participantes da oficina são levados a reproduzir a sequência de procedimentos, sem que se pudesse compreender qual o papel de cada um deles na programação. Em determinada etapa, quando os tutores assumiram a direção dos grupos e dos trabalhos, os participantes da oficina começaram a participar como “assistentes” na produção de modelos físicos, na formatação das apresentações, ficando a cargo dos tutores a programação algorítmica.

Um dos aspectos negativos do *workshop* foi uma visível inconsistência entre os aspectos teóricos trazidos pelos tutores e o efetivo desenvolvimento dos trabalhos. O objetivo colocado, inicialmente, “[...] foi criar múltiplas organizações espaciais para diferentes tipos de edifícios e espaços públicos, utilizando variados dispositivos de controle ambiental constituintes do edifício, inserindo-os no contexto cultural e ecológico da metrópole paulistana.”<sup>92</sup>No entanto, poucos trabalhos atingiram os objetivos propostos. Em sua grande maioria, permaneceram fundados em especulações formais, resultante dos experimentos materiais feitos anteriormente. Os problemas locais apareceram apenas de forma periférica e revelaram uma dificuldade dos estudantes em identificar os conflitos que se dão na avenida mais rica do País. Assim, mais uma vez foi dada ênfase ao excesso e ao espetáculo: piscinas parasitando edifícios; bancos que dão as costas para o MASP;

---

<sup>92</sup> Disponível em <http://saopaulo.aaschool.ac.uk/high-low-design-workshop-2011/> acesso em 8 de Junho de 2017.

bolhas infláveis; instalações subterrâneas que pressupõe apenas a contemplação e nenhuma possibilidade de interação do usuário com a obra, etc.

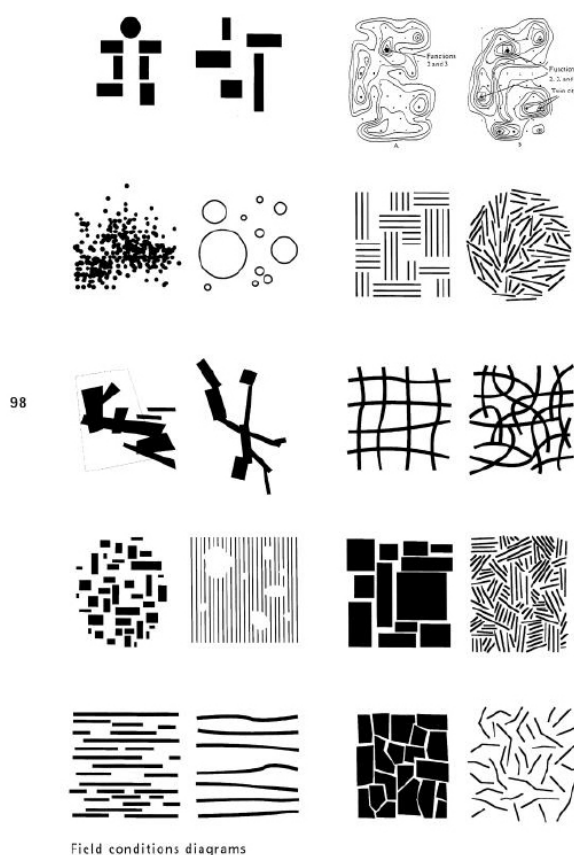
Apenas dois grupos elegeram, como preocupação central, o aspecto do conforto ambiental dos edifícios e seus panos de vidro, que resultam em alto consumo de energia, alto impacto ambiental, alto custo para o condicionamento de ar e sua manutenção; as intervenções propuseram superfícies móveis tendo como objetivo a diminuição da incidência solar sobre as fachadas. Uma das propostas apresentadas buscou a simplicidade e uma fácil resolução técnica: de baixa (*low*) tecnologia. Contudo, a avaliação dos tutores foi negativa, a despeito da proposta *high-low* e da utilização dos softwares propostos para a geração de superfícies móveis pelos grupos de trabalho, pautada pela exigência de inovação formal. Os tutores comentaram que o resultado era muito simples e que os programas podiam gerar formas muito mais espetaculares.

Concluindo, pode-se dizer que, por um lado, com a metodologia do *workshop*, os participantes foram introduzidos a um processo de design que prioriza a experiência com os materiais e a compreensão das forças que atuam sobre estes. Este processo, realmente, faz oposição ao processo convencional de definição da forma, a partir de regras dadas *a priori*, ou externas ao material, ou como representação de uma forma abstrata, retirada de seu contexto material. Este modo de trabalho se inscreve, claramente, naquilo que se convencionou chamar de *form finding*. No entanto, por outro lado, os exercícios de projeto acabaram por reafirmar os mesmos princípios modernistas criticados nas colocações teóricas dos tutores: pouco importava o lugar concreto e as especulações formais sobrepuseram-se a quaisquer tensões sócio-econômicas e culturais da região, excluindo o aprofundamento dos impactos gerados pelas interferências, desconsiderando se seriam métodos capazes de compreender que impactos os objetos teriam sobre a população da Av. Paulista e seu entorno. O contexto social e urbano, dentro das “condições do campo”, recebeu uma atenção secundária; e “efeitos inovadores”, espetaculares, foram incentivados pelos tutores.

#### 4.1.5 Análise crítica dos princípios estruturantes do *workshop*

A referida inconsistência entre os aspectos teóricos trazidos pelos tutores e os trabalhos desenvolvidos aparecem também na aplicação do conceito de *field condition*, de Allen. Pressupõe-se que os trabalhos deveriam ser orientados a buscar uma intensa conexão entre as propostas de intervenção e as condições e forças presentes no sítio, levando-se em conta as análises e os experimentos em favor do campo. Esse procedimento poderia ser percebido como uma investigação *bottom-up* (de baixo para cima). Desse modo, haveria, acredita-se, um deslocamento da ênfase sobre a forma para as especificidades características geradas pelo campo; ou seja, a definição formal seria dada não pela priorização de esquemas geométricos ou compositivos, mas pelo resultado das forças locais mensuráveis, como grau de insolação, ventos, ruídos, fluxo de pessoas e propriedades dos materiais utilizados, etc.

Figura 35 – Diagramas de análise baseados no conceito Field Condition.



Quando Allen propõe uma recusa à representação, no *field conditions/field constructions*, há uma mudança na ênfase: da descrição de uma abstração formal, dos modos convencionais de composição e das regras clássicas de composição, para uma atenção cada vez maior às operações do fazer; “[...] o campo é uma condição material, não uma prática discursiva.” (Allen, 1985). O autor também sugere que o retorno a uma ontologia da construção – fundada no tectônico – não consiste apenas em uma alternativa para a cenografia e para a semiótica na Arquitetura, mas em um entendimento da construção como uma seqüência de eventos. Allen refuta, desse modo, a composição em favor do processo. O que se propõe não é, simplesmente, “[...] um retorno à mistificação da construção e à fenomenologia dos materiais.” (Allen, 1985). Antes, tem-se a intenção de ir além da oposição convencional da construção à produção da forma, através das operações de construção. A geração da forma se daria através da “seqüência de eventos”, que se relaciona às regras generativas e à lógica dos *flock behaviours* – “comportamentos de manadas” ou combinações matemáticas. Ou seja, estratégias formais dadas computacionalmente.

Desse modo, um arcabouço teórico da Fabricação Digital no campo da Arquitetura é traçado, rompendo com o conceito da arquitetura como representação. No entanto, a incorporação dos princípios que Allen propõe, no âmbito da proposta do *workshop*, parece ser da mesma natureza daqueles contra os quais o arquiteto e teórico se coloca: a geometria tem predominância sobre questões sociais e culturais, e não dialoga com as condições do campo, a não ser pela questão formal e geométrica. Apesar dessa crítica à Arquitetura Conservadora e Moderna, acredita-se ter ficado um hiato entre o discurso de Allen sobre os princípios da Arquitetura na era da Fabricação Digital e o diálogo propriamente dito com as condições do campo: aqui, pareceu difícil traduzir Fabricação Digital para a Arquitetura fora da complexidade e da excepcionalidade formal que se pode produzir em qualquer parte do mundo (desde que se tenha capital financeiro), independente de um diálogo com as condições econômicas, sociais e culturais.

Este é, na verdade, um impasse para a Fabricação Digital: a ênfase dada à arquitetura de exceção se impõe como um fator de globalização ou imposição/exportação tecnológica, muito mais do que como um compartilhamento para a busca de soluções para problemas locais. Em uma visão crítica dos *softwares* utilizados, fica evidente que não são sistemas que serão capazes de identificar características sociais e culturais de um sítio, mas sim uma compreensão histórica e social do sítio anteposta aos sistemas/*softwares* que poderia contribuir para o entendimento das condições do ambiente, principalmente no entorno da Av. Paulista. No entanto, tais aspectos foram totalmente abstraídos nas discussões.

Considerando-se a proposta da segunda versão do *Visiting School* em São Paulo<sup>93</sup>:

[...] um dos principais objetivos das oficinas de design é incrementar estratégias para a Arquitetura Sustentável, de modo a trazer à concepção ecológica uma nova estética e agenda social ligada ao meio brasileiro. A geração desta nova arquitetura *high/low* leva em conta a mediação dos fatores ambientais. Controlados pela computação e calibrados em simulações de conforto ambiental, os componentes mediadores são também estruturais, funcionais e ornamentais e respondem a múltiplas forças – naturais e culturais.

Porém, as chamadas “condições do campo”, que, a princípio, propõem-se a identificar aspectos naturais e culturais, se restringem a condições objetivas, mensuráveis, como temperatura, pressão atmosférica, ventos, etc. A cidade, em suas desigualdades explícitas na Av. Paulista, ou os conflitos que emergem das relações interpessoais do seu entorno, não foram considerados como condição inerente ao campo. Ou seja, a aceitação do real dentro da proposta de Allen foi reduzida à realidade física e formal, sem considerar aspectos sociais do campo – a exemplo dos grandes conflitos e da desigualdade da realidade brasileira – em que a arquitetura deveria ser instrumento de inclusão social e cultural.

---

93 AA São Paulo Visiting School. 2011 AA "HIGH-LOW", 2011 disponível em <http://saopaulo.aaschool.ac.uk/high-low-design-workshop-2011/> acesso em 8 de Junho de 2017.

Nenhum questionamento mais crítico sobre a Avenida Paulista emergiu das discussões. Ficou patente a facilidade de envolvimento de jovens estudantes de Arquitetura, das melhores escolas do País, em discussões tomadas pela fantasiosa crença na Arquitetura baseada na excepcionalidade e na incoerência das condições e contradições que o lugar apresenta. Esse quadro foi bastante ilustrativo daquilo que já se tratou no capítulo 3, sobre o qual se refere Pedro Arantes, como sendo a opção pela excepcionalidade, a opção por uma Arquitetura que se encontra atrelada ao capital financeiro, à geração de renda, através de formas cada vez mais exclusivas e excepcionais.

Vale ressaltar, como argumento, que o propósito de ênfase nas relações da Arquitetura com o contexto e, principalmente, a problematização dos processos de projeto herdados do modelo de Alberti e Brunelleschi e do ideário moderno, a partir de modos e regras de composição, vai de encontro aos interesses defendidos nessa Tese. Acredita-se que possa haver uma superação do caráter hierárquico, impresso quando da ascensão do arquiteto ao papel central na produção da arquitetura, e quando da separação do trabalho mental do trabalho manual. Contudo, em uma posição mais questionadora, pode-se concluir que esta adoção de processos “automatizados” de projeto, baseados numa inflexão sobre as possibilidades materiais e formais, e em seus desdobramentos através de algoritmos generativos, aponta para uma arquitetura que se afasta claramente do aspecto social e econômico, enfatizando fundamentalmente o aspecto tecnológico e formal. De outro modo, o uso da tecnologia da Fabricação Digital, sem a anterior reflexão sobre os seus propósitos, não contribui para uma apropriação crítica.

Pode-se considerar, a partir destas análises, que a metodologia, os objetivos do *workshop* e o argumento central, baseado no conceito de *field conditions* proposto pelo AA *Visiting School*, pretendem teoricamente propor a adoção das novas ferramentas de design, mas não se consolidam como novas possibilidades metodológicas. Pelo contrário, buscam apaziguar as diferenças ou conflitos existentes no campo, como Stan Allen propõe como metodologia, desenvolvida também pela AA.

## 4.2 A REDE MUNDIAL DE FAB LABS - MIT: UMA EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA DE COMPARTILHAMENTO

Figura 36 – Identidade visual do Fab Lab MIT.



A reflexão sobre a experiência pedagógica de compartilhamento do Fab Lab MIT que se busca fazer aqui não almeja refletir necessariamente sobre a importação de uma franquia. Mais que isso, tem a intenção de refletir sobre o modo como a apropriação de uma tecnologia pode se esmorecer em seu caráter utilitarista, neutro e globalizante, caso não seja pensado sobre o seu propósito social e local.

As experiências presenciais que se teve superam a narrativa teórica normalmente apresentada, permitindo conhecer uma amplo leque de programas e pessoas de diversos países que se apropriaram da estratégia *Fab Lab* – MIT de metodologia de aprendizagem da Fabricação Digital, através de vários programas com características, prioridades e enfoques locais que definem para quê servem estes laboratórios no âmbito dos interesses de um grupo, de uma ou mais escolas, de uma comunidade ou de uma sociedade. O lema é replicar experiências pedagógicas de compartilhamento: experiências de desenvolvimento do pensamento criativo através dos aparatos da Fabricação Digital como ato de criação que supera a sobreposição entre o pensamento intelectual e a artesanaria/manufatura; compartilhar globalmente e produzir localmente, tendo como ponto de partida a inovação social e tecnológica.

Neste sentido, o Fab Lab é visto aqui como um exemplo de “projeto pedagógico” de extensão universitária, fruto do pensamento do MIT sobre a tecnologia, a sociedade, a cultura, a economia e os movimentos de contracultura DIY, *makers*, *do it together*, entre outros, de compartilhamento e de socialização do conhecimento, de autonomia e emancipação dos sujeitos em relação aos extremos da sociedade capitalista, do poder do Estado e das corporações. Fruto este que foi capaz de transformar o paradigma da complexidade da transdisciplinaridade da ciência e da tecnologia contemporâneas do MIT – em particular do Media LAB – que, a princípio exclui e relega este saber aos grandes especialistas, em paradigma pedagógico do aprender fazendo que se abre para o compartilhamento e para experiências díspares em todo o mundo.

O paradigma maior está na forma exponencial de multiplicação de laboratórios em rede, levando o modelo de pensamento de transdisciplinaridade do MIT aos mais remotos locais, em cenários de compartilhamento social, cultural e econômico e transformando a Fabricação Digital em vetor de empoderamento de sujeitos e grupos. Neste sentido, a Arquitetura do MIT serviu como interface para que esta transdisciplinaridade pudesse ser posta em prática tanto no meio acadêmico, desde a década de 1980, através do *Media Lab* nas figuras marcantes de Negroponte, Papert, William Mitchell, como fora dela, acelerando a popularização da tecnologia da Fabricação Digital como vetor de aprendizagem (além de ser um vetor de econômico-tecnológico disruptivo) e do retorno às habilidades dialógicas do aprender fazendo e do compartilhamento, do ensino em coletividade e da troca de experiências.

Consiste em um exemplo de como a Fabricação Digital pode se transformar no meio a partir do qual a Arquitetura Digital sai do embate com a complexidade que isola e exclui para o seu paradoxo, o aprender fazendo, que acomoda as singularidades dos contextos locais, transformando o ensino de Arquitetura através do paradigma do compartilhamento.

#### 4.2.1 Os desdobramentos institucionais do Fab Lab

*Fab Lab* é uma abreviação de laboratório de fabricação, baseado em um conceito de laboratório de fabricação local conectado globalmente, tendo como objetivo a democratização do acesso às técnicas de Fabricação Digital e a invenção colaborativa.

O *Fab Lab* – MIT, além de um laboratório de fabricação é definido (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2015):

[...] como componente de divulgação educacional do Centro *Bits and Atoms* - CBA do MIT, uma extensão da investigação do centro sobre Fabricação Digital e computação, bem como uma plataforma técnica de prototipagem para a inovação e a invenção, proporcionando um estímulo ao empreendedorismo local. O *Fab Lab* é, também, uma plataforma para a inovação na aprendizagem.

O que diferencia o Fab Lab MIT de um laboratório de um *Maker Space* ou *Hacker Space* é o fato de se ter tornado um modelo de aprendizagem de Fabricação Digital que se propõe a conectar e dar suporte à criação de laboratórios locais de Fabricação Digital, formando uma comunidade mundial de alunos, educadores, técnicos, pesquisadores, *makers* e inovadores, formando uma rede de compartilhamento de conhecimento e de experiências. Os dados mais recentes, de 2016, contabilizam setenta países e quase mil laboratórios. Esses números têm crescido exponencialmente. Todos os *Fab Labs* compartilham um inventário de ferramentas e processos comuns. Desse modo, o programa propicia a construção de uma rede global e de um laboratório distribuído pelo mundo para pesquisa e invenção. O *Fab Lab* se constitui, desse modo, como uma comunidade internacional que tem como princípio o compartilhamento de projetos digitais e de soluções para a fabricação, formando uma rede *open source* para a troca de ideias e capacidades.

A rede mundial de *Fab Labs* passa a ser, desse modo, uma referência significativa de estratégias (nacionais e internacionais) de desenvolvimento da pesquisa e compartilhamento do conhecimento em inovação tecnológica, revelando-se como um movimento em grande escala de capacitação de um novo tipo de formação, educação e pesquisa que envolve tecnologia.

Suas origens reportam, segundo Gershenfeld e Dougherty (GERSHENFELD, 2014), no ano de 2000, à criação de uma disciplina chamada “*How to make ‘almost’ anything*”<sup>94</sup> junto ao Centro *Bits and Atoms* - CBA do MIT cujo desdobramento foi a concepção, originalmente, de uma plataforma de prototipagem para o empreendedorismo local. Esse modelo, desde então, tem sido adotado por escolas, funcionando como plataformas para a aprendizagem baseada no fazer, pondo em prática projetos – *hands-on* – expressão que pode ser traduzida como “mãos na massa” ou o “aprender fazendo”. Esta é uma proposta que reporta ao pesquisador e educador Seymour Papert, participante e um dos co-fundadores do *Arch media Group* predecessor do Media Lab, desde 1958. Papert foi um dos primeiros estudiosos da linguagem computacional como interface para a educação.

Para a criação do *Fab Lab* MIT, foi mobilizada uma grande soma de recursos como apoio às atividades de pesquisa em inovação tecnológica, econômica, social e educacional. Um dos propósitos da criação do *Fab Lab* visou ampliar as formas de aprendizagem nas áreas de educação de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática – STEAM, em que os usuários e alunos aprendem através da concepção e da criação de objetos de interesse pessoal, adquirem conhecimento sobre as máquinas, os materiais, o processo de design e da engenharia, através da invenção e da inovação, fazendo algo para si mesmos.

Para ser um *Fab Lab* é preciso seguir algumas premissas: possuir o kit básico de equipamentos – um inventário de máquinas e componentes – e seguir a *Fab Charter*<sup>95</sup>. A rede de *Fab Labs* já se consolidou em diversos

---

<sup>94</sup> tradução livre: “como fazer ‘quase’ qualquer coisa”.

<sup>95</sup> A Carta Fab: “**O que é um laboratório de fabricação?** Os laboratórios Fab são uma rede global de laboratórios locais, habilitando invenção, fornecendo acesso a ferramentas para fabricação digital; **O Que está em um laboratório de fabricação?** Os laboratórios Fab compartilham um inventário em evolução das capacidades fundamentais para fazer (quase) qualquer coisa, permitindo que pessoas e projetos possam ser compartilhados; **O que a rede do laboratório Fab fornece?** Assistência operacional, educacional, técnica, financeira e logística para além do que está disponível em um laboratório; **Quem pode usar um laboratório de fabricação?** Os laboratórios Fab estão disponíveis como um recurso da comunidade, oferecendo acesso aberto para os indivíduos, bem como acesso agendado para programas; **Quais são as suas responsabilidades?** segurança: não ferir pessoas ou máquinas; operações: como ajudar

países, desde os Estados Unidos, Europa Central, a Índia Rural, o continente Africano, a América Latina, e, também, China e Japão. A rede continua a crescer, com um forte espírito de partilha de conhecimento e de troca de experiências. O *Fab Lab* conta com diversos *sites* de suporte às atividades do laboratório<sup>96</sup>. Além do suporte *on-line*, os *Fab Labs* geraram uma rede conectada em vários níveis que se retroalimentam.

O *FabAcademy* é um desdobramento da expansão dos *Fab Labs* em vários países. Funciona como suporte para o ensino técnico, assim como para a formação de novos gestores *Fab Lab*. Desse modo o *FabAcademy* pode ser compreendido como um campus distribuído em todo o mundo onde o *Fab Lab* é visto como uma sala de aula e bibliotecas para um novo tipo de conhecimento técnico que fornecem instruções e supervisionam a investigação dos mecanismos, aplicações e implicações da Fabricação Digital.

Nesse sentido, o programa *FabAcademy* fornece instruções avançadas de Fabricação Digital para os alunos através de um currículo único *hands-on*,

---

com a limpeza, manutenção e melhoria do laboratório; conhecimento: contribuir para a documentação e instrução; **Quem possui as invenções nos laboratório de fabricação?** Projetos e processos desenvolvidos em laboratórios fab podem ser protegidos e vendidos. No entanto um inventor escolhe patentear ou não, mas o projeto deve permanecer disponível para os indivíduos usarem e aprender, fazendo; **Como as empresas podem usar um laboratório de fabricação?** As atividades comerciais podem ser um protótipo e incubadas em um laboratório fab, mas elas não devem entrar em conflito com outros usos, elas devem crescer além de, em vez de dentro do laboratório, e espera-se que elas possam beneficiar os inventores, laboratórios e redes que contribuem para o seu sucesso. Os ambientes educacionais, em vez de depender de um currículo fixo, proporcionam uma aprendizagem num contexto pessoal autêntico. E ainda, os *Fab Labs* precisam garantir o acesso de usuários comuns por pelo menos um dia da semana - o *open day*." (EYCHENNE e NEVES, 2013)

<sup>96</sup> FabWiki - informação sobre projectos, tutoriais, equipamento, software, etc;  
 Fab Lab FAQ - as perguntas mais frequentes acerca do Fab Lab respondidas no site do MIT;  
 Fab Central do MIT sobre o Fab Lab;  
 FabFol - concentra vários serviços para os utilizadores dos Fab Labs;  
 Fabhub - fóruns sobre o tema Fab Lab;  
 Planet Fab - blogs sobre o tema Fab Lab;  
 Fab Academy - programa educativo sobre técnicas de fabricação digital;  
 Fab-Fi - sistema wireless de sinais ethernet concebido nos Fab Labs;  
 Fab@Home - como construir impressoras 3D em casa;  
 Fabio - lista atualizada dos laboratórios nos diversos países.

possibilitando o acesso a ferramentas e a recursos tecnológicos. O *FabAcademy* começou suas atividades nos primeiros anos do *Fab Lab* e da disciplina *how to make almost anything*, no MIT, quando deu-se uma mudança – “bifurcação”, foi a palavra usada por Gershenfeld – “em direção a uma profunda revisão da educação” (GERSHENFELD, 2014).

O MIT é como um *mainframe*, você pode ir até ele e processar toda a informação. Ele fornece aulas/disciplinas massivas *on line*, que são como o compartilhamento de tempo. Continua havendo um *mainframe* educacional no seu terminal conectado a isso. Um milhão de pessoas olhando a tela, não é realmente educação. O *FabAcademy* trabalha como a Internet. Isso é uma rede onde estudantes têm pontos (*peers*) em grupos de trabalho em laboratórios, com máquinas e mentores localmente. Então nós conectamos esses estudantes por vídeo e o conteúdo é compartilhado globalmente. É um tipo de função que é a rede. Há um ciclo onde nós introduzimos novos materiais, trabalhando nos laboratórios. Então nós temos uma vídeo conferência global, gigantes, com talvez uns cem *sites* que estão colaborando totalmente integrados. É realmente um nova maneira de pensar tecnologia avançada em educação em escala?

Segundo Gershenfeld (GERSHENFELD, 2014), “[...] a cada dezoito meses o número de laboratórios dobra. Cada um com uma característica própria, dependendo do seu contexto social, principalmente cultural e econômico.”.

O *Fab Foundation* é uma organização norte-americana, sem fins lucrativos, que surgiu em 2009 a partir do Programa *Fab Lab* do Centro *Bits and Atoms* do MIT. Esta Fundação tem a função de facilitar e apoiar o crescimento da rede de laboratórios de fabricação internacional através do desenvolvimento de fundações e organizações regionais<sup>97</sup>:

[...] sua missão é proporcionar o acesso às ferramentas, ao conhecimento e aos meios financeiros para educar, inovar e inventar usando a tecnologia de Fabricação Digital para permitir que qualquer pessoa possa fazer (quase) qualquer coisa. Desse modo, o seu objetivo é criar oportunidades para melhorar a vida e os meios de subsistência em todo o mundo. Organizações comunitárias, instituições de ensino e fundações sem fins lucrativos são os principais beneficiários. A Fundação tem três focos programáticos: educação (.edu), capacidade organizacional

<sup>97</sup> FABFAUDATION – MIT. Disponível em <http://www.fabfoundation.org/>. Acesso em 21/set/2017. A Fundação tem três focos programáticos: educação (.edu), capacidade organizacional em construção e serviços (.org), e oportunidades de negócio (.com)”. Disponível em: <<http://www.fabfoundation.org/>>.

em construção e serviços (.org), e oportunidades de negócio (.com).

Segundo Gershenfeld (GERSHENFELD, 2014), a *Fab Foundation* nasceu para prover capacidade operacional de crescimento da rede em todo o mundo:

[...] grupos de ajuda não fazem tecnologia, nós percebemos que nós tínhamos que criar aquela capacidade organizacional. O *Fab Foundation* começou há poucos anos atrás e recentemente nós anunciamos um financiamento para o *Fab Foundation* para investir nessas máquinas em comunidades onde isso funciona como um tipo coisa que não se pode fazer um laboratório de cada vez, o que se pode fazer é tentar montar uma rede, como uma fonte que alimenta trocas.

Desse modo, o *Fab Foundation* promove a concepção e a oferta de programas de treinamento de desenvolvimento profissional para professores, gestores *Fab Lab* e outros profissionais. O *Fab Education* oferece ensino técnico avançado através do *FabAcademy*. Este desdobramento do *Fab Lab* fornece instruções e supervisiona a investigação dos mecanismos, das aplicações e das implicações da Fabricação Digital.

Para abarcar esse novo paradigma da educação, os programas e serviços educacionais da Fundação (.edu)<sup>98</sup> propõem trazer ferramentas de Fabricação Digital e processos para as pessoas de todas as idades, ensinando as habilidades e difundindo conhecimentos de Fabricação Digital através do desenvolvimento de currículos para ambientes educacionais formais e informais.

Para Neil Gershenfeld (2014),

[...] no MIT cabem umas poucas milhares de pessoas, o planeta uns poucos bilhões. São várias ordens de grandeza, isto é mais um modelo de crescimento. Não é faça você mesmo, isto não é ensino `a distância. Isto é um aprendizado distribuído que é toda a rede *Fab Lab* como um campus.(...) A primeira classe que nós

<sup>98</sup> O *Fab Ed* é uma rede de colaboração para fornecer suporte à educação formal, assim como recursos para o desenvolvimento profissional dos professores e educadores. A colaboração *Fab Ed* é um esforço coordenado, liderado pelo *Fab Foundation*, o *Teaching Institute for Excellence - TIES* e o *Science, Technology, Enginery , Arts and Mathematics - STEAM*, que oferece ensino para a educação formal através do aprender, fazendo.

começamos ensinando era baseada no ‘*how to make almost anything*’ no MIT, mas outra coisa saiu dessa reunião. Hoje é que nós percebemos que 80% da infra-estrutura do *FabAcademy* não tem nada a ver com Fabricação Digital, tem a ver com *mentoring* (que pode ser entendido como aconselhamento ou treinamento) e *scale* (aumento exponencial do compartilhamento): a **distribuição da educação é de fato muito maior do que apenas a Fabricação Digital.**<sup>99</sup>

Nesta Tese, toma-se como exemplo os principais vínculos de alguns desses laboratórios e suas fontes de apoio e financiamento, reforçando o papel desses como políticas de interesse público estratégico no campo da inovação tecnológica. Ressalta-se que os *Fab Labs* têm uma característica em comum: um inventário de equipamentos; isso permite que qualquer projeto possa ser realizado em qualquer *Fab Lab*, em qualquer lugar do mundo.

A seguir, apresenta-se uma análise de experiências paralelas e pessoais da autora para o entendimento do modelo *Fab Lab* – MIT de aprendizagem cujo o dispositivo – a Fabricação Digital – atua como elemento de conexão e fortalecimento de habilidades tecnológicas e sociais. Estas atividades contribuíram para uma visão do fenômeno *Fab Lab* MIT.

#### 4.2.2 Encontros presenciais *Fab Lab* - a Conferência Fab10 – Barcelona, 2014

Figura 37 – Conferência Fab 10. 2014.



Desde 2003, o Centro *Bits and Atoms* representado pelo *Fab Lab* – MIT realiza um encontro anual dos *Fab Labs* espalhados pelo mundo, sendo sediado por diversos países. Trata-se aqui, em especial, a Conferência

<sup>99</sup> Neil Gershenfeld. Fab10, Barcelona. 2014.

Fab10 – *The 10th International Fab Lab Conference and Fab Festival* – Barcelona, em 2014 – que aconteceu na primeira semana de julho de 2014, comemorando dez anos de existência do *Fab Lab*.

Essas reuniões têm como objetivo ser um mapa vivo dos diversos laboratórios que se reúnem, com o interesse comum em trocar experimentos, capacidades e discutir os projetos que estão sendo realizados por pessoas conectadas em diversas cidades e países em todo mundo.

As conferências, também, abrigam uma feira de negócios e tecnologia que orbitam em torno da proposta *Fab Lab* de aprendizagem. Mesmo com esse caráter comercial, é importante notar que os *Fab Labs* se tornam agentes poderosos de disseminação de abordagens de questões locais, em um contexto de cooperação conectada globalmente. Percebe-se contextos e interesses reunidos, presencialmente, para discutir novas formas de ação e aprendizagem de habilidades tecnológicas e sociais.

Vários grupos se formaram, durante a Conferência de Barcelona, para discutir problemas e soluções, diferenças e similaridades, trabalhando intensamente durante toda o evento. Entre as diversas atividades: palestras e grupos de discussão, pode-se destacar o *Fab Kids – Fab Lab Kids: Experimental workshop on manufacturing digital educational toys* (EYCHENNE e NEVES, 2013), voltado para a iniciação das crianças em novos processos de aprendizagem cooperativa até estratégias de *crowdfunding* (financiamento colaborativo)<sup>100</sup>, que trata de estratégias para alcançar fundos de financiamento e sobre quais habilidades podem ser desenvolvidas através desse tipo de cooperação, por exemplo, entre países altamente desenvolvidos e comunidades de empreendedores locais em países mais pobres.

Como parte da Conferência Fab10, aconteceu o *Simpósio Fab City*, no dia 7 de julho de 2014, no *Disseny Hub*, Barcelona. Foi um evento de um dia,

---

100 disponível em <<http://www.fablabconnect.com/crowdfunding-campaign-tools-and-resources/>>. Acesso em 8/9/2017.

focado nos princípios, aplicações e implicações da Fabricação Digital, com foco especial em repensar o papel da tecnologia, da política e da sociedade no desenvolvimento de estratégias de auto-suficiência para cidades produtivas.

O Simpósio foi composto por quatro sessões de *keynotes* e uma seção de debates sobre pesquisa avançada em Fabricação Digital. Entre os temas debatidos, selecionamos os mais significativos:

- a) pesquisa avançada em Fabricação Digital;
- b) o papel da indústria e das empresas neste momento de mudança;
- c) o potencial impacto social das novas tecnologias;
- d) a governança da inovação e da tecnologia em cidades futuras.

Neil Gershenfeld, um dos idealizadores do *Fab Lab*, abriu a seção de debates apresentando o estado da arte da rede *Fab Lab* para os iniciantes: “o que é o *Fab Lab* e o que está à frente”. Gershenfeld abordou a revolução digital na fabricação “dos computadores, da comunicação até a Fabricação, do analógico para o digital”, apresentou um largo panorama de ações que são desdobramentos do avanço das técnicas de Fabricação Digital e que permite traçar paralelos com a pesquisa da autora dessa Tese.

De início, Gershenfeld posiciona o momento atual e o processo disruptivo desencadeado pelas tecnologias de Fabricação Digital. Afirma que não se trata apenas de computadores controlando máquinas: diferentemente do que ocorreu há cinquenta anos, hoje, trata-se da digitalização dos materiais da forma como se traz a informação digital para o mundo físico. Segundo Gershenfeld, bons exemplos do estado da arte dessas pesquisas saíram da conferência Fab10: “Há um mapa de pessoas controlando máquinas, de máquinas fazendo máquinas, de códigos e materiais à programação de materiais.”. Para Gershenfeld, ao se considerar os estágios para a compreensão da extensão do *Fab Lab*, tem-se o seguinte caminho a percorrer (GERSHENFELD, 2014),

O primeiro passo é a prototipagem rápida: prototipando máquinas; máquinas fazendo máquinas. É fácil fazer um projeto de máquina usando uma máquina. Mais do que máquinas, são coisas que se pode criar rapidamente com a tecnologia que se dissemina. O que torna possível na máquina é que a tecnologia torna fácil fazer máquinas. Tudo o que for interno da construção da máquina está disponível. Desse modo, o primeiro passo em direção ao *Fab Lab* é que você não compra um Fab Lab. *Fab Labs* fazem outros *Fab Labs*. O segundo passo está na digitalização dos materiais, em que os materiais estão se transformam em construção de códigos. Isso permite a detecção e correção de erros. É como nós fazemos com a comunicação, isso pode tornar um projeto funcional em um processo mais sustentável; isso é importante porque você pode fazer o lixo ir embora, porque você desconstrói e reconstrói, em direção à digitalização: não o design, mas o material. E no passo final, não é só digitalizar o material, mas programar materiais funcionais através de códigos.

Figura 38 – Conferência Fab 10. Disseny Hub. Barcelona, 2014.



Ainda segundo Gershenfeld, esses estágios nos levam ao exato paralelo entre o computador central, os minicomputadores, os computadores amadores e os PCs. (GERSHENFELD, 2014),

É esta história que nós estamos recriando, do *mainframe* da Fabricação como fábricas, dos minicomputadores de fabricação, esses são *Fab Labs* para máquinas que fazem máquinas, como *hobbyist computers* e termina com *Star Trek Replicators*, ou seja, coisas que fazem qualquer coisa a partir de átomos e isso é como o computador pessoal.

Para Gershenfeld, a fabricação pessoal ainda não está acessível ao público, “Serão necessários uns vinte anos de trabalho, mas aprendendo com a

história, nós estamos no exato momento histórico do nascimento da Internet por analogia.” (GERSHENFELD, 2014).

Figura 39 – Conferência Fab 10. Disseny Hub. Barcelona, 2014.



Gershenfeld trouxe também informações sobre a relação dos movimentos *Maker* e as políticas públicas propostas para os EUA. Nesse contexto, o CBA organizou uma feira *Maker* na Casa Branca, através de um *Fab Lab* móvel que foi colocado ao lado da janela do Salão Oval (GERSHENFELD, 2014),

Obama gastou um bom tempo e insistiu que aquilo era importante: ‘eu quero fazer isso!’. A administração Obama viu o que está acontecendo no *Fab Lab* como os PCs, não era só um brinquedo, isso realmente está inventando uma nova economia. Isto está realmente reescrevendo como a economia funciona. A experiência da feira *Maker* – como essa levou a uma legislação no Senado, como uma carta para um rede nacional de *Fab Labs* como sendo um interesse nacional, e isto está sendo escrito de um modo interessante, como uma parceria público-privada. Não é apenas um jeito de gastar dinheiro, mas é um modo de endossar como um interesse nacional, como uma nova noção de um laboratório nacional que é uma rede conectada e laboratórios locais.

Há muitas e diferentes razões pelas quais essa parceria público-privada está sendo feita. Essa rede nacional está diretamente ligada à economia. Segundo Gershenfeld, um exemplo é o laboratório criado na Dinamarca, que contabiliza um impacto de 370 milhões de Euros, em dez anos, e mil empregos gerados em um *Fab Lab* (GERSHENFELD, 2014),.

Durante a Conferência, que é um movimento em constante crescimento, foram criadas novas plataformas de negócios, portais, que não são

construídos de cima para baixo e ninguém está no comando: Para Gershenfeld isso implica que os grupos de discussões podem parecer um pouco confusos.<sup>101</sup>

Apresenta-se, no final deste capítulo, exemplos de *Fab Labs* em todo mundo. Através deles pode-se destacar as diferenças e similaridades.

Figura 40 – Pavilhão - Conferência Fab 10. Disseny Hub. Barcelona, 2014.



---

<sup>101</sup> Um desses novos portais, desenvolvidos durante a conferência, foi o *Fab Economy*, que integra diversos portais de negócios. Diz respeito à criação de um novo paradigma econômico para todos, em que são consideradas as necessidades locais e o fenômeno da personalização tomando o lugar da produção em massa e da distribuição global. *Fab Labs*, juntamente com empresas e organizações, podem trabalhar juntos para alcançar o objetivo de fornecer soluções locais para problemas globais, graças a uma rede interligada de pessoas e de conhecimento. A exemplo do *Danish Fab Lab*, que conta com uma infraestrutura para a atividade econômica.

Há um terceiro portal de documentação, o *Fab Share.org*, criado durante a conferência, dirigido por Hiro Tanaka, do Japão, que está classificando e documentando a produção dos *Fab Labs*. Trata-se de um portal de documentação, um lugar em comum para se compartilhar designs e documentações de todas as diferentes atividades. O objetivo é reunir a comunidade *Fab Lab* num *WebSpace*, para compartilhar projetos, fornecer um arquivo para a rede e colaborar. O *FabShare.org* fornece um catálogo de projetos publicados na rede de laboratórios de fabricação.

#### 4.2.3 Experiências *Fab Lab*: formas de apropriação e cooperação em contextos mundialmente diversos

O modelo *Fab Lab* tem se espalhado pelo mundo em experiências variadas, as quais apresentam uma grande diversidade, relacionadas ao contexto sócio-cultural e econômico de onde são implantados. Os *Fab Labs* têm diferentes formas de estruturação, de funcionamento e de financiamento. Elegeu-se alguns exemplos para dar ênfase ao seu formato: a diferença entre países que se destacam pelo alcance de suas ações e em algum grau de similaridades e diferenças com o que vem ocorrendo hoje no Brasil. A pesquisa mostra como estes *Fab Labs* dependem de uma política de implantação que os absorva, fazendo com que os mesmos venham a absorver as características e servir às necessidades do seu entorno, funcionando, desse modo, como catalisadores.

Deste modo, foram selecionadas algumas experiências de *Fab Labs* pelo seu alcance público e social. Isto tem muito a dizer sobre o elo que se busca encontrar nesta Tese sobre a Fabricação Digital: o fazer, a cooperação, a busca da junção entre o material e o intelectual<sup>102</sup>, mas também, e principalmente, como apoio do Estado e mudanças curriculares na educação formal. As fontes de financiamento e apoio são mais expressivas no sentido de dar aos laboratórios suas características, aumentando seu poder de inclusão nas ações mais significativas e relevantes para as comunidades em que estes estão inseridos.

Todos os *Fab Labs* são exemplos de como a inovação tecnológica pode e deve estar em consonância com as necessidades sócio-culturais mais prementes. O Design e a Arquitetura têm um envolvimento significativo nessas experiências, habilitando as mesmas como referência importante para a inovação no mundo e também no Brasil. Porém, o que mais importa é a maneira como cada local reflete a especificidade da formação de redes de

---

<sup>102</sup> Uma outra forma de abordar a rede *Fab Lab* é apontado por Heloísa Neves, diretora executiva do WE Fab e pioneira em experiências ligadas ao *Fab Lab* – MIT no Brasil. Para Neves, há basicamente quatro modelos de *Fab Lab*: Modelo Profissional; Modelo Misto; Modelo Educacional e Modelo Público. (EYCHENNE e NEVES, 2013)

solidariedade que vão desde pesquisas fomentadas por institutos e fundações, que pensam a inovação social e econômica atrelados ao ensino e ao fazer colaborativo, como na escala também das escolas e universidades, pensando a interconexão das pesquisas e do conhecimento e reflexão sobre a técnica como meio de atingir a coletividade e as necessidades mais prementes de cada local.

Tomando como exemplo algumas experiências Fab Lab realizadas em outros países, busca-se traçar paralelos com experiências brasileiras. Desse modo, identifica-se formas de ação e financiamento que habilitem a levar, no contexto do modelo Fab Lab, a uma apropriação crítica que seja pertinente para os aspectos sociais, econômicos e culturais brasileiros, não apenas na capacitação para o empreendedorismo, mas como ferramenta para o compartilhamento de conhecimentos, experiências através do desenvolvimento de habilidades dialógicas e da cooperação.

Os exemplos escolhidos são:

- a) *Fab Lab Manchester*;
- b) *Fab Lab – Vestmannaeyjar*;
- c) *Grupo uAbureau*;
- d) *FabLab – Amsterdam*;
- e) *Fab Lab Barcelona*.

Destas experiências acredita-se que o primordial seja a percepção de que o ambiente de entorno dos laboratórios – social, cultural, de pesquisa e de vínculo com as comunidades locais, juntamente com o ambiente de compartilhamento que se abre para trocas entre campos diversos do conhecimento em várias escalas e níveis, locais e globais – faz do Fab Lab um paradigma pedagógico propício às múltiplas adaptações que o mesmo tem sofrido ao longo do crescimento desta rede em níveis mundiais e exponenciais. Acredita-se que ideia de inventário compartilhado, de repositório de pesquisas e ações, de formas as mais diversas de lograr recursos dando exemplos notáveis de fundações públicas de inserção social,

pode ultrapassar o acanhamento e o comprometimento de um modelo inicial de franquia. É um bom exemplo para criar redes próprias para o estímulo do intercâmbio entre nossas universidades públicas, a sociedade e universos *Maker* paralelos.

#### 4.2.3.1 Fab Lab Manchester

O *Fab Lab Manchester* foi o primeiro laboratório da rede MIT criado na Comunidade Européia. Sua criação se deu em uma região marcada pela decadência econômica fruto das reestruturações dos modos de produção capitalista. Manchester é reconhecida como o centro da 1. Revolução Industrial conhecida como *cottonopolis*, uma cidade marcada como maior centro da troca global da indústria têxtil. Se em um primeiro momento Manchester exportava matéria têxtil, em um segundo momento a região passou a exportar o maquinário da indústria têxtil. Esse foi o marco para o início do fim da era de protagonismo internacional de Manchester. Na década de 1980, o centro da indústria têxtil mundial se tornou o centro da cena musical formada por uma geração de jovens desempregados e existencialistas que transformou novamente o centro decadente. A partir da década de 2000, uma nova fase de transformações culturais aparece com a ocupação dos antigos armazéns da 1. Revolução Industrial por *shoppings centers* e espaços de *web companies*, *games developers* e estúdios gráficos. E, foi dentro deste novo repertório emergencial, que se instalou o Fab Lab. Este *Fab Lab* recebeu financiamento do *Manufacturing Institute*<sup>103</sup>, que é uma organização independente a fim de levar a cabo projetos de promoção da inovação (ANDERSON, 2012).

#### 4.2.3.2 Fab Lab – Vestmannaeyjar

Na Islândia, o contexto cultural e econômico é marcado por outras características. O primeiro *Fab Lab – Vestmannaeyjar* – foi criado em 2004 e até o momento a Islândia possui cinco *Fab Labs*. O foco principal do laboratório *Vestmannaeyjar*, em particular, tem sido a educação nas escolas

---

<sup>103</sup> *Manufacturing Institute*. Disponível em <https://www.manufacturinginstitute.co.uk/>. Acesso em 8/5/2017.

do ensino fundamental e secundário de uma pequena comunidade de pescadores no sul da Islândia. O FabLab *Vestmannaeyjar* é administrado pelo *Innovation Center Iceland* (Gislason, 2013).

O *Innovation Center Iceland*<sup>104</sup> tem papel importante na economia islandesa, incentivando a inovação e promovendo o desenvolvimento de novas ideias, proporcionando a participação ativa e apoiando empreendedores e empresas. O Centro de Inovação da Islândia pertence ao Ministério da Indústria e da Inovação e opera de acordo com a lei de apoio do governo para tecnologia, pesquisa, inovação e indústria. A interação entre consultoria tecnológica e apoio às empresas é a maior força do Centro de Inovação da Islândia. Neste modelo está transparente a noção de que o Fab Lab está inserido dentro de uma política pública comunitária com foco na educação.

#### 4.2.3.3 Grupo uAbureau

O grupo *uAbureau* promove experiências de laboratórios de Fabricação em rede, dedicadas especialmente à Arquitetura. Trabalha como um estúdio colaborativo internacional de urbanistas, arquitetos, construtores, designers e artistas de vários países como o Colômbia, a Espanha e o Canadá. Trabalhando em um modelo novo de intervenção entre a tecnologia e a construção envolvendo o urbanismo e a arquitetura na divulgação de projetos participativos. Assim (SIGFUSSON, 2017):

O *uAbureau* é um estúdio de design colaborativo internacional composto por uma equipe dinâmica de urbanistas, arquitetos, designers, artistas e construtores da Espanha, Canadá e Colômbia, trabalhando em várias escalas, da pesquisa urbana ao desenvolvimento material de protótipos, envolvendo o setor industrial e o universo acadêmico, para promover e divulgar projetos de design e construção participativos. O *uAbureau* pode ser descrito como uma rede 'em nuvem' global, dirigido a um novo território disciplinar na intersecção do urbanismo, arquitetura, construção e tecnologia.

O *INSITU* foi criado em 2011, pelo *uAbureau*, para implementar projetos que investigam o desenvolvimento informal das cidades, seus espaços urbanos

---

<sup>104</sup> SIGFUSSON, Thorsteinn I. , Centro de Inovação da Islândia. Disponível em: <http://www.nmi.is/english>. Acesso em 22/set/2017.

não-consolidados e seus processos de autoconstrução. Seu objetivo central consiste em explorar como o sistema ecológico e os ambientes sociais da cidade podem ser fundidos para criar novas e imprevistas paisagens. Através de uma série de *workshops* em cursos, palestras e eventos, o programa é destinado a estudantes, a profissionais e a comunidades que trabalham em Arte, Arquitetura, Design e suas áreas afins. O *uAbureau* mantém uma agenda focada no quadro cultural que incorpora o ambiente construído, através da divisão em departamentos. Segundo seus responsáveis (Brazil e Waissbluth,2014), os departamentos são divididos de acordo com os seguintes princípios:

- a) fabricação integrada<sup>105</sup>;
- b) pessoas fazem lugar<sup>106</sup>;
- c) tecnologias interativas<sup>107</sup>
- d) espaços produtivos<sup>108</sup>.

---

<sup>105</sup> “para mover-se além do processo linear do design, até a construção, aplicando rigorosamente o desenvolvimento de bottom-up, a partir de processos materiais, como a sua diretiva conceitual central; para criar uma rede descentralizada de fabricação, de construção e de especialistas em edificações; e para desenvolver o processo de concepção e de fabricação in-situ (no sítio), o quanto possível, criando desse modo um processo contínuo de investigação”.

<sup>106</sup> para explorar as implicações espaciais e urbanas de mudanças políticas, econômicas e identidades culturais, utilizando as redes de ensino e pesquisa; para desenvolver novos métodos na prática arquitetônica, por meio da interdisciplinaridade cultural, da tática de rede, do planejamento urbano participativo e da aquisição de projetos estratégicos; para criar um ambiente associativo e cooperativo, que desenvolva conceitos e estratégias para projetos de “ação urbana”. Tais intervenções são implementadas por meio de eventos públicos, *workshops*, performances e exposições, que abordam questões urbanas, espaciais e de fabricação

<sup>107</sup> “para colocar o “humano” no centro de uma abordagem ‘sensorial’ do design com as novas tecnologias, de forma a investigar sistemas de código aberto de *streaming* de dados, desenvolvimento de redes sociais e aumento da acessibilidade para Tecnologia da Informação Comunicação (TIC); para criar situações entre fontes de dados e meios de comunicação sociais, que conectam influências díspares com ações locais em contextos pessoais e coletivos do ambiente construído”.

<sup>108</sup> para adaptar redes urbanas de economias materiais existentes, através da implementação de espaços (restritos) de produção em laboratórios de fabricação, *maker + hacker spaces*; para capacitar e fortalecer os cidadãos a se tornarem tanto produtores quanto distribuidores, baseado numa modalidade emergente de industrialização, decorrente da proliferação da fabricação digital distribuída globalmente através da web; para implementar uma abordagem de múltiplas escalas que fortaleçam a experiência humana, através de intensivas atividades de conhecimento na escala comunitária; para

Outro projeto significativo desenvolvido pelo *uAbureau*, é o *The Floating Fab – Amazon*. Este projeto é uma iniciativa para a criação de um laboratório de Fabricação Digital, que irá navegar pelo rio Amazonas. Ele irá fornecer às comunidades locais acesso a ferramentas tecnológicas que lhes permitam lidar com seus desafios diários como água, energia, saúde, alimentação, educação e, ao mesmo tempo, servir como um local para pesquisa e desenvolvimento para melhor compreender a Amazônia. Segundo seus idealizadores (ENGLE, 2016), “Por ser um pulmão verde do mundo, a Amazônia é o cenário ideal para explorar soluções alternativas em favor de uma indústria responsável e sensata e integrada aos desenvolvimentos locais e globais.”. O programa propõe, ainda, a integração de esforços para a população local (especialmente crianças) expandir suas oportunidades de acesso a programas de inovação tecnológica e social (ENGLE, 2016):

O território mais rico do Planeta, tanto em biodiversidade e do multiculturalismo, a Amazônia, é um dos mais afetados pelo aquecimento global e a exclusão social. O desmatamento, extinção de espécies e culturas ameaça a Amazônia, onde a maioria da população não tem acesso à educação e serviços públicos básicos. Há um desejo de desenvolver projetos para melhorar a conservação e desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e culturais

#### 4.2.3.4 *FabLab* – Amsterdam

Outro exemplo significativo para esta Tese é o *FabLab* – Amsterdam. Fundado em 2008 sob a liderança de *Waag Society – Institute for Art, Science & Technology*<sup>109</sup>, uma organização sem fins lucrativos no campo da inovação social através da tecnologia criativa. O *Waag Society* abriga e fomenta a apropriação da tecnologia para comunidades, um grupo da comunidade ou uma organização. As instalações são disponibilizadas pelo

---

responder ativamente à localização e às economias locais de produção na escala de bairro e investigar novos metabolismos urbanos de infraestrutura, fluxo e crescimento na escala da cidade”

<sup>109</sup> Disponível em <http://waag.org/en>. Acesso em 8/5/2017.

município de Amsterdam<sup>110</sup>. O público é constituído principalmente por designers e estudantes de design.

O *Waag Society* é um ambiente muito mais amplo para a criação e compartilhamento do conhecimento e inovação. Abriga, por exemplo, o *Waag Research* que compreende seis laboratórios de pesquisa, nos quais a pesquisa criativa, atividades e projetos do *Waag Society* são realizados. O *Waag Society* reúne um grupo de pesquisadores, designers e desenvolvedores, organizados em torno de um tema de pesquisa relacionado com evoluções sociais relevantes. Além disso, o *Waag Research* usa o método “Usuários como Designers” para a investigação. Artistas e pesquisadores em programas de Residência que conectam artistas e pesquisadores internacionais proeminentes através desses laboratórios.

Os laboratórios do *Waag Research* são:

- a) *Creative Care Lab of Waag Society*<sup>111</sup>;
- b) *The Future Heritage Lab*<sup>112</sup>;
- c) *FutureLab Internet*<sup>113</sup>;

---

<sup>110</sup> O Laboratório é aberto dois dias por semana (terça-feira e quinta-feira) durante o qual o uso das máquinas é gratuito (*open day*). Em troca, os usuários devem documentar seus projetos. Os outros dias da semana são reservados para *workshops* e desenvolvimento de projetos. O *Fab Lab* recebe financiamento para aos dias abertos da comunidade através da *Waag Society*. Esta é a metade de seu orçamento. A outra metade vem de oficinas, clientes *Fab Lab* durante os dias fechados, e o empréstimo de seu equipamento. Os gastos são atribuídos, principalmente à remuneração dos funcionários.

<sup>111</sup> Tem como objetivo fortalecer o campo da saúde com o conhecimento sobre o uso criativo e inovador de mídias modernas e TICs. O *Creative Care Lab* foca em questões de design para saúde. O *Creative Learning Lab* é um laboratório de desenvolvimento e pesquisa que procura uma conexão entre a percepção dos jovens e os desejos de professores.

<sup>112</sup> Concentra-se em práticas patrimoniais inovadoras: como fazer - sociais, sensor e móvel - infraestruturas de rede e dispositivos interativos para ajudar a criar novas conexões entre instituições de patrimônio e o público.

<sup>113</sup> Examina o impacto da evolução tecnológica e do desenvolvimento da Internet na sociedade, no sentido mais amplo possível. O laboratório trabalha com a premissa de que o acesso às informações é valioso e que todos devem ser capazes de acessar e controlar as suas próprias informações. Um dos principais interesses é fazer e manter a Internet acessível a todos, em seus próprios termos, desde governos até as crianças, para os idosos e desenvolvedores.

d) *Open Design Lab*<sup>114</sup>;

e) *Open Wetlab*<sup>115</sup>;

f) *Waag Academy*<sup>116</sup>.

#### 4.2.3.4 IAAC e o *FabLab* Barcelona

Outro centro importante para a difusão de novas abordagens para a constituição de uma Arquitetura na era digital é o Instituto de Arquitetura Avançada da Catalunha - IAAC. Segundo seus responsáveis<sup>117</sup>:

[...] o IAAC é um centro de educação e pesquisa dedicado ao desenvolvimento de arquitetura que se propõe enfrentar os desafios em todo o mundo em relação à construção de habitabilidade no início do século 21. O IAAC é uma plataforma para o intercâmbio de conhecimentos com professores e alunos de mais de 35 países, incluindo EUA, China, Índia, Polônia, Itália, México e Sudão.

Os alunos trabalham simultaneamente em múltiplas escalas (cidade, construção e fabricação) e em diferentes áreas de atuação (ecologia, energia, Fabricação Digital, novas tecnologias). O *Fab Lab* Barcelona foi o primeiro laboratório de fabricação espanhol e um dos primeiros da rede Fab Lab. O Laboratório localizado dentro da IAAC é financiado pelo IAAC e pelo governo de Barcelona (EYCHENNE e NEVES, 2013).

<sup>114</sup> O propósito é capacitar as pessoas para fazer e entender produtos e processos através de uma maior transparência. Desenvolve ferramentas de acesso ao conhecimento, abrindo os meios de produção, para uma melhor distribuição, criando plataformas de comunidade para o compartilhamento, aumentando a colaboração.

<sup>115</sup> Concentra-se nas ciências da vida; no design e na ética da vida. Esse laboratório propõe o envolvimento da indústria, de artistas e de designers. Envolve também as forças políticas e o público, colocando em prática (*hands-on*) a formação da biotecnologia, bem como, o que a biotecnologia cria.

<sup>116</sup> São desenvolvidos currículos para todos os níveis de educação: desde a escola primária às universidades e escolas de arte. Junto com seus parceiros na educação, o setor cultural e criativo, negócios e ciência, fazem um programa acadêmico de inovadores sociais: pensadores originais que são capazes de fazer conexões entre as disciplinas e para construir redes em que há espaço para a inovação do conhecimento. O *Waag Academy* adapta programas educacionais - com foco na compartilhamento do conhecimento”.

<sup>117</sup> Instituto de Arquitetura Avançada da Catalunha – IAAC. Disponível em: <https://iaac.net/iaac/about/>. Acesso em 8/5/2017.

Um dos projetos de maior repercussão do IAAC para a arquitetura foi o *Fab Lab House – Solar Decathlon Europe 2010*, Barcelona + Madrid, Espanha. O projeto nasceu da colaboração entre pesquisadores de diversos países: James Brazil, Nicholas Weissbluth, Melat Assefa, Fabio Lopez, Vicente Guallart, Neil Gershenfeld, Daniel Ibanez e Rodrigo Rubio. O *FabLab House* é uma casa auto-suficiente realizada por um consórcio de organizações e empresas liderado pelo IAAC, o Centro de Bits e Átomos do MIT e o Laboratório Global de Fab rede. O objetivo era criar uma casa solar integral com as tecnologias avançadas de Fabricação Digital, com um investimento mínimo:

O *Fab Lab House* não é simplesmente uma caixa com painéis solares em seu telhado; sua estrutura física é integrada com a sua produção de energia e gestão da informação. O *Fab Lab House* é uma estrutura única que explora um processo de design, fabricação e construção; quer olhar para além da prática linear tradicional. É um projeto que demonstra as capacidades das tecnologias de hoje. O *Fab Lab House*, desenvolvido com um design aberto, pode ser fabricado com materiais locais em qualquer lugar do mundo. Sua forma orgânica, que responde diretamente ao seu ambiente, pode ser produzido usando sistemas industriais avançados que permitem que cada habitação possa ser feita sob medida para seus usuários. O espaço interior é um loft multifuncional para trabalhar e descansar, equipado com a tecnologia da informação para produzir conhecimento e conectar-se ao mundo.<sup>118</sup>

Figura 41 – Fab Lab Home. Barcelona Pavilhão - Conferência Fab 10. Disseny Hub. Barcelona, 2014.



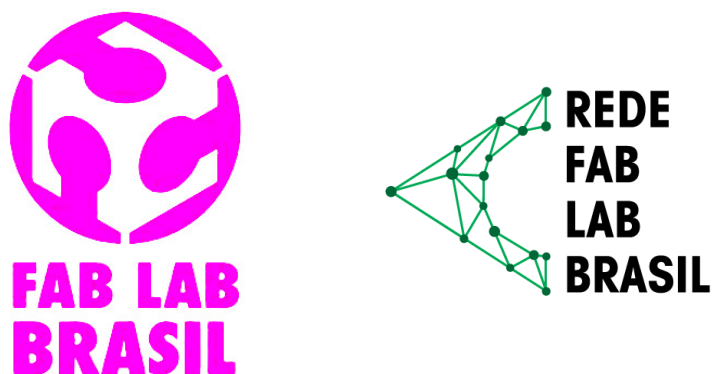
<sup>118</sup> *Fab Lab House*. Disponível em <http://www.fablabhouse.com/en/>. Acesso em 8/5/2017.

#### 4.2.4 Experiências brasileiras com o modelo Fab Lab

Como parte das atividades da pesquisa desta Tese, buscou-se analisar os propósitos, as atividades e as fontes de financiamento dos *Fab Labs*. Com essa finalidade, foram visitados alguns *Fab Labs* da Região Metropolitana de São Paulo na busca por exemplos relevantes. Os laboratórios visitados, cada um deles com identidade e características próprias, foram:

- a) Garagem *Fab Lab*;
- b) *Fab Lab* Jóquei Clube<sup>119</sup>;
- c) Porto Seguro *Fab Lab*;
- d) *Fab Lab* Olido;
- e) We Fab;
- f) *Fab Lab* Sesi.

Figura 42 – Logomarca Fab Lab Brasil.



Para servir de mapa dos laboratórios brasileiros, tomou-se como contribuição o trabalho desenvolvido pela Rede *Fab Lab* Brasil. O site de informações da Rede *Fab Lab* Brasil apresenta os seus propósitos:

Pretende ser um ponto de conexão entre os *Fab Labs* do Brasil. Facilitar a troca de informações/projetos entre a comunidade *Fab*

<sup>119</sup> *Fab Lab* Olido e o *Fab Lab* Jóquei Clube fazem parte da rede *Fab Lab* Livre da prefeitura de São Paulo, SP.

*Lab* no país. Introduzir e incentivar as boas práticas nos *Fab Labs* brasileiros de acordo com os princípios da *Fab Foundation*. Estimular a rede *Fab Foundation* a reconhecer práticas que façam sentido aos *Fab Labs* brasileiros. Democratizar o acesso a ferramentas de prototipagem digital. Construir e mapear os *Fab Labs* brasileiros, *makerspaces* e amigos da Rede *Fab Lab* Brasil e promover os *Fab Labs* para a comunidade brasileira, através de vários canais.<sup>120</sup>

O Garagem *Fab Lab* foi o primeiro *Fab Lab* brasileiro independente. Inaugurado em 2013, foi criado com recursos próprios como empreendedorismo social. Além de possuir o inventário básico de equipamentos, o Garagem está ligado a uma oficina de marcenaria - o Oficina Lab - o que o diferencia e o qualifica diante dos outros *Fab Labs*. Atualmente é uma Associação sem fins lucrativos. Surgiu com o objetivo de fomentar a aprendizagem e o acesso a tecnologias que eram limitadas apenas para produção em massa, estimulando o desenvolvimento de projetos apoiados na filosofia do “Faça Você Mesmo”.

Seus fundadores o consideram como uma rede de profissionais, entusiastas, artistas, estudantes, empreendedores e professores que têm em comum o interesse pela criação colaborativa e pelas potencialidades da Fabricação Digital, eletrônica e programação aliadas à marcenaria e outras técnicas *low tech*. Além dos cursos de formação, dos planos mensais e do aluguel das máquinas, o Garagem *Fab Lab* busca o diálogo e a parceria com outros *makers*, escolas, universidades, empresas e governos através de projetos integrados.

O *Fab Lab* USP foi o primeiro laboratório de Fabricação Digital Brasil filiado à rede internacional liderada pelo *Center for Bits and Atoms* do MIT, vinculado a uma universidade pública. É situado no Laboratório de Modelos e Ensaios (LAME), da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP). Inaugurado em dezembro de 2011, funciona como uma plataforma de ensino e pesquisa, aberta aos alunos de graduação e pós-graduação de áreas como Arquitetura, Design, Artes, Física e Engenharia,

---

<sup>120</sup> Rede *Fab Lab* Brasil. Disponível em <<http://redefablabbrasil.org/>> . Acesso

permitindo a produção de projetos interdisciplinares de pequena e grande escala. São desenvolvidas, também, atividades de extensão universitária, como eventos, cursos, exposições e *Open Days*.

O *Fab Lab School* – Sesi-SP pertence à rede *Fab Lab* – MIT e visa ligar as práticas e princípios globais, adaptando-os à realidade brasileira e colaborando com outros laboratórios. Pode-se encontrar, neste laboratório, um ambiente que propicia o conhecimento e a experimentação, conectando-se aos princípios de uma educação que se alinha com os propósitos da aprendizagem transdisciplinar do século XXI. Em entrevista com os coordenadores do Programa de Ensino/Aprendizagem do Sesi – ensino Fundamental e Básico, como também o ensino Técnico e de Capacitação de Educadores, os mesmos argumentaram que diante da expressiva mudança das formas de aprendizagem ativa, o Sesi promoverá a criação de mais de cento e noventa novos *Fab Labs* Sesi, para além de capital de São Paulo, em todo o País. Este projeto faz parte da “modernização” da indústria brasileira, da mão de obra para compor a mesma e do projeto de empreendedorismo como aporte para as mudanças econômicas e sociais e de trabalho em curso também no Brasil. É um exemplo de expansão da rede *Fab Lab* voltada para as mudanças de mercado e da economia.

A rede *Fab Lab* registra a participação (até o momento) de vinte laboratórios credenciados em todo Brasil pela rede MIT. São eles, com seus atuais endereços de email:

- a) Brasília *Fab Lab*, Brasília, DF (contato@brasiliaFabLab.com.br);
- b) *Fab Lab* Belém, Belém, PA (contato@FabLabbelem.org);
- c) *Fab Lab* Cuiabá, Cuiabá, MT (FabLabcuiaba@gmail.com);
- d) *Fab Lab* Curitiba, Curitiba, PR (hello@FabLabcuritiba.com.br);
- e) *Fab Lab* Escola Sesi SP, São Paulo, SP (macorin@sesisp.org.br);
- f) *Fab LAB* Facens, Sorocaba, SP (FabLab@facens.br);
- g) *Fab Lab* Floripa, Florianópolis, SC (FabLabfloripa@gmail.com);

- h) *Fab Lab* Fortaleza, Fortaleza, CE  
(contato@FabLabfortaleza.com);
- i) *Fab LAB* Newton, Belo Horizonte, MG  
(FabLab@newtonpaiva.br);
- j) *Fab Lab* Recife, Recife, PE (redes@FabLabrecife.com);
- k) *Fab Lab* SP, São Paulo, SP (FabLab.usp@gmail.com);
- l) *Fabrique Lab*, Porto Alegre, RS;
- m) *Garagem Fab Lab*, São Paulo, SP (info@garagemFabLab.com);
- n) *Insper Fab Lab*, São Paulo, SP (FabLab@insper.edu.br);
- o) *Olabi*, Rio de Janeiro, RJ (comunidade@olabi.com);
- p) *POALAB*, Porto Alegre, RS (andre.peres@poa.ifrs.edu.br);
- q) *PortoFabLab*, São Paulo, SP  
(portoFabLab@espacoculturalportoseguro.com.br);
- r) *PRONTO3D*, Florianópolis, SC (pronto3d@gmail.com);
- s) *Senai Fab Lab*, Rio de Janeiro, RJ (mogawa@firjan.org.br).

#### 4.3 ASPECTOS CONCLUSIVOS: – INOVAÇÃO SOCIAL VERSUS EMPREENDEDORISMO

Neste capítulo, busca-se enfatizar duas formas pelas quais a Fabricação Digital tem ganhado campo como estratégia pedagógica de ensino, tendo em vista a inegável capacidade da mesma desvelar-se, em todos os campos do conhecimento, além de um fato disruptivo para a economia, uma proposição para a sociedade e para o meio científico repensar seu ideal de progresso técnico como um caminho único e inevitável de globalização.

Tratou-se de dois modelos de aprendizagem em que a Fabricação Digital mostra a sua capacidade de romper a distância entre o digital e o material, entre a representação projetual que separa o pensar e o fazer, o intelectual do manual, e as capacidades construtivas do aprender fazendo.

Foi abordado o modelo da *Architectural Association Visiting School – AAVS – São Paulo High-Low*, valendo-se de um ponto de vista empírico, através da

participação da autora desta Tese no *isiting school*. A partir dessa experiência, a autora pode avaliar alguns aspectos, tais como:

- a) o modo como as teorias do design digital, de pesquisadores como Rivka Oxman e Achim Menges, assim como o pensamento do arquiteto e teórico de Stan Allen que têm sido exploradas como metodologias de ensino e prática da arquitetura em seu retorno à materialidade;
- b) as estratégias de divulgação do modelo didático da AA;
- c) a metodologia e os esforços na construção de uma mentalidade que pretende ser globalizada ao estabelecer os modelos que demarcam o estado da arte da Fabricação Digital em sua expressão mais atualizada.

Acredita-se que as proposições do *workshop* sejam de grande importância para a renovação do pensamento e da prática arquitetônica no Brasil. São proposições que podem reverberar para o retorno do arquiteto aos canteiros como uma visão de processo continuado de projeto, aberto às condições do campo; condições sociais, culturais e econômicas, em que a imprevisibilidade é vista como capacidade contínua da prática arquitetônica em oferecer soluções não apenas formais, mas baseadas no seu contexto local e emergencial. No entanto, a metodologia e os propósitos da aprendizagem devem antepor-se aos conteúdos e às apropriações das inovações para não se tornarem meros reprodutores de experiências não vivenciadas e, portanto, com caráter de vanguarda expansionista de conceitos e formas arquitetônicas com forte viés colonialista, em que os modelos dos centros irradiadores são apenas aplicados às periferias que os absorve.

A Arquitetura que emerge das análises teóricas, dos desdobramentos das técnicas e da prática da Fabricação Digital da AA tem, em grande parte de seu sucesso, a construção do desejo da Arquitetura *High-Tech*, a qual tem como estratégia a exportação da agenda dos grandes centros como expertise tanto teórica quanto tecnológica dessa vanguarda da arquitetura e da Fabricação Digital.

Apesar do conteúdo e das pesquisas serem calcados nas teorias do design dos materiais, no qual o discurso e os objetivos são de aproximação da Arquitetura do fazer contínuo e aberto, a metodologia do AA se impõe como modelo de vanguarda globalizada, indiferente aos contextos sociais e econômicos de cada localidade. Por outro lado, o tipo de oficina oferecida pela AA em São Paulo, em 2011, é uma demonstração de performances e saberes pouco compartilhados, que parecem assegurar a “fonte do conhecimento” a poucos: como forma de controle/empoderamento dos jovens estudantes de arquitetura. Esse modelo parece seguir a lógica um para todos típico da cultura de massas e da premissa da alta competitividade.

Encontra-se em muitas destas assertivas não apenas o “espírito expansionista” e a crença nessa tecnologia disruptiva, mas também o viés utilitarista e pouco crítico da apropriação tecnológica. Vale, portanto, a lembrança das reflexões de Feenberg acerca do caráter de não neutralidade presente no próprio design da tecnologia, assim como o questionamento sobre quais são os propósitos das grandes corporações no incentivo a tais inovações tecnológicas.

Verifica-se, também, que é nítido nesse tipo de modelo pedagógico uma hegemonia do ideário neoliberal. A fantasia do indivíduo – no caso dos arquitetos – como “empreendedor de si mesmo” (CHAUÍ, 2017) e da meritocracia como conquista individual diante da competitividade do mercado capitalista. O ambiente propiciado pelo curso é um exemplo claro. De acordo com Marilena Chauí (2017),

A grande privatização neoliberal não é da privatização das grandes empresas estatais, mas a transformação dos direitos sociais em serviços. Feito isto, é preciso uma ideologia que diga que isso é bom; a ideologia neoliberal: cada indivíduo é um investimento que a família faz. Cada indivíduo é uma empresa; um empresário de si mesmo. Esse empresário de si mesmo tem que ter um “*plus*”: diploma, seguro saúde, seguro de aposentadoria, MBA, terno completo, gravata e corte de cabelo. Ele é portador de um conjunto de elementos que garantem que ele não vai ser despesa para a empresa e vai competir com os outros empresários de si mesmos que vai negociar com uma empresa maior. Meritocracia/empreendedorismo/individualismo levado ao ponto máximo, pois cada um é uma empresa: desencargo por parte do Estado e da empresa.

Acredita-se que o modelo AA aponta para novos valores estético e técnicos, para a abertura de um mercado a ser explorado, não apenas pela maquinaria mas sobretudo pelas novas expressões arquitetônicas. Porém, o que pode vir a ser mais problemático é a apropriação utilitarista e neutra destas novas tecnologias que desconsidera o questionamento e a crítica à submissão das culturas locais diante do repertório dos especialistas globalizados e tratados com reverência pela vanguarda do campo da Arquitetura enquanto disciplina e campo do saber. Esta preocupação nos levou à crítica da metodologia da AA.

Trata-se, em um segundo momento, do modelo *Fab Lab* MIT como um exemplo de apropriação da Fabricação Digital como metodologia de ensino inovador para a transdisciplinaridade e como paradigma pedagógico do aprender fazendo, baseado na expansão dos movimentos de contracultura *Maker* e em uma cultura de compartilhamento, cujo vetor é a Fabricação Digital. Neste segundo modelo pedagógico, a metodologia de aprendizagem da Fabricação Digital, surgido como disciplina através de vários programas, tem como lema o compartilhamento global e a produção local.

Vê-se, como positivo, o entendimento de que se pode acessar o conhecimento produzido no campo da Fabricação Digital através da cooperação e do compartilhamento via Internet. Das experiências e das ações que têm sido realizadas em escala global – a partir de experiências entre diferentes demandas e diversos contextos locais – pode-se superar os conceitos de “assimilação periférica” e de “aplicação de conhecimentos”, tanto no campo acadêmico quanto na prática. O modelo *Fab Lab*, apesar de ser um modelo de expertise, se abre à interferência local, uma vez que os laboratórios vão se instalando nos diversos países, incorporando e sendo absorvidos pela cultura de cada lugar. Outro aspecto é o espírito de compartilhamento e colaboração, que se estabelece como regra na qual todos se comprometem em compartilhar suas pesquisas e seus experimentos – em uma postura que imprime em suas experiências certo grau de competitividade, mas de grande compartilhamento – em uma relação de muitos para muitos, característica da cultura das mídias. Com o suporte de conhecimento compartilhado por todos os laboratórios *Fab* – MIT, a rede

*Fab Lab* cria um ambiente propício ao compartilhamento, levando a uma crescente necessidade de construir habilidades dialógicas e sociais que vão muito além do aprendizado tecnológico: vão em direção a uma aprendizagem ativa.

Este modelo tem sido adotado por várias escolas de Arquitetura de todo o mundo, inclusive no Brasil e vários países da América Latina, valendo-se do pensamento de rede, de inventário, de troca, de coautoria, de comunidade, de retorno à materialidade, através do aparato de conhecimento tecnológico e pedagógico de compartilhamento do *Fab Lab* MIT. Porém, trata-se aqui de um exemplo de compartilhamento que se tornou um paradigma pedagógico de ensino-aprendizagem baseado em laboratórios de Fabricação Digital ligados em rede mundial, e não da necessidade de uma franquia.

Também, observa-se uma ambiguidade latente e perigosa na prática e no discurso expansionista não apenas do *Fab Lab* mas também da AA, principalmente tendo em vista o fosso de desigualdades sociais que se refletem em desigualdades de oportunidades no Brasil: o culto ao empreendedorismo, como se este fosse a saída para a autossuficiência e a substituição “perfeita” para a perda de postos de trabalho, de direitos trabalhistas, com o fim do Estado como responsável pelo “bem estar social”. Na contramão destas prerrogativas, essa pesquisa procura dar ênfase à necessidade e importância das políticas públicas de investimento, cada vez mais presentes e assumidas seja pelo Estado, seja por instituições públicas, sem fins lucrativos, voltadas para outro tipo de construção de economia, a economia solidária e o compartilhamento do saber como forma de habilidades sociais. Neste sentido, não se pode tratar apenas de paradigmas econômicos de inovação tecnológica sem tratar de mudanças de mentalidade nos níveis da sociedade e da cultura.

Foi utilizada esta metodologia para, através dos dois exemplos de modelo pedagógico, enfatizar a crítica ao aparelhamento da Fabricação Digital nas escolas de Arquitetura sem antes refletir nos seus propósitos democráticos no Brasil. O empreendedorismo como fato isolado de oportunidades de economia inovadora, para investidores individuais, significa a assimilação

periférica das novas tecnologias sem refletir sobre a cultura, a sociedade e os interesses democráticos ou da maioria. Não se trata apenas de buscar excluir ou de se descontaminar uma ideia de individualismo, mas de fazer fluir os interesses de solidariedade entre comunidades através da inovação mais técnico-social do que paradigma econômico.

A pesquisa feita nesta Tese procura mostrar claramente a importância dos aportes públicos (em diferentes exemplos e países) e da formação de uma mentalidade de rede solidária que tende ao coletivo, à comunidade, à importância da aglutinação, do compartilhamento de experiências. É importante que o compartilhamento de ideias faça oposição ao individualismo competitivo que se aproveita da rede, e expande o ideário neoliberal do estado mínimo, tratando o empreendedorismo como dever dos sujeitos. Acredita-se que há necessidade de um contraponto a esta ideologia que cresce fortemente no Brasil; tem solo fértil na crise atual das instituições políticas e no desprestígio ao conceito de bem público e justiça social como diminuição das desigualdades e da violência. A reflexão ética sobre a tecnologia deve partir das universidades, a despeito de se restringir o pensamento às interpretações aleatórias da economia, do mercado e das elites dominantes.

## **5 A FABRICAÇÃO DIGITAL COMO POLÍTICA PÚBLICA**



Este quinto capítulo trata das formas de compartilhamento e de cooperação que emergem da Fabricação Digital como consequência do avanço da tecnologia digital da informação e comunicação.

No item 5.1, analisa-se o movimento DIY/DIT como modelo de Emancipação e de Cooperação: de movimentos de resistência para uma proposta de ressignificação da aprendizagem através da Fabricação Digital. O conceito que subjaz ao contexto do compartilhamento das experiências “faça você mesmo/faça junto” se traduz, em síntese, no aprender fazendo. Este conceito tem sido apropriado por políticas públicas em contextos e escalas diferentes. Tomamos como exemplares destas experiências três níveis e escalas de implementação.

No âmbito desta pesquisa, foram priorizados os EUA, a União Européia e a cidade de São Paulo como exemplos para análise deste fenômeno para mostrar como ele parte, também, de um grande esforço estratégico político, social e econômico, que deve ser pensado como política de Estado para a educação e não apenas para o trabalho. Particularmente nas universidades, é primordial que se pense em intenções e não apenas nas formas de absorver as inovações tecnológicas em suas pesquisas: repensando o seu compromisso social como redes de ensino e democratização do saber.

Nesse sentido, o item 5.2 apresenta uma análise sintética da apropriação da Fabricação Digital como política pública a partir de três exemplos:

- a) exemplo 1: dos EUA a partir da análise do Programa *America Makes*;
- b) exemplo 2: da União Européia a partir da análise do *Digital Social Innovation - DSI*;
- c) exemplo 3: de implementação do Laboratório Livre (público) de Fabricação Digital na Região Metropolitana de São Paulo.

O item 5.3 trata, em caráter conclusivo do capítulo, da apropriação da Fabricação Digital pelas universidades brasileiras. Em particular busca-se analisar o papel das escolas públicas, a partir da multiplicação dos laboratórios de Fabricação Digital nas escolas de Arquitetura, trazendo à

tona a discussão sobre o dilema da inovação social versus a ideologia do empreendedorismo, em favor da democratização social do acesso à tecnologia.

Nossa expectativa e proposta, portanto, consiste em abrir a discussão sobre as apropriações da Fabricação Digital para além da implementação de novos ferramentais nas universidades, ampliando o leque atual das discussões nas escolas de arquitetura. Acreditamos, neste sentido, que as universidades têm um importante papel na reflexão sobre a Fabricação Digital, considerando-a como propósito de políticas públicas democratizantes.

### 5.1 O DIY/DYT COMO MODELO DE EMANCIPAÇÃO E DE COOPERAÇÃO

Várias formas de ativismo social nasceram nas primeiras décadas do século passado como movimentos de resistência, reivindicando uma maior autonomia do indivíduo diante de um estado autoritário ou de uma forma de mercado muito agressiva na obtenção de lucro<sup>121</sup>. Na maior parte dos casos, o ativismo reflete um questionamento ao poder do estado ou das corporações que têm na lógica da obsolescência programada<sup>122</sup> e do

<sup>121</sup> Do it yourself. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Do\\_it\\_yourself](https://en.wikipedia.org/wiki/Do_it_yourself)>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>122</sup> A expressão *Obsolescência Programada*, também chamada de obsolescência planejada, é uma estratégia: “é quando um produto lançado no mercado se torna obsoleto em um período de tempo relativamente curto de forma proposital”, ou seja, quando empresas lançam mercadorias para que sejam rapidamente descartadas, estimulando o consumidor a comprar novamente: “Esse fenômeno é comumente associado ao processo de globalização, entretanto, o seu início pode estar vinculado à Grande Depressão de 1929. Durante a profunda crise econômica que marcou esse período, diante de um mercado consumidor impotente, observou-se que havia muitos produtos industrializados em estoque e que não eram comercializados, diminuindo o lucro das empresas, aumentando o desemprego e, conseqüentemente, reduzindo o consumo e aumentando a crise. Diante disso, observou-se que produtos duráveis não favoreciam a economia, pois reduziam o consumo. Entre os economistas norte-americanos, tornou-se popular o jargão: Um produto que não se desgasta é uma tragédia para os negócios”. A obsolescência programada foi criada, na década de 1920, pelo então presidente da General Motors Alfred Sloan. Ele procurou atrair os consumidores a trocar de carro frequentemente, tendo como apelo a mudança anual de modelos e acessórios. Na tecnologia, empresas como Apple e Microsoft são comumente lembradas por adotarem essa estratégia de negócio em seus produtos e sistemas operacionais, como o iOS (Apple) e o Windows (Microsoft).[2]<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Obsolescência\\_programada](https://pt.wikipedia.org/wiki/Obsolescência_programada)>  
*The Light Bulb Conspiracy*. <<http://topdocumentaryfilms.com/light-bulb-conspiracy/>>

consumismo uma poderosa força de reprodução do modo de produção capitalista, capazes de criar também ‘modos de vida’ dominantes

Nesse contexto, toma-se como referência o movimento DIY - *Do-It-Yourself*<sup>123</sup> – que refere-se à prática de fabricar ou reparar algo sem a assistência técnica de um especialista ou profissional. A expressão “faça você mesmo”, é concebida sobretudo, como princípio ou ética que questiona o monopólio das técnicas por especialistas e estimula a capacidade de pessoas não-especializadas de criar, fazer e compartilhar bens de consumo.

Apesar do termo DIY ter se tornado usual a partir de 1929, pode-se entendê-lo como uma prática cultural muito mais antiga. Mas ele torna-se mais expressivo a partir da década de 1960, quando da disseminação do DIY entre a população norte-americana, em particular, entre grupos de jovens e universitários, englobando, desde os movimentos da contracultura *Hippie* e *Punk* até o fenômeno *Silicon Valley*<sup>124</sup>.

---

<sup>123</sup> DIY. O termo “*do-it-yourself*” tem sido associado aos consumidores, pelo menos desde 1912, principalmente no domínio das atividades de melhoria de casa e de manutenção. A expressão “faça você mesmo” entrou em uso comum (em inglês standard) na década de 1950, em referência ao surgimento de uma tendência das pessoas na melhoria de suas casas, pequenas embarcações e projetos de construção tanto como uma atividade criativa, recreativa e de redução de custos. Posteriormente, o termo DIY assumiu um significado mais amplo que abrange uma ampla gama de habilidades. DIY está associada com o rock alternativo internacional, punk rock e cenas de música de rock indie, redes indymedia, rádios piratas e comunidades zine. Neste contexto, DIY está relacionado com o movimento de Artes e Ofícios, na medida em que oferece uma alternativa à ênfase moderna da cultura de consumo em depender de outros para satisfazer suas necessidades. A abreviatura DIY também é amplamente utilizado, nas forças armadas como uma maneira de ensinar os comandantes ou outros tipos de unidades de assumir a responsabilidade, de modo que eles seriam capazes de fazer coisas em si apenas como uma preparação para o seu próprio futuro. Disponível em <[http://en.wikipedia.org/wiki/Do\\_it\\_yourself](http://en.wikipedia.org/wiki/Do_it_yourself)>. Acesso em 8/9/2017.

<sup>124</sup> *Silicon Valley* é um apelido para a porção sul da Bay Area do Norte da Califórnia de São Francisco, nos Estados Unidos. É o lar de muitas das maiores empresas de alta tecnologia do mundo, assim como milhares de empresas iniciantes de tecnologia. A região ocupa aproximadamente a mesma área que vale de Santa Clara, onde é centrado, incluindo San Jose e cidades vizinhas. O termo referia-se originalmente ao grande número da região de inovadores de chips e fabricantes, mas finalmente chegou a referir-se a todas as empresas de alta tecnologia na área, e agora é geralmente usado como uma metonímia para a alta tecnologia do setor econômico americano. *Silicon Valley* é um centro líder em inovação e desenvolvimento de alta tecnologia, sendo responsável por um terço de todo o investimento de capital de risco nos Estados Unidos. Geograficamente, o Vale do Silício é geralmente pensado para abranger toda a vale de Santa Clara, a sul da península de San Francisco, e porções do sul da região de East Bay. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Silicon\\_Valley](http://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_Valley)>

As comunidades de entusiastas do DIY muitas vezes são focos de inovação. Muitas das inovações da indústria de computadores pessoais foram desenvolvidas por membros dessas comunidades a exemplo do *Homebrew Computer Club*<sup>125</sup> no Vale do Silício. O *Homebrew Computer Club* “[...] foi um grupo informal de entusiastas eletrônicos e amadores envolvidos com a técnica que se reuniram para comprar, trocar peças, circuitos, e informações relativas à construção DIY de dispositivos de computação.”<sup>126</sup> Steve Wozniak, cofundador da Apple e criador do computador Apple II, observou: “[...] sem clubes de computador, provavelmente não haveria nenhum computador da Apple.”<sup>127</sup>.

Mais recentemente o DIY tornou-se ainda mais popular com o uso das mídias sociais como o *YouTube*, *Facebook* entre outros, em que um grande número de pessoas assistem, criam, editam e publicam diariamente vídeos e imagens caseiras ou *sites*, sem a ajuda de um profissional. Este fato gerou grandes transformações, principalmente a partir da década de 1980, como os exemplos já referidos da indústria cinematográfica, fonográfica e da publicidade. Além disso, *sites* como o *Instructable*<sup>128</sup>, *Make* e *Doityourself.com*<sup>129</sup>, além de muitos outros transformaram a Internet numa das principais forças de mobilização da cultura DIY.

Desse modo, o movimento DIY tem incentivado uma reintrodução do padrão de envolvimento pessoal e uso de habilidades na manutenção de uma casa,

---

<sup>125</sup> *Homebrew Computer Club*. Disponível em <[https://en.wikipedia.org/wiki/Homebrew\\_Computer\\_Club](https://en.wikipedia.org/wiki/Homebrew_Computer_Club)>. Acesso em 8/9/2017.

<sup>126</sup> *The Homebrew Computer Club*. Disponível em: <[https://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Homebrew\\_Computer\\_Club.html](https://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Homebrew_Computer_Club.html)>. Acesso em: 7 set.2017.

<sup>127</sup> *The Homebrew Computer Club – CHM Revolution*. Disponível em: <<http://www.computerhistory.org/revolution/personal-computers/17/intro>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

<sup>128</sup> *Sítio instructables*. Disponível em: <<https://www.instructables.com/>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

<sup>129</sup> *Sítio Doityourself*. Disponível em <http://www.doityourself.com/>. Acesso em: 19 jun. 2017.

na confecção de roupas, na manutenção de carros, computadores, *sites*, ou qualquer aspecto material de viver.

Sabe-se que, no início do século XXI, a perspectiva de disseminação e de democratização do acesso da informação permitida pela Internet, reforçada pela comunidade *open source*, tem se consolidado como ambiente para o compartilhamento do conhecimento e da tecnologia como instrumento social. Estas possibilidades abertas têm alimentado um tipo de ativismo social marcado pelo empreendedorismo e pela produção autônoma. Como reflexo, tem-se a criação de espaços coletivos com o caráter de oficinas, sobretudo físicas, não apenas no contexto dos sítios digitais.

Esse movimento que tem se disseminado rapidamente, assume um novo formato ou é identificado como o *Maker culture* (Hatch, 2014) ou *Maker Movement* (Anderson, 2012) – traduzido aqui como movimento dos fazedores, que se caracterizam como sendo oficinas comunitárias, oriundas da ética DIY porém baseadas ao princípio ligado à ética do compartilhamento inaugurado pela Internet e nomeado DIT - *Do-It-Together*.

Mark Hatch (2014), conhecido pela sua capacidade de mobilizar grupos DIY, explicita os preceitos básicos que devem ser seguidos pelos *Makers* ao ingressarem no DIY, através do Manifesto do Movimento Fazedor, o “*Maker Movement Manifesto*”. Tal manifesto baseia-se em nove princípios: “*make, share, give, learn, tool up, play, participate, support and change*”. Traduzidos aqui como: fazer, compartilhar, dar, aprender, equipar, jogar/brincar, participar, apoiar e mudar.

Chris Anderson, ex-editor chefe da *Wired Magazine*<sup>130</sup>, afirma que, “[...] depois da revolução do computador pessoal e da revolução da Internet, a mais recente ‘reviravolta’ da tecnologia é o movimento *Maker*.”. Para Anderson (2012), o termo *Makers* refere-se a uma nova categoria de construtores que estão usando métodos de código aberto e tecnologia de

---

<sup>130</sup> A *Wired* é uma revista americana mensal, publicada em edições impressas e on-line, que aborda temas sobre tecnologias emergentes e como estes afetam a cultura, a economia e política, desde janeiro de 1993. Disponível em: <<http://www.wired.com/>>.

ponta para levar a fabricação para fora do seu contexto tradicional das fábricas. O autor afirma que “Até recentemente, a capacidade de produção foi reservada para aqueles que possuíam fábricas.” e, conclui, “O que aconteceu nos últimos cinco anos é que nós trouxemos o poder de democratização da Web para a fabricação.”.

Anderson (2012) invoca Karl Marx ao argumentar que a nova tecnologia “democratizou os meios de produção”, tornando possível para qualquer um ser um construtor ou “criador”. Ele compara o momento atual (2012) com o início de 1980, pouco antes da Apple lançar o Macintosh, tornando a computação *desktop* acessível para o usuário não especialista.

Enquanto o movimento *Maker* ganha força, Anderson (2012) “[...] detecta o surgimento (ou re-emergência) do espírito americano de consertar e construir, na Era da Internet.”. Em sua avaliação, a grande virtude do movimento *Maker* – no contexto da Fabricação Digital - é que o construtor de hoje não precisa dominar um conjunto de conhecimentos da engenharia de produção.

O próximo passo neste processo é o que Anderson (2012) chama “a industrialização do movimento *Maker*”. Em outras palavras, movendo-se, do que continua a ser um grande fenômeno “amador” para a esfera comercial, permitindo que os fabricantes individuais gerem receita a partir de seus projetos e produtos. Anderson (2012) indica que “A *MakerBot*<sup>131</sup> é um exemplo de empresas que saíram do movimento *Maker* e estão gerando dezenas de milhões em receitas”, e complementa:

Isso pode crescer e ter um impacto econômico maior do que a *Web* promoveu, e a razão disso é que o mundo físico é uma economia maior que a do mundo digital. O *E-Commerce* era apenas uma nova forma de vender produtos existentes, mas e se tivermos uma nova forma de fazer novos produtos?

---

<sup>131</sup> *MakerBot* <<https://www.makerbot.com/>> *MakerBot Industries* é uma empresa sediada em Nova York, fundada em janeiro de 2009 por Bre Pettis, Adam Mayer e Zach “Hoeken” Smith para projetar e produzir impressoras 3D. *MakerBot* foi construída a partir do progresso do projeto RepRap. Disponível em <<http://www.makerbot.com/>> e <[http://en.wikipedia.org/wiki/MakerBot\\_Industries](http://en.wikipedia.org/wiki/MakerBot_Industries)>.

Desse modo, através da ética de aprendizagem, baseada no compartilhamento por meio dos *softwares* de código aberto e dos movimentos DIY/DIT, tem-se disseminado a prática de colaboração horizontal que converge para a novo modo de produção dos objetos, instaurando um novo modelo de economia e aprendizagem. Assim, baseado nos princípios apresentados, propõem-se o movimento *Maker* como modelo de Emancipação e de Cooperação: de movimentos de resistência para uma proposta de ressignificação da aprendizagem através da Fabricação Digital, ou do aprender fazendo.

## 5.2 A FABRICAÇÃO DIGITAL COMO ESTRATÉGIA DE POLÍTICA PÚBLICA

### 5.2.1 EUA: A Fabricação Digital como política pública – *America Makes*

A partir da década de 1980, os EUA empreenderam um grande esforço no financiamento de pesquisas em inovação tecnológica, com o objetivo de mobilizar o país na retomada da posição de vanguarda e de dominação no campo da tecnologia de produção. Desta maneira, “O setor industrial americano foi forçado a admitir que a dominação da América [do Norte] no campo da fabricação de máquinas e ferramentas havia desaparecido, o que foi chamado de ‘*the machine tool crisis*’<sup>132</sup>”. Vários programas foram criados para a recuperação do papel de liderança dos EUA na área do tradicional CAD-CAM.

O reconhecimento do potencial de investimentos em projetos de alto risco foi de crucial importância para o estabelecimento das tecnologias fundamentais da fabricação aditiva, como a iniciativa do *Engineering Directorate’s Strategic*

<sup>132</sup> *The Machine Tool Industry* Disponível em <[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-662-04255-7\\_3#page-](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-662-04255-7_3#page-)>. Acesso em 8/9/2017. *The Decline of Manufacturing and Machine Tools, and the Future of American Industry and the Working Class*. Disponível em: <<https://mronline.org/2009/07/24/the-decline-of-manufacturing-and-machine-tools-and-the-future-of-american-industry-and-the-working-class/>>. Acesso em: 8 set. 2017. HARROP, Jeffrey. *Crisis in the Machine Tool Industry: A Policy Dilemma for the European Community*. 1985.

*Manufacturing* – STRATMAN<sup>133</sup>, desenvolvida pela CMMI – *Civil, Mechanical, and Manufacturing Innovation*<sup>134</sup> no final da década de 1980. Em 1997, um relatório sobre prototipagem rápida foi financiado pelo NSF – *The National Science Foundation*, para informar planos estratégicos em suas deliberações sobre os desdobramentos do desenvolvimento dessa tecnologia na Europa e Japão. O programa JTEC/WTEC – *World Technology Evaluation Center - Panel on Rapid Prototyping in Europe and Japan*<sup>135</sup>. Este Programa contou com o apoio de agências de grande estatura do Estado norte-americano, que foram reunidas para apoiar a avaliação do potencial atribuído à fabricação aditiva, como o *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), o *US Department of Energy*, o *US Department of Commerce*, o *National Institute of Standards and Technology* – NIST, o *US Department of Defense*, *Defense Advanced Research Projects Agency* – DARPA, e o *Office of Naval Research* consideraram que<sup>136</sup>:

A liderança tecnológica e científica dos EUA é desafiada em áreas de dominação anteriores, como a aeronáutica, espaço e energia atômica, muitas organizações, privadas e governamentais procuram definir políticas que ajudarão a manter a força dos EUA. Fazer isso efetivamente requer o entendimento da posição dos EUA em relação a outros países. O propósito do programa WTEC é ter acesso ao esforço de pesquisas e desenvolvimento em outros países em áreas específicas de tecnologia para comparar esses esforços e seus resultados às pesquisas nas mesmas áreas nos EUA e identificar oportunidades para a colaboração internacional em pesquisas 'pré-competitivas'.

Outro relatório, o *Manufacturing Our Future*, financiado exclusivamente pelo NSF, publicado em fevereiro de 2012, apontou que (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2012):

<sup>133</sup> *Strategic Manufacturing Initiative: Solid Freeform Fabrication: Ceramics*. Joseph Beaman [jbeaman@mail.utexas.edu](mailto:jbeaman@mail.utexas.edu) (Principal Investigator), Harris Marcus (Co-Principal Investigator), David, Bourell (Co-Principal Investigator), Joel Barlow (Co-Principal Investigator).

<sup>134</sup> *Civil, Mechanical and Manufacturing Innovation Division* (CMMI). Disponível em <<http://www.nsf.gov/eng/cmmi/about.jsp>>. Acesso em 8/9/2017.

<sup>135</sup> *JTEC/WTEC PANEL ON RAPID PROTOTYPING IN EUROPE AND JAPAN*. Disponível em: <[http://www.wtec.org/loyola/pdf/rp\\_vi.pdf](http://www.wtec.org/loyola/pdf/rp_vi.pdf)>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>136</sup> IDEM. *JTEC/WTEC PANEL ON RAPID PROTOTYPING IN EUROPE AND JAPAN*. Disponível em: <[http://www.wtec.org/loyola/pdf/rp\\_vi.pdf](http://www.wtec.org/loyola/pdf/rp_vi.pdf)>.

A Fabricação nos EUA tem diminuído, em relação ao produto interno bruto da nossa nação, por muitas décadas. Nossa nação perdeu quase 30% dos empregos na indústria durante a última década (2000). Ao mesmo tempo, as economias emergentes têm aumentado enormemente a capacidade de produção. Um conhecimento profundo dos processos de Fabricação aumentou a inovação nestas nações. Assim, a nação deve lançar-se à frente na iniciativa de fabricação avançada para impulsionar o desenvolvimento de produtos potencialmente transformadores e tecnologias emergentes.

Este mesmo relatório conclui que (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2012):

Os programas educacionais também são fundamentais para o futuro da indústria dos EUA, permitindo avanços na graduação e nos currículos da comunidade universitária, na área de tecnologia de fabricação e de Engenharia. Parcerias de Cooperação entre a Indústria, Centros de Investigação de Universidades e Centros de Pesquisa em Engenharia devem facilitar a formação do estudante através de imersão em pesquisas e avanços técnicos, que são prontamente adotados pela indústria. O programa de 'Educação Tecnológica Avançada', centra-se na educação para os campos de alta tecnologia, com ênfase em faculdades de dois anos para produzir técnicos qualificados para campos de alta tecnologia, existentes e emergentes.

Em outubro de 2013, o Presidente Obama propôs a construção de uma rede nacional para a inovação da produção, o *National Network for Manufacturing Innovation* (NNMI), renomeado *America Makes*: “O *America Makes* é constituído por centros regionais que irão acelerar (segundo seus criadores) o desenvolvimento e a adoção de tecnologias de fabricação de ponta para fazer novos produtos globalmente competitivos.” (America Makes, 2016). O *America Makes* representa, portanto, um esforço estratégico do governo norte-americano para retomar a vanguarda e dominar o mercado de produção de tecnologias de fabricação pessoal que acaba contribuindo para o avanço dos processos de produção nesta área. Seu propósito é “desenvolver a potencialidade da fabricação aditiva, promovendo a colaboração para o design, desenvolvimento de materiais, tecnologia e capacitação da força de trabalho”. O *America Makes* objetiva, desse modo,

“acelerar a inovação na área de fabricação aditiva, fazendo a ponte entre a investigação básica e as tecnologias de massa.”<sup>137</sup>

Tal Programa, criado pelo governo norte americano como modelo de suas ações, visa aumentar a performance e a qualificação de estudantes nas áreas STEAM – Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, através da Fabricação Digital, incorporando em suas metodologias o aprender fazendo. Os teóricos mais proeminentes dessa metodologia são, além de Nicholas Negroponte, o construcionista, já citado, Seymour Papert (1970).

É emblemático que um programa educacional e de capacitação profissional venha a ser nomeado *America Makes*. Aponta-se, no entanto, que a soma de altos investimentos estatais não caminha apenas para uma melhoria do sistema de ensino norte-americano. Trata-se de um esforço social e econômico guiado pelos órgãos governamentais – e portanto político – de retomada da posição dos Estados Unidos e recuperação da posição de influência como um dos principais exportadores de tecnologias disruptivas.

O governo norte-americano vem promovendo, no campo da Fabricação Digital, programas de incentivo à inovação e disseminação que tem o propósito de fortalecer o padrão de assimilação de movimentos da “contracultura”, que se tornam políticas públicas, cujo objetivo primeiro é fortalecer a recuperação da América do Norte como lugar de referência e dominação no campo da tecnologia.

Este conjunto de programas, ações e atividades desenvolvidas pelo Estado americano, visam assegurar a aprendizagem continuada, assim como a “capacitação para o trabalho” através do aprendizado baseado no aprender fazendo, ou como tem sido tratado a “aprendizagem ativa”<sup>138</sup>, utilizando estruturas já instaladas, tais como centros comunitários, equipando-os com a

---

<sup>137</sup> IDEM. *National Network for Manufacturing Innovation*. Disponível em: <<https://www.manufacturing.gov/>>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>138</sup> Aprendizagem Ativa. Disponível em: <<http://aprendizagemativa.org.br/aprendizagem-ativa/>>. Acesso em: 8 set. 2017.

maquinaria associada a fabricação controlada digitalmente e a assistência de técnicos e professores para determinado fazer – qual seja, o aprender fazendo.<sup>139</sup> (PAPERT, 1970).

A criação e expansão da rede *Fab Lab* nos Estados Unidos e em todo o mundo ocorre sob esta conjuntura que é mundial, sobretudo nos países ricos e, recentemente, sendo importada para os países chamados em desenvolvimento. Mas a lógica primeira é a econômica: reestruturar a economia capitalista.

Juntamente com o salto promissor para o desenvolvimento científico rumo à inovação social, o que se pode constatar é que nas duas últimas décadas as técnicas de Fabricação Digital estão se tornando cada vez mais acessíveis aos usuários amadores, favorecendo o crescimento da fabricação pessoal. Isto tem ocorrido graças às ações de grandes empreendedores e de políticas estatais, bem definidas, em alguns países como os EUA, para o fomento do empreendedorismo, que passa a se mobilizar em uma ecologia “social” de pequenos negócios que orbitam em torno dessa inovação tomada como tecno-econômica – a Fabricação Digital.

Tais esforços fazem crer que há um gargalo ainda maior: considerando a criação de um novo modelo de economia que venha substituir ou amparar o modelo atual dominante. Analisa-se isto sob alguns aspectos. O primeiro aspecto é o resultado da grande diminuição de postos de trabalho não qualificados, não apenas nos EUA, mas em todos os países cuja causa ou consequência foi exatamente a alavanca tecnológica da produção industrial automatizada, exigindo apenas a mão de obra altamente capacitada e especializada e se desfazendo de grande parte da mão de obra desqualificada que se transformou nos grandes bolsões de pobreza e

---

<sup>139</sup> O aprendizado a partir da experimentação e exploração, com a incorporação do conhecimento pela prática, e domínio da linguagem de programação, é enfatizado nas teorias pedagógicas de Seymour Papert, considerado por Martinez & Stager, 2013, como sendo o “*father of the Maker Movement*”, que propôs um sistema educacional denominado construcionismo, a partir do construtivismo de Jean Piaget. Gonzales, Maria Alice Camargo. *Ferramenta para concepção, projeto e operação de espaços para ensino de engenharia que incentivem a criatividade e a inovação* / M. A. C. Gonzales - São Paulo, 2016.225 p.

marginalização social. O segundo aspecto, que se acredita seja resultado do esgotamento do modelo econômico e político que se vive neste início do século XXI, é baseado no consumismo e na obsolescência programada. Basta lembrar que a impossibilidade de consumo dos marginalizados pela pobreza também é um entrave para o sistema de alta produtividade, além de gerar e acirrar os conflitos sociais.

Por um lado, há uma necessidade da constante reconfiguração dos produtos e tipos de consumo, que é um dos objetivos da obsolescência programada, além de uma exigência – rentista – da substituição dos parques industriais cada vez mais automatizados, adequando-os a uma demanda de produtos personalizados (na maioria resultados da Fabricação Digital). Por outro lado, soma-se a necessidade de ocupação para os postos de trabalho de baixa qualificação, fora do sistema trabalhista, garantindo, desse modo, a lógica do capitalismo – que se reconfigura de diferentes modos para atender a uma constante mudança no tipo de consumo.

#### 5.2.2 União Européia: redes de compartilhamento – *Digital Social Innovation* – DSI

Alguns exemplos de compartilhamento de conhecimento e pesquisas permitem entender que há esforços estratégicos semelhantes da economia na Comunidade Europeia. Porém, vê-se com maior nitidez uma distinção que aproxima o discurso e a prática em torno da sustentabilidade de comunidades como compromisso coletivo, através de ações coletivas que envolvem institutos e agências de incentivo e fomento à inovação tecnológica e social. Existe um histórico de mobilização social e de pesquisas, vinculando institutos de Arte, Ciência, Tecnologia e mídias sociais, que são grandes plataformas para a pesquisa e a experimentação, vinculando as mesmas a novas tecnologias e novas aplicações, assim como as colocando como catalisadoras para a inovação social e cultural. Este cenário é de compartilhamento internacional que nos últimos 20 anos

promove a chamada economia solidária. Toma-se, aqui, como exemplo o *Digital Social Innovation* – DSI<sup>140</sup>:

As tecnologias digitais e da Internet estão mudando a forma como a inovação social acontece. A Comissão Europeia financiou através da Fundação para a Inovação – Nesta<sup>141</sup>, o *Waag Society*<sup>142</sup>, *Esade Business School*<sup>143</sup> e o Instituto de Investigação e Inovação para estudar este novo fenômeno, que é o *Digital Social Innovation* –DSI .

O *Digital Social Innovation*<sup>144</sup>, traduzido aqui como “Inovação Social de Base Digital”, explora o modo como as tecnologias emergentes na economia digital podem transformar a sociedade pela mobilização de uma ação coletiva, “[...] permitindo uma economia mais colaborativa, com novas formas de fazer, estimulando a participação cidadã, a sustentabilidade e a inovação social.”. Destaca-ser que<sup>145</sup>:

O *Digital Social Innovation* é um tipo de inovação colaborativa em que inovadores, usuários e comunidades colaboram usando tecnologias digitais para co-criar conhecimento e soluções para

<sup>140</sup> *DIGITAL SOCIAL INNOVATION*. DSI. Disponível em: <<https://digitalsocial.eu/about-the-project>>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>141</sup> Nesta é a fundação de inovação do Reino Unido. Ajudam as pessoas e organizações a trazerem grandes ideias para a vida. Fornecem investimentos e bolsas e mobilizando pesquisas, redes e habilidades. A Nesta é uma instituição de caridade independente e registrada na Inglaterra e País de Gales 1144091 e Escócia SC042833. Disponível em: <<http://www.nesta.org.uk/>>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>142</sup> *Waag Society* – instituto de arte, ciência e tecnologia - é um pioneiro no campo da mídia digital. Ao longo dos últimos 22 anos, a fundação tornou-se uma instituição de estatura internacional, uma plataforma de pesquisa e experimentação artística e tornou-se um catalisador de eventos e um terreno fértil para a inovação cultural e social. *Waag Society* explora as tecnologias emergentes e fornece arte e cultura com um papel central na concepção de novas aplicações para novos avanços na ciência e tecnologia. A organização se preocupa não só com tecnologias relacionadas à Internet, mas também com aquelas relacionadas à biotecnologia e às ciências cognitivas. Disponível em: <<http://waag.org/en>>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>143</sup> A ESADE é uma instituição acadêmica internacional com mais de cinquenta anos de história. O principal ativo desta escola são as pessoas: professores e profissionais que nutrem reflexão, diálogo, projetos e iniciativas para garantir uma excelente educação, pesquisa pioneira e uma valiosa contribuição ao debate social e à transformação. Disponível em: <<http://www.esade.edu/web/eng/about-esade>>.

<sup>144</sup> *DIGITAL SOCIAL INNOVATION*. DSI. Disponível em: <<https://digitalsocial.eu/about-the-project>>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>145</sup> IDEM.

uma ampla gama de necessidades sociais e em uma escala que era inimaginável antes do advento da Internet.

Esse amplo projeto de pesquisa, o DSI, promoveu a construção de um mapa vivo de organizações que utilizam as tecnologias digitais para o “bem social”. Neste sentido, a comunidade DSI desempenha um papel fundamental para permitir a inovação dos níveis mais básicos e explorar o poder da Internet de forma mais crítica e democrática. Esta Comissão Europeia está criando novos programas de pesquisa, financiando instrumentos e políticas para apoiar inovadores sociais de base e incentivar a participação de cidadãos no âmbito da Agenda Digital para a Europa. Segundo esta rede de organizações, o intuito maior consiste no uso da Internet para o “bem social”, reunindo, em 2015, 1.172 organizações com 752 pesquisas colaborativas e projetos de inovação. Estas organizações apóiam ou operam serviços *on-line* e se concentram em comunidades de usuários *bottom-up*, utilizando ferramentas *on-line* ou métodos digitais. Desse modo, o DSI reúne uma ecologia de ações baseadas na Internet que tem como princípio o acesso aberto (*open access*), redes de conhecimento (*awareness networks*), economia colaborativa (*collaborative economy*), novos modos de produzir/fazer (*new ways of making*), democracia aberta (*open democracy*) e financiamento em aceleração e incubação (*funding acceleration and incubation*).<sup>146</sup>

### 5.2.3 Prefeitura de São Paulo: a implantação da *Rede Fab Lab Livre SP*

O *Fab Lab Livre SP* é uma rede conectada de doze laboratórios de fabricação implantados na cidade de São Paulo. Esta rede é fruto de uma parceria entre a Prefeitura Municipal de São Paulo e o Instituto de Tecnologia Social Brasil e se insere no contexto do fomento à inovação tecnológica de interesse social e do aprendizado compartilhado propiciados por políticas públicas (fablablivresp, 2016).

---

<sup>146</sup> *DIGITAL SOCIAL INNOVATION*. DSI. Disponível em: <<https://digitalsocial.eu/about-the-project>>. Acesso em: 8 set. 2017.

O Instituto de Tecnologia Social – Basil foi fundado em 2002 e sua ação é voltada para a ampliação do acesso ao sistema nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). A rede *Fab Lab Livre SP* oferece oficinas, cursos e palestras que fazem parte da disseminação e democratização da produção do conhecimento em tecnologia, ciência, arte e inovação. Consta também um repositório de trabalhos realizados e experimentos abertos ao compartilhamento, disponibilizando aos usuários não apenas as ferramentas tecnológicas, mas também estimulando a vivência dos ambientes colaborativos (ITS BRASIL, 2017)<sup>147</sup>.

Os Laboratórios disponibilizam espaços, maquinaria (tanto digital quanto analógica)<sup>148</sup> e uma equipe de “facilitadores”, que são pessoas capacitadas para estimular o aprendizado compartilhado e o desenvolvimento de projetos que envolvam tecnologia de Fabricação Digital, eletrônica, técnicas tradicionais e práticas artísticas.

Figura 43 – Identidade visual da Rede Fab Lab Livre SP.



A rede *Fab Lab Livre SP*, da Prefeitura de São Paulo, apropriou-se da expressão Fab Lab da franquia *Fab Lab – MIT* mas não é credenciada por essa rede global. No entanto, a Rede de laboratórios livres de Fabricação Digital de São Paulo inaugura uma experiência inédita no Brasil: A rede *Fab*

<sup>147</sup> Disponível em: <<http://itsbrasil.org.br/>>. Acesso em: 8 maio 2017.

<sup>148</sup> O *Fab Lab Livre – SP* possuem um inventário de máquinas comum a todos. Porém são qualificados como grandes ou pequenos por possuírem ou não uma fresadora de grande porte. O *kit* básico de máquinas conta com uma cortadora laser de médio porte, uma cortadora laser de pequeno porte, em média duas impressoras 3D, uma cortadora de vinil e bancada de eletrônicos.

*Lab Livre SP* é um dos poucos exemplos de programas que resultam de políticas públicas dedicadas ao aprendizado compartilhado através da Fabricação Digital e da inovação tecnológica e social. As unidades *Fab Lab* livre são:

- a) Galeria Olido;
- b) Centro Cultural da Juventude;
- c) Vila Itororó - Bela Vista;
- d) Casa da Memória Itaquera;
- e) Centro Cultural da Penha;
- f) Centro Cultural São Paulo;
- g) Centro de Formação Cultural Cidade Tiradentes;
- h) CEU Heliópolis;
- i) CEU Parque Anhanguera;
- j) CEU Três Pontes;
- k) Chácara do Jockey;
- l) Espaço São Luís.

Acreditamos que a *Rede Fab Lab livre* de São Paulo é um exemplo importante de construção de um conhecimento compartilhado e a sua relação com as comunidades nas quais se inserem os laboratórios. Procura trazer ganhos sociais e coletivos, pondo em prática um modelo de economia solidária como política de estado. Aproxima-se, deste modo, do modelo de política urbana para cidades sustentáveis, a exemplo de Barcelona, em que o município provê, com aparatos públicos, as responsabilidades de democratização da inovação social.

Este propósito tem como vetor, o fortalecimento e o empoderamento dos sujeitos através da superação da divisão digital e social – *digital and social divided*, abarcando também a capacitação para o trabalho no campo da produção digitalizada de mercadorias ou a fabricação de produtos através de métodos de produção digital.

Finalmente, acredita-se que no âmbito das apropriações da Fabricação Digital existe um grande leque de questionamentos que devem ser abertos para um posicionamento crítico. Em particular, a retomada do DIY vem criando derivações e graus diversos de emancipação dos sujeitos – individuais ou coletivos – com relação ao estado, às grandes corporações, à tutela ou assistência dos especialistas, etc., permitindo aos sujeitos o fazer com autonomia. Particularmente, interessa o modo como este movimento suscita a cooperação entre diferentes, questionando hierarquias enraizadas pelas imposições do sistema econômico capitalista, como a supremacia do pensar sobre o fazer. Deriva desta postura a necessidade de um retorno às habilidades manuais e ao fazer como co-criação entre diferentes, ou seja, o que Richard Sennett intitula de habilidades dialógicas. Isso é tratado com mais vagar no capítulo 6.

Por outro lado, esta-se diante da presença cada vez menor do Estado (*welfare state*) que parece tender a ser apenas um garantidor da “ordem social” vigente, assegurando normas regulatórias. A diminuição do papel do Estado que assegura paridades mínimas de direitos adquiridos pelos trabalhadores, como o salário desemprego, a previdência social, o ensino público, o provimento da habitação de interesse social, os espaços públicos qualificados, entre outros, parece extremamente danoso nesse modelo. Isto pode vir a ocorrer de forma dramática, principalmente nos países cuja desigualdade social é culturalmente aceita e aprofundada ideologicamente – como o Brasil, atingindo grande parte da população pelas exclusões justificadas. Pode ser a máquina do Estado diminuindo sua presença, em um modelo “ultra” liberal, garantindo sua influência somente sobre o aspecto da temática do avanço tecnológico estratégico. Ou, pode vir a ser bastante pior: jogar o ônus da inovação social sobre os indivíduos, os trabalhadores, os desocupados, os marginalizados pela crise do atual sistema trabalhista, através do culto do empreendedorismo como aquisição pessoal e individual, ou seja, a meritocracia. Esta “pedagogia do empreendedorismo” como formação de indivíduos para que sejam empreendedores de si próprios é bastante forte. Mas também sofre críticas bastante atuais, as quais são compartilhadas nesta Tese.

### 5.3 ASPECTOS CONCLUSIVOS – POLÍTICAS PÚBLICAS VERSUS EMPREENDEDORISMO

A rápida multiplicação dos laboratórios de Fabricação Digital nas escolas de Arquitetura de todo o mundo, inclusive no Brasil e América Latina pode ser vista como vários indícios ou indicativos pelos quais a nossa arquitetura deve refletir sobre a introdução ou a atualização tecnológica. Esta é uma forma de acompanhar as transformações no ensino e na pesquisa em Arquitetura, mas é também uma promessa de transformação social e cultural de abertura para o compartilhamento em níveis mundiais e de novos meios de educação e desenvolvimento nos quais a cultura *open source* e os movimentos de contracultura *Maker*, vêm ganhando espaços para novas condutas.

Esta reflexão é tomada também como uma crítica da arquitetura sobre si própria, do campo do conhecimento, diante da distância entre o código digital no design contemporâneo e a sua correlação material do mundo físico: da distância entre o design digital e a construção, que restringiu ainda mais o ensino e a prática Arquitetura ao campo da representação. Em decorrência, esta é também uma busca de atualização, através de revisões teóricas e de mudanças na prática da Arquitetura, que também acompanha as pesquisas que se dão em nível mundial sobre a Arquitetura na Era Pós-Digital. Consiste em um retorno ao pensamento da arquitetura sobre o material, tendo como vetor a apropriação dos aparatos tecnológicos de Fabricação Digital, a exemplo das CNCs, das cortadoras a laser, das impressoras 3D e até mesmo da robótica. Neste âmbito, há um crescente interesse sobre as formas pelas quais a Fabricação Digital tem ganhado campo, como estratégia pedagógica de ensino para a Arquitetura, tendo em vista a inegável capacidade da mesma se desvelar em todos os campos do conhecimento. Em particular, para a Arquitetura, pode significar uma busca por um modelo pedagógico, procurando aproximar-se do fazer e da artesanaria, da criação e da materialidade, espelhando-se nas condições sócio-econômicas dos países mais pobres, como um olhar crítico sobre o campo.

Acima de tudo, a Fabricação Digital pode ser vista como uma proposição para a Arquitetura pensar a sociedade, e para o meio científico repensar seu ideal de progresso técnico como um caminho único e inevitável de globalização: refletindo sobre as contingências locais, para além de ser apenas um reflexo de um fato disruptivo da economia, ou seja, de um avanço tecno-econômico.

Este fato recente para o contexto nacional, de pouco mais de uma década de popularização da Fabricação Digital em todas as áreas da economia e do conhecimento, reverbera na Arquitetura, como já foi dito, em consonância com as teorias e pesquisas do *material design* que convergem para a busca da materialidade. As escolas difundem os novos laboratórios de fabricação, como experiências pedagógicas que buscam formas de se repensar a prática da Arquitetura para além da lógica de representação, rompendo o viés da computação apenas como ferramenta de representação.

Neste sentido, pode ser que a Fabricação Digital traga benefícios, aproximando o aprendizado da Arquitetura à realidade social e econômica das cidades brasileiras. Porém, para que isto venha a ocorrer, a Fabricação Digital não pode ser pensada apenas como maquinaria a serviço das desigualdades sócio-econômicas e espaciais, mas como centro de uma mudança de paradigma pedagógico. Se pensada como apenas atualização tecnológica significará reduzi-la a um ferramental, um componente para que a Arquitetura se mova em direção a uma interface para um projeto de desenvolvimento técnico defasado e periférico. Significa aceitar uma imposição de globalização, internacionalização ou assimilação que toma os fatores de desenvolvimento econômico como motor das transformações sociais, tomando a posição contrária do que o sociólogo Jessé de Souza em seu livro *Ralé Brasileira. Quem somos e como vive* (2009) chama de “pensamento para iluminar” os reais problemas sociais do País.

Caso isto venha ocorrer, a tecnologia da Fabricação Digital se sujeitará a ser mais um biombo para o fosso da “hiperespecialização” do arquiteto, para os monumentos arquitetônicos ou para as elites entrincheiradas em condomínios tecnológicos versus a possibilidade de se aproximar de práticas

democráticas para as cidades menos desiguais. A visão de que, com a Fabricação Digital, a Arquitetura poderá vir a ser uma impulsionadora da Indústria da Construção Civil em direção à modernização e robotização dos canteiros, significa pensar o País pelas vias do determinismo econômico: que o País deva passar pelos mesmos processos de “progresso tecno-econômico” dos países desenvolvidos. Estar-se-ia sempre entre a cópia, a farsa e a defasagem histórica. Por esta razão, deve-se antepor o pensamento crítico no questionamento de qual é o papel das universidades (pensando especialmente nas universidades públicas) para que este paradigma seja pensado como política pública.

Um bom exemplo de viés de convergência entre arquitetura, inovação tecnológica e social é dado pelas contribuições do *Waag Society* para o desenvolvimento da Fabricação Digital (MOOLEN, 2014). Esta experiência se deu através de Karen van der Moolen, que trabalha como desenvolvedora de programas no *Waag Society* para uma ampla gama de projetos. Moolen foi convidada a participar de uma discussão com o *One Architecture*<sup>149</sup> como parte de um projeto de pesquisa financiado pelo *Creative Industries Fund NL*<sup>150</sup>:

O *Creative Industries Fund NL* tem um orçamento anual de cerca de 16.000.000 €. A maior parte deste orçamento vem do Ministério da Educação, Cultura e Ciência (OCW), complementada por contribuições do Ministério dos Negócios Estrangeiros (BZ) para a internacionalização e do Ministério da Infraestrutura e Meio Ambiente (IenM) para o programa Aaro (Agenda de Ação para a Arquitetura e Design Espacial). Isso significa que o Fundo opera dentro de vários contextos políticos. Ele pode muito bem ter uma base sólida na política cultural, mas também se estende à política Setor ‘Top’ e da Agenda de Ação de Arquitetura. Ele suporta centenas de projetos na Holanda e fora todos os anos.

<sup>149</sup> O *One Architecture* projeta edifícios, infra-estruturas e ambientes urbanos. One arquitetura também usa o design para ajudar cidades, regiões e países com o seu ordenamento do território e infra-estrutura de longo prazo. One está interessado em processo tanto quanto nos projetos. Ao longo dos anos, este interesse resultou em um processo aberto, colaborativo, prática em que questões como finanças, organização, (digital-) tecnologia, cultura e política / política formam uma parte ativa de todo o trabalho desse grupo. Disponível em: <<http://onearchitecture.nl/>>. Acesso em: 8 set 2017.

<sup>150</sup> *Creative Industries Fund NL* Disponível em: <[http://www.stimuleringsfonds.nl/en/the\\_fund/organization/about\\_the\\_fund/](http://www.stimuleringsfonds.nl/en/the_fund/organization/about_the_fund/)>. Acesso em: 8 set. 2017.

O Fundo para as Indústrias Criativas tem como propósito, melhorar a qualidade das disciplinas de arquitetura, design e a cultura eletrônica e incentiva uma abordagem intersetorial e cooperação entre o setor privado, os indivíduos e o governo na Holanda, bem como no exterior<sup>151</sup>.

Ambos, *One Architecture* e *Waag Society* estão pesquisando como as tecnologias digitais de fabricação podem alterar o campo da Arquitetura. Pode-se dizer que o desenho em 3D, digitalização, impressão e fresamento, redes sociais e outras tecnologias estão mudando a forma como se fazem as coisas, cabendo aos nossos contextos locais e necessidades pessoais a interlocução necessária para um avanço civilizatório. Segundo Karen van der Moolen (2014) como em muitos outros campos, essas tecnologias vão mudar os papéis usuais, fornecendo a todos os interessados o acesso aos mesmos meios de concepção e produção no setor da construção. Destaca que (MOOLEN, 2014):

As tecnologias digitais de fabricação vão mudar a nossa forma de construir, mas também a forma como usamos e compartilhamos edifícios e cidades. *One Architecture* se juntou ao *Waag Society* para explorar os benefícios que poderíamos ter de utilizar novas tecnologias, quando se trata de auto-construção e propriedade coletiva. Será que isso vai impactar a fabricação física? A troca de informação ou ambos combinados vão estimular a colaboração em geral?<sup>152</sup>

Esse Projeto reuniu um pequeno grupo de arquitetos, especialista em propriedade coletiva (CPO), um auto-construtor, um pesquisador em novas mídias, um representante do departamento de auto-construção da cidade de Amsterdam e Karen van der Moolen do *Waag Society*. Na avaliação de Moolen, trabalhar de forma colaborativa, compartilhando conhecimento e uso de novas tecnologias para facilitar a produção da Arquitetura está em seus estágios iniciais. Para Moolen o acesso às tecnologias de Fabricação Digital ainda está distante do universo dos construtores, muito menos como estas

---

<sup>151</sup> IDEM

<sup>152</sup> MOOLEN, Karen van der op vrijdag. *Digital fabrication for architecture*. 2014. Disponível em: <<https://www.waag.org/nl/blog/digital-fabrication-architecture>>. Acesso em 09/nov/2014.

tecnologias podem ajudá-los a atingir seus objetivos pessoais no edifício ou como eles que vivem em suas casas. Isto é porque eles não sabem o que esta tecnologia pode trazer de benefícios ou porque eles não estão cientes de que ela existe. Obviamente, ainda “existe muito a ser explorado neste campo” (MOOLEN, 2014). Moolen toma este questionamento como um ponto de partida para novas pesquisas adicionando um novo significado à técnica, qual seja o de conectar pessoas (MOOLEN, 2014).

No Brasil, em particular, acredita-se que este deve ser o papel das universidades públicas: pensar em formas mais democráticas possíveis de compartilhar não apenas o acesso a estas tecnologias aos auto-construtores, aos projetos sociais de moradias de baixo custo, às reformas individuais e autônomas. Pode-se pensar também em um modo cooperativo de Fabricação Digital como inserção social dos arquitetos em lugares nos quais hoje os mesmos comparecem apenas como entrave burocrático entre os construtores e o poder público.

Viu-se, na última década, o Brasil entrar neste ambiente de compartilhamento de nível mundial, no qual impera a disseminação do empreendedorismo e da meritocracia, como modelo de competitividade entre indivíduos ou pequenas empresas. São verdadeiros “chamados” à inovação através de negócios que se sobressaem por si só, sem o auxílio de políticas públicas. Neste âmbito, esta pesquisa mostra claramente que os caminhos trilhados tanto nos Estados Unidos quanto na União Europeia e outros países, a exemplo do Japão e China, os meios, aportes e as redes de compartilhamento das inovações tecnológicas, dependeram – e dependem – de grandes somas de investimentos públicos. O motor dessa engrenagem tem ênfase em políticas sociais – mesmo que possam se nutrir de características específicas para a solução de crises estruturais da economia capitalista.

A abordagem, os exemplos e objetivos distintos dos grandes investimentos públicos e mistos nas tecnologias de Fabricação Digital nos Estados Unidos e na União Europeia deixa claro que, principalmente em países pobres como o Brasil, é necessário o aporte de políticas de Estado e a crítica severa ao

“faça você mesmo” como auto-suficiência dos sujeitos sociais, como individualismo competitivo que se inscreve em ambientes compartilhados. A meritocracia tem se destacado aqui como a velha e renovada política e ideologia neo-liberal do “empresário de si mesmo”. E, por consequência, o arquiteto por si próprio.

No entanto, outro viés proposto por Pierry Levy nos faz crer que há mais o que fazer além de explorar novas formas de construção e entendimento do conceito de inovação (LEVY, 1999, p. 158):

Devemos construir novos modelos do espaço dos conhecimentos. No lugar de representação em escalas lineares e paralelas, em pirâmides estruturadas em ‘níveis’, organizadas pela noção de pré-requisitos e convergindo para saberes ‘superiores’, a partir de agora devemos preferir a imagem em espaços de conhecimentos emergentes, abertos, contínuos, em fluxo, não lineares, se reorganizando de acordo com os objetivos ou os contextos, nos quais cada um ocupa posição singular e evolutiva.

Contudo, o modelo neoliberal avança fortemente em todos os setores da sociedade, incluindo as universidades, como ideário político e como pressuposto do avanço tecnológico do qual o País precisa na competição internacional. Parece que se está propenso a seguir o modelo americano de ensino e de apropriação das novas tecnologias. O objetivo parece ser o mesmo: o trabalhador se tornar um empreendedor de si mesmo, “[...] autônomo, independente do estado em suas relações de trabalho: sem direitos, a menos que os tenha adquirido em sua bagagem, em sua viagem formativa individual.” (CHAUÍ, 2017)

No caso brasileiro, depara-se com o seguinte quadro: país pobre, estado cada vez mais diminuído, ônus da inovação nos ombros dos trabalhadores que são “alçados a classe média empreendedora”. Instituições como o Sebrae, Sesi, Senai e Senac possuem, desde suas implantações, programas de capacitação da mão de obra de que precisa a indústria e a economia de modo geral, cuja política é cada vez mais centrada nesta ideologia do empreendedorismo, na inovação e na competitividade de talentos

individuais. Percebe-se a construção do discurso e de um ideário, e como ele se reveste de inovação social (POMPO, 1985)<sup>153</sup>:

O empreendedor bem-sucedido é uma pessoa com características de personalidade e talento que preenchem um padrão determinado, o que o leva a agir de tal forma que alcança o sucesso, realiza os seus sonhos e atinge os seus objetivos. Criando o seu próprio negócio: como desenvolver o potencial empreendedor.

Recentemente, essas entidades vinculadas ao setor da indústria e do empresariado, têm investido na multiplicação dos Fab Labs MIT profissionalizantes. O viés é o culto ao empreendedorismo e à qualificação da mão de obra para a inovação da indústria e da economia nacional<sup>154</sup>:

Com os recentes avanços na manufatura digital, o Senai Rio forma profissionais ainda mais qualificados para os novos desafios da indústria. Para isso, os alunos do Senai FabLab têm acesso a softwares e equipamentos como a impressora 3D, as máquinas de corte a laser e os kits Arduino, para montagem de circuitos eletrônicos, entre outros.

Figura 44 – A evolução da formação profissional no Senai FabLab

<sup>153</sup> POMBO, Adriane Alvarenga da Rocha (Balcão Sebrae-DF) Criando o seu próprio negócio: como desenvolver o potencial empreendedor. Brasília: Ed. Sebrae, 1995. Elaborado por: Documento adquirido na Biblioteca Temática do Empreendedor – Sebrae <http://www.bte.com.br>

1- CHAGAS, Fernando Celso Dolabela. O Segredo de Luísa. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1999.

2- DEGEN, Ronald Jean. O empreendedor: fundamentos da iniciativa empresarial. São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 1989.

3- FELIPPE, Maria Inês. Empreendedorismo: buscando o sucesso empresarial. Sala do Empresário, São Paulo, 1996, v.4, n.16, p10-12 (suplemento).

4- PEREIRA, Heitor José.

<sup>154</sup> SENAI – Rio. Fab Lab. Disponível em: <https://www.cursosenairio.com.br/cursorio/fablab/sobre-o-fablab>. Acesso em 22/set/2017.



(SENAI, 2017)

Vê-se, através de outra perspectiva, a fundação da *Rede Fab Lab Brasil* que atua como fomentadores do compartilhamento e cooperação entre os *Fab Labs* e os espaços *Maker* brasileiros<sup>155</sup>. Mas o maior entrave parece estar:

- a) na dificuldade de se distinguir e sublinhar as alternativas colaborativas de interesse público que venham trazer ganho social e coletivo, dos nichos de empreendedorismo que reforçam a desigualdade tomando-a como ganho pessoal;
- b) na difícil capacidade econômica e crítica das instituições públicas – particularmente as instituições de ensino – de assumirem o papel de centros difusores desse efeito de rede para o interesse de comunidades solidárias em pesquisas e apoio direto.

Em quaisquer hipóteses que venham a ocorrer no Brasil, cabe pensar que se está diante de múltiplas forças ideológicas que podem ser antagônicas, aglutinadoras, confusas, e que devem ser debatidas também e principalmente no ambiente acadêmico.

Porém, outras abordagens tem ganhado expressão, a exemplo de propostas como as do SNESEB (Simpósio Nacional de Empreendedorismo Social Enactus Brasil)<sup>156</sup> - que tem tratado o Empreendedorismo Social como tema

<sup>155</sup> Disponível em: <<http://redefablabbrasil.org/>>. Acesso em: 8 set. 2017.

<sup>156</sup> Sobre a Enactus: organização internacional sem fins lucrativos que fomenta o empreendedorismo social dentro das universidades. Está presente em 36 países e em mais de 1700 instituições de ensino. No Brasil, atua desde 1998 e tem times espalhados em 94 universidades com projetos que causam impacto positivo na vida dos mais

central, discutindo essa temática emergente que envolve o pensamento sobre mobilização social, políticas públicas, educação e tecnologia, desenvolvimento social, espaços urbanos, responsabilidade socioambiental e sustentabilidade, pesquisas em gestão social que envolvem ensino, universidade e comunidade – parecem promissores. Aglutinando em uma agenda social temáticas em contextos diferentes do conhecimento, parece ser uma promessa para o pensamento universitário começar seu trânsito para a interdisciplinaridade, promovendo o encontro, mas também o debate crítico, entre diferentes âmbitos regionais e nacionais. Trata-se de uma realidade inevitável para o País: como as universidades vão dar sua contribuição como pensamento de pesquisa e desenvolvimento para iluminar os vários cenários caóticos que o País vive hoje.

Para além de uma crítica paralisante, é necessário mostrar a diversidade, os focos e os entornos de cada exemplo, mas sublinhar também as experiências favoráveis ao ambiente de pesquisa colaborativa, de coautoria e de forte proximidade com o bem estar social. Neste sentido, foram vistos vários exemplos de ambientes irradiadores de pesquisa coletiva – local e global – e de cultura solidária para uma ou mais comunidades.

Neste sentido, o propósito desta Tese consiste em fomentar o debate e criar propostas alternativas ao modelo hegemônico que possam sobressair nos novos laboratórios de Fabricação Digital que começam a ser implementados nas escolas de Arquitetura. Para isto, é necessário que as pesquisas em novas tecnologias, principalmente nas universidades públicas, sirvam aos propósitos que envolvam o bem estar social e a coletividade. O Brasil é um

---

necessitados por meio de ações empreendedoras. O objetivo é agregar o aprendizado na sala de aula e a criatividade dos jovens para colaborar com um mundo mais justo e sustentável.

No Brasil, a Enactus já impactou mais de 9.000 pessoas diretamente pelos projetos, em 2015. Pelo menos 2000 estudantes e 130 professores contribuíram para melhorar o ambiente por meio do empreendedorismo social. Enactus não é proposta de projetos, Enactus são projetos executados, é parceria e colaboração. O II SNESEB realizado no Rio de Janeiro, RJ, entre os dias 20 e 21 de julho de 2017, nas dependências do *SulAmérica Convention Center*. Uma realização conjunta da Enactus Brasil com os professores que fazem parte do Programa. Disponível em (<https://www.even3.com.br/IISNESEB>)

país pobre e necessita-se de pesquisas em novas tecnologias. Porém, as finalidades e os paradigmas devem ser pensados como proposições sociais e democráticas e não como determinismo econômico, para que atinjam a maioria da população que mais carece desse tipo de fomento. Ou, então, continuar-se-á engordando corporações internacionais e reféns de uma política educacional voltada unicamente para a formação de mão de obra para o que o mercado determina.

Relembrando os arquitetos e pensadores como Sérgio Ferro, João Filgueiras Lima e Pedro Arantes, é necessário pensar no sentido e na forma como as inovações tecnológicas podem vir a ser alteradas, pensando primeiro nos fins e nos meios para que estas inovações tomem o sentido de uma prática emancipadora que atinja o interesse da maioria e não se restrinja ainda mais aos interesses de poucos (ARANTES, 2012). A maneira mais promissora desse fato vir a acontecer é dando ênfase aos projetos e pesquisas compartilhados entre universidades públicas, entre grupos de escolas de Arquitetura que tenham finalidades críticas antepostas às aquisições de maquinários para a implementação dos laboratórios de Fabricação Digital: a tecnologia social aplicada para a democratização e acontecendo em contextos cooperativos. Devem contribuir para a reflexão do papel da inovação tecnológica e social, que contempla a Lei Federal n. 11.888/2008 – Assistência Técnica Pública e Gratuita para Habitação de Interesse Social –<sup>157</sup>, que respalda legalmente o desenvolvimento de atividades de assistência técnica gratuita. Esta parece ser uma oportunidade para as universidades se tornarem potencializadas pelos investimentos na elaboração de projetos participativos que envolvam o desenvolvimento tecnológico cooperativo, a partir dos laboratórios de Fabricação Digital e de pesquisas interdisciplinares. A capacitação de profissionais, docentes, alunos, cidadãos na elaboração

---

<sup>157</sup> LEI Nº 11.888, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2008. Assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social e altera a Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005

tanto de projetos de melhoria da moradia quanto dos espaços de inclusão urbana.

Segundo Angela Maria Gordilho Souza (2017), coordenadora da implantação da Residência AU+E/UFBA, reflexões similares e novas experiências de ensino têm sido implementadas em escolas de Arquitetura de universidades públicas como a Universidade Federal da Bahia, buscando contemplar inserções sociais democráticas e multidisciplinares e projetos participativos. São exemplos que merecem ser discutidos. Salienta a autora (SOUZA, 2017)

No vasto ambiente construído das cidades brasileiras, em que muitas comunidades autogeridas são excluídas de atributos urbanísticos de conforto e segurança, seja nas habitações, ruas, serviços, infraestrutura e equipamentos, os benefícios coletivos são praticamente empreendidos ou mantidos diretamente pelos moradores. Tais iniciativas ocorrem sem nenhuma assistência técnica, serviço que poderia contribuir para um melhor equacionamento de soluções adequadas. Por outro lado, as intervenções públicas são quase sempre fragmentadas e setoriais, sem uma visão de conjunto das demandas coletivas. Diante dessa alta complexidade na urbanização crescente do país, em larga escala, é crucial levar a universidade às comunidades, viabilizando uma relação mais real e aplicada entre teoria e prática, deixando, entretanto, na sua passagem, contribuições de serviços que se multipliquem em novos processos, projetos e materializações portadoras de inclusão social, cidadania e melhorias dos lugares na cidade.

Por outro lado, o levantamento e mapeamento de David Sperling (2015), sobre o estado da arte da Fabricação Digital na América do Sul, relativo aos laboratórios existentes particularmente nas escolas de Arquitetura e alguns estúdios afins, aponta como suas linhas de ação estão vinculadas ao desenvolvimento tecnológico e ao desenvolvimento social e ambiental, visando a introdução de novos conhecimentos de processos direcionados à materialização no ensino e na prática da arquitetura. (Sperling, Celani e outros, SIGRADI, 2015).<sup>158</sup> No entanto, a ênfase dada à tendência das

---

<sup>158</sup> Laboratórios que indicaram a linhas de ação voltadas primordialmente ao desenvolvimento tecnológico da arquitetura os seguintes laboratórios: Argentina: CID - Centro de Informática y Diseño - FADU/Universidad Nacional del Litoral; Brasil: CADEP - Centro Avançado de Desenvolvimento de Produtos- FAAC/UNESP; Centro de prototipagem experimental - FCT/UNESP; DT3D - Divisão de Tecnologias Tridimensionais Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer; Laboratório de Prototipagem Rápida

escolas da América do Sul, de seguirem o mesmo processo das escolas americanas e europeias, no incremento dado cada vez mais aos equipamentos dos laboratórios, é preocupante. Isto porque tem sido pouco pautada a cultura do compartilhamento, da cooperação entre universidades e pesquisas, da co-criação e do pensamento sobre a forma como esta tecnologia pode atingir os canteiros tradicionais e as construções populares de maneira democrática. As reflexões ainda são incipientes, como recentes publicações em eventos, como o Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital (Sigradi) (de 2012 a 2016), revistas latino-americanas, como a *Revista Materia Architectura*, no artigo *Dossier: Architectura y Tecnología*, de agosto de 2016 (LOYOLA, 2016), revelando o impacto e as linhas de ação da arquitetura e o urbanismo diante da Fabricação Digital no ensino de projeto e na abertura para novos experimentos locais e regionais. No entanto, embora incipientes, os experimentos dos laboratórios e os debates acadêmicos devem se abrir para discussões e questionamentos quanto aos usos dos aparatos de Fabricação Digital não apenas nos aspectos didático-pedagógicos mas também nas possíveis mudanças na prática arquitetônica, a exemplo dos experimentos do Laboratório Gráfico para Experimentação Arquitetônica – Laguear – UFMG (Baltazar e outros, SIGRADI, 2012, 2016), do Núcleo de Estudos de Habitares Interativos – NOMADS – USP (Tramontano e outros, SIGRADI 2016).

---

Mackenzie - FAU/ Mackenzie; LEAUD - Laboratório de Estudo das Linguagens e Expressões da Arquitetura, Urbanismo e Design - DAUR/ UFJF; LM+P - Laboratório de Modelos e Prototipagem - DACT/UFPA; PRONTO 3D - Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D - Design/UFSC; Rede Brasileira de Fabricação Digital ; SimmLab - Laboratório de Simulações e Modelamento em Arquitetura e Urbanismo - FAU/ UFRGS; ViD\_Virtual Design - Design/UFRGS; Chile: Area Computacional - Universidad Técnica Federico Santa Maria; Lab CNC FAU/Uchile; Producción Digital UC / Fabhaus UC - PUC-Chile; Colômbia: Frontis3D R+D; Uruguai: LabFabMVD - FARq/Universidad de la República. Indicaram espontaneamente linhas de ação que pretendem incorporar, ao desenvolvimento tecnológico da arquitetura, ações de desenvolvimento social e ambiental os seguintes laboratórios: Argentina: Instituto de la Espacialidad Humana - Laboratorio de Morfología - FADU/UBA; Brasil: Aleph Zero; Estudio Guto Requena; Fab Lab Universidade de São Paulo – FAU/USP; Fab Social; Garagem Fab Lab; GEGRADI, Grupo de Estudos para o Ensino/aprendizagem de Gráfica Digital – FAU - UFPel; LAGEAR - Laboratório Gráfico para Experimentação Arquitetônica - FAU/UFMG; LAPAC - Laboratório de Automação e Prototipagem para a Arquitetura e Construção - FEC/UNICAMP; Lamo 3D - Laboratório de modelos 3D e Fabricação Digital - FAU/UFRJ; LED - Laboratório de Experiência Digital - FAU/UFC; Nomads - IAU/USP; SUBdV Architecture; Chile: gt2P - Great things to people; Peru: Fab Lab Lima. )

O artigo citado acima – *Dossier: Arquitectura y Tecnología* – também procura delimitar um ambiente propício a repensar a arquitetura da América Latina. Tirando proveito do debate mundial da Fabricação Digital como meio de retorno à materialidade, a massificação da maquinaria CNC nas escolas e oficinas de Arquitetura é vista como uma forma de potencialização das tradições materiais, um modo de repensar um retorno às “origens” da disciplina que se alijou do material e da técnica em favor do saber intelectual. Deve haver uma atenção voltada aos caracteres sociais e ambientais, locais e regionais, como um modo de repolitizar o debate acadêmico da Arquitetura (LOYOLA, 2016). A Arquitetura não pode, deste modo, eximir-se de pensar nas capacidades de adaptação ao uso da Fabricação Digital diante das realidades econômicas e sociais locais de forma sustentável (LOYOLA, 2016)

Neste sentido, esta pesquisa propõe trazer para os ambientes de discussão da Fabricação Digital na Arquitetura um debate crítico que possa repensar sua apropriação como parte de uma nova mentalidade baseada na colaboração. Do mesmo modo, também, pensá-la dentro das universidades como parte de uma política pública, como tecnologia social de um estado, de um município, de um bairro. Que venha ser além do aparelhamento das escolas com novas ferramentas tecnológicas para alimentar as mesmas metodologias calcadas na formação de arquitetos para a competição e a meritocracia. Propõe-se contrapor a este ambiente baseado na superespecialização e na possível incorporação do paradigma tecnoeconômico da Fabricação Digital na Indústria da Construção Civil como modelo único de progresso, a formação de redes solidárias de laboratórios entre universidades e escolas de Arquitetura.

## **6 A SOCIEDADE NA ERA DA TECNOLOGIA DIGITAL**



Hannah Arendt aponta, em seu livro *Eichmann em Jerusalém - Um relato sobre a banalidade do mal* (1963), que a eficiência tecnológica relativa à racionalidade da ciência pode resultar em graves consequências para a humanidade. A autora, pessimista diante dos avanços da tecnologia, referia-se à Era Digital, na qual viveu os seus primórdios e escreveu a sua obra.

As graves consequências, quanto ao aprimoramento da bomba de hidrogênio e uso de aparatos técnicos em função do extermínio de judeus na mesma época, durante a Segunda Guerra Mundial, foi explorada por Hannah Arendt, ao tratar do julgamento do oficial nazista Adolf Eichmann que argumentava, em seu favor, que sua obrigação era, exclusivamente, garantir que a execução de milhares de pessoas deveria ser cientificamente resolvida pela técnica. Neste contexto, a competência sobrepôs-se: para Eichmann, o uso das câmaras de gás era tratado, estritamente, do ponto de vista técnico, sem quaisquer reflexões sobre as questões éticas e humanitárias (ARENDR, 1958) ou qualquer aspecto ligado à aplicação da inteligência tecnológica em favor de uma abordagem, que se pode dizer, de bem estar social.

Fica explícito a preponderância do pensamento técnico sobre as reflexões éticas. Continuando com Hannah Arendt (1983), em seu livro *A Condição Humana*, a autora acrescenta:

O motivo pelo qual talvez seja prudente duvidar do julgamento político de cientistas enquanto cientistas não é, em primeiro lugar, a sua falta de 'caráter' - o fato de não se terem recusado a criar armas atômicas - nem a sua ingenuidade - o fato de não terem compreendido que, uma vez criadas tais armas, eles seriam os últimos a ser consultados quanto ao seu emprego - , mas precisamente o fato de que habitam um mundo no qual as palavras perderam o seu poder.

Nesse sentido, este capítulo busca explicitar algumas reflexões sobre a sociedade na Era da Tecnologia Digital, reunindo argumentos e posições críticas de teóricos, filósofos e sociólogos, para se pensar o uso das técnicas – a tecnologia – como ferramentas de disseminação de ideologias; ou seja, para não se perder de vista o seu papel nas representações e na operacionalização do poder, como símbolo de dominação e como afirmação do controle dos mais fortes no contexto econômico, político e social. Usando

uma terminologia marxista, podemos dizer que está posta em questão, também, a percepção da tecnologia para a continuidade, em moldes diversos, da dominação de classe, assim como da dominação de nações sobre outras nações na sociedade capitalista. Esse aparato teórico serviu de guia para a análise dos exemplos de apropriação da Fabricação Digital.

É bastante comum, nos relatos de história das civilizações, em particular, da civilização ocidental, considerar os avanços técnicos como marcos civilizatórios, atribuindo suas “versões vencedoras” à capacidade criativa e intelectual da espécie humana. Contrapondo a isto, não se trata aqui de ressaltar apenas os avanços do ponto de vista dos vencedores, mas sobretudo, de lançar um olhar crítico sobre os benefícios e de avaliar os aspectos negativos ou perversos do legado do avanço do pensar sobre a tecnologia nas transformações sociais e de produção.

Acredita-se que a visão bastante negativa em relação ao desenvolvimento tecnológico e à ciência, expresso no sentido político da filosofia de teóricos contemporâneos do Pós Segunda Guerra Mundial, como Hannah Arendt e Heidegger, justifica-se no seu alerta para a posteridade: a necessidade de afirmação do caráter não aleatório e não neutro da tecnologia e a crítica à visão utilitarista da técnica.

Tal reflexão esteve presente em todo percurso desta pesquisa. É no contexto do pensar sobre tais técnicas que na primeira seção deste capítulo, procura-se analisar alguns desdobramentos destas para a vida humana, pontuando que, muitas vezes, o discurso técnico encobre questões éticas, assim com aquelas apontadas por Arendt. Busca-se, portanto, evidenciar alguns dilemas que se apresentam para nós: o olhar técnico em oposição aos aspectos éticos.

Andrew Feenberg, em sua teoria crítica da tecnologia contribui para a interpretação do determinismo técnico e em que medida o pensar o design ou o estudo das técnicas em sua relação com a experiência humana pode propiciar uma apropriação ética e local, superando as estratégias globais de disseminação da lógica da exportação de técnicas avançadas,

principalmente para os países mais pobres e que iniciam processos de aprendizagem da cidadania.

Na primeira seção, busca-se pontuar alguns debates filosóficos e sociológicos sobre a tecnologia: o dilema entre os argumentos que confirmam os aspectos positivos e os que se contrapõem a estes, apontando os aspectos negativos subjacentes ao avanço tecnológico. Esta seção trata, também, do lugar da ética no pensamento sobre a tecnologia. Ou seja, esta seção trata, de modo simplificado, do desvelar de tais repercussões, as negativas ou ocasionalmente as repercussões positivas, a partir de reflexões no âmbito da filosofia, da interpretação das relações homem-máquina e das relações humanas através de um viés proposto pela sociologia da tecnologia.

Busca-se definir, na segunda seção, uma posição diante da Fabricação Digital, a partir do olhar crítico que o filósofo Vilém Flusser (1998) lança sobre a tecnologia, quando da sua apropriação para o contexto brasileiro. Consta aqui, uma crítica à assimilação de modelos tecnológicos e também de uma proposição de apropriação crítica da Fabricação Digital para a Arquitetura, como propõe Vilém Flusser: “[...] a originalidade de uma apropriação para o caso brasileiro como sinônimo de ‘transgressão’” (CABRAL, 2009).

Na terceira seção, discute-se o ideal de compartilhamento e o desenvolvimento de habilidades dialógicas, tomando como diretrizes especialmente as colocações do sociólogo Richard Sennett. O capítulo fecha-se com uma reflexão sobre o papel da inovação tecnológica na sociedade atual, buscando abrir questões sobre o impacto que estas tecnologias podem ter no contexto brasileiro.

## 6.1 OS DILEMAS DA TECNOLOGIA E O LUGAR DA ÉTICA NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

Nenhum dispositivo surge completamente definido a partir da lógica do seu funcionamento. Todo o processo de desenvolvimento é cheio de contingências, escolhas, possibilidades e alternativas. O aperfeiçoamento do objeto técnico oblitera os vestígios do trabalho de sua construção e as forças sociais que estavam em jogo quando o seu design foi fixado”

*Andrew Feenberg (2011)*<sup>159</sup>

Segundo o sociólogo da tecnologia, Andrew Feenberg (2011), ao avaliar-se o potencial de transformações e as possibilidades que a introdução de um novo aparato tecnológico abre para a atuação do homem sobre a realidade, muitas vezes não se identifica claramente os desdobramentos, possíveis avanços, continuidades ou rupturas com processos anteriores. Contudo, a percepção de um novo fato tecnológico ou qualquer processo tecnológico de produção, que se apresenta como um desenvolvimento “natural” de determinadas técnicas, cujos valores estão diretamente associados à eficiência, à racionalidade e à neutralidade da ciência, pode tornar transparentes intencionalidades, formas de condicionamento e controle, mas também resistências sociais, de trabalho e culturais, que estão definitivamente entrelaçadas à política, ao mercado e ao sistema capitalista, cujo interesse último é a concentração de riqueza e o lucro.

Desse modo, a compreensão do fenômeno da Fabricação Digital requer muitas vezes o questionamento das relações de poder em jogo, que se estabelecem entre os diversos agentes sociais e que permitem explorar possíveis reconfigurações que, de um lado estão o sistema capitalista, a tecnologia, a política, e, de outro, o sujeito. Feenberg (2011) afirma que:

[...] na escala do sujeito, a busca pela identificação de percepções subjetivas e atitudes diante do objeto técnico abre possibilidades,

---

<sup>159</sup> FEENBERG, Andrew. A. *Ten Paradoxes of Technology* - Simon Fraser University. 2011. Disponível em <<https://www.sfu.ca/~andrewf/paradoxes.pdf>>

de certo modo, para a análise da capacidade de transformar um contexto social através da tecnologia, a partir de táticas ou de “gestos táticos”.

Ao analisar a obra de Michel de Certeau e sua interpretação da teoria do poder de Michel Foucault, Feenberg (2009) aponta que:

[...] de Certeau faz uma distinção entre as estratégias de grupos com base institucional para exercer poder e as táticas daqueles que estão submetidos àquele poder e que por falta de uma base para agir de maneira contínua e legítima, concretizam e improvisam resistências micropolíticas”.

Neste sentido, procura-se avaliar como a Fabricação Digital pode vir a ser tratada como resistência, no sentido de uma apropriação crítica que empodere aqueles submetidos à estratégias de exportação tecnológica, sendo desse modo vinculada ao capital transnacional. Trata-se também de compreender de modo mais aprofundado as implicações do uso das técnicas ou dos objetos técnicos sobre a produção da Arquitetura.

Nesse sentido, reconhece-se que a vida contemporânea é mediada pelos objetos técnicos e que esses são capazes de determinar a cultura e a sociedade: comportamentos, modos de produção, formas de controle e dominação, resistências e reordenações do sistema capitalista. Esta postura pode ser interpretada como determinista. Por outro lado há os que defendem a tecnologia sob um ponto puramente utilitarista.

Assim, a partir dos questionamentos formulados pelos diversos autores acerca da tecnologia, procura-se balizar a reflexão sobre as consequências da tecnologia em função da qual vive a atualidade (Ellul, 2012)<sup>160</sup>:

A questão central desta abordagem da tecnologia consiste em saber se é a tecnologia que nos “controla” ou se, pelo contrário, somos capazes de controlar a tecnologia. Nesta perspectiva, o objetivo da Filosofia da Tecnologia consiste em avaliar os efeitos

---

<sup>160</sup> Jacques Ellul nasceu em Bordeaux, na França, e foi educado nas universidades de Bordeaux e Paris. Nos seus trabalhos sobre a tecnologia tem uma aproximação determinista e fatalista. Suas preocupações apontavam para a emergência de uma tirania tecnológica sobre a humanidade. Escreveu livros acerca da sociedade tecnológica e sobre cristianismo e política, por exemplo em *Anarchie et christianisme* (1991) em que argumenta que o anarquismo e o cristianismo têm as mesmas perspectivas sociais.

da tecnologia na sociedade e nas nossas vidas, tentando responder a questões como: As sociedades em que vivemos são determinadas pela tecnologia? Seremos capazes de orientar o desenvolvimento tecnológico e a aplicação das invenções tecnológicas?

Em última instância, busca-se um posicionamento com relação ao seguinte questionamento: a tecnologia é ferramenta de libertação ou ferramenta de dominação?

A ênfase dada ao estatuto do objeto técnico tem a intenção de compreender as mudanças das relações entre os homens e o mundo das coisas e a construção dessa cultura atribuída ao mundo tecnocientífico. Essa cultura deverá desempenhar um papel de interface entre o homem e o mundo científico.

Pode-se dizer, a grosso modo, que a vida humana na sociedade contemporânea é mediada, em sua relação com o mundo, por objetos técnicos. Tais objetos não são apenas o resultado do conjunto dos meios materiais, para que, através de certo fazer, o homem consiga alcançar determinados fins. Visto de outra forma, por Heidegger (2007): “Trata-se, de maneira radical, do modo sob o qual o ente que somos nós se relaciona com as coisas e com o sentido do mundo onde se organizam as coisas.”. Nesse sentido, pode-se dizer que os objetos técnicos são “mediadores”, através dos quais o homem atua sobre o mundo concreto, e são, em sua expressão final, a habilidade humana de transformar sua realidade, afirmando as noções e os valores definidos pela ciência, como a racionalidade e a eficiência (NOVAES e DAGNINO, 2004).

Para Flusser (2002), na sociedade telemática, o objeto técnico assume o papel de interface, ou seja, de meio através do qual se estabelecem também as relações humanas. O objeto técnico, de mediador entre o sujeito e o mundo das coisas, passa a ser meio que determina a constituição do sujeito. Desse modo, pode-se dizer que, na sociedade contemporânea, os objetos técnicos são o meio para a ação humana em todas as suas dimensões e estão presentes de forma ubíqua.

Vilém Flusser (2002), ao analisar as imagens ou as tecnoimagens, aqui entendidas também como objetos técnicos, afirma que:

Estas são mediações entre homem e mundo. As imagens tem o propósito de representar o mundo. Mas, ao fazê-lo, entropõe-se entre mundo e homem. Seu propósito é serem mapas do mundo, mas passam a ser biombos. O Homem, ao invés de se servir das imagens em função do mundo, passa a viver em função de imagens. [...] Tal inversão da função das imagens é idolatria.

Para este autor, trata-se de alienação do homem em relação a seus próprios instrumentos. Ainda segundo Flusser (2002), isto seria “a escalada da abstração” da sociedade puramente informacional:

Partindo das imagens técnicas, podemos reconhecer duas tendências básicas diferentes. Uma indica o rumo da sociedade totalitária, centralmente programada, dos receptores das imagens e de funcionários das imagens; a outra indica o rumo para a sociedade telemática dialogante dos criadores das imagens e dos colecionadores das imagens. As duas formas de sociedade parecem fantásticas para nós, embora a primeira tenha características negativas, a segunda positivas.

Ao lado da primeira tendência apontada por Flusser, identifica-se a importância do pensamento de Martin Heidegger na constituição de uma visão marcada pelo pessimismo diante da perspectiva da sociedade tecnológica. Heidegger (2007) define como sendo a característica fundamental da era da técnica:

A uniformização de qualquer singularidade autêntica, dado que no âmbito do parecer técnico tudo se torna matéria de troca e de equivalência: “cálculo”. A totalidade do ente se torna homogênea, tudo pode ser trocado e funcionalmente substituído, mas qualquer intercâmbio é sempre precedido por um cálculo; a técnica calcula e, onde o cálculo impera, o pensar é suspenso.

Jacques Ellul, filósofo e sociólogo da tecnologia, também adota um discurso bastante assertivo contra a valorização otimista da técnica. Segundo Ellul (2012),

[...] a tecnologia nos obriga a viver mais e mais rapidamente, onde a reflexão é substituída pelo reflexo. Reflexão significa pensar depois de ter uma experiência. O reflexo se relaciona com a reação a uma certa situação sem pensar.

Em oposição a uma vida utilitarista e competitiva, Heidegger assim como Ellul afirmam que a tecnologia requer que nós não pensemos mais nas coisas. Segundo Ellul (2012)

[...] a técnica conduz a inovações que acarretam o abandono da tradição. O progresso técnico traduz-se numa rápida e contínua mudança do ambiente material que transplanta o homem para uma inquietude sem raízes em que perde a sua capacidade de reflexão e de orientação. O progresso técnico transforma o meio num mundo destituído de sentido, por outro lado, o progresso técnico consiste apenas num máximo de ação com um mínimo de 'porquê' e 'para quê', traduzindo-se numa relação meramente instrumental do homem para com a natureza.

Buscando uma teoria crítica da tecnologia, Andrew Feenberg (2009) afirma que “[...] os sistemas tecnológicos impõem manipulações técnicas sobre seres humanos.”. Apoiando-se na teoria marxista, Feenberg (2009) continua dizendo que:

O capitalismo é, em termos finais, definido não tanto pela propriedade da riqueza, mas pelo controle das condições de trabalho [...] ao reorganizar o processo de trabalho, pode aumentar a produção e os lucros [...] o controle do processo de trabalho, conduz a novas ideias para o maquinário [...] isso leva à invenção de um tipo específico de maquinário que desabilita os trabalhadores e exige gerenciamento. O gerenciamento age tecnicamente sobre as pessoas, estendendo a hierarquia de sujeito e objetos técnicos em relações humanas em busca de eficiência. Trata-se de um domínio incorporado no design das ferramentas e na organização da produção.

Para Feenberg (2009),

[...] todo o desenvolvimento das sociedades modernas é marcado pelo paradigma do controle desqualificado sobre o processo de trabalho sobre o qual se apoia o industrialismo capitalista. É esse controle que orienta o desenvolvimento técnico na direção da despotencialização dos trabalhadores e da massificação do público [...] a natureza essencialmente hierárquica da ação técnica, a relação assimétrica entre ator e objeto que, quando alcançam grandes espaços das relações humanas, tendem a criar um sistema distópico.

Feenberg (2009) conclui que “[...] a tecnologia pode ser – e é – configurada de modo a reproduzir o domínio de poucos sobre muitos, a ação técnica é um exercício de poder.”. Na sociedade organizada em torno da tecnologia, o poder tecnológico torna-se a forma mais básica de poder.

Para Ellul (2012), a técnica, enquanto tal, é isenta de valor; porém, ela carrega consigo o aniquilamento do sujeito a partir do que o autor denomina como “intersubjetivação”:

O cerne da técnica é a racionalidade, sobretudo a racionalidade instrumental (poderíamos dizer instrumentalista), traduzido no espírito de tudo querer dominar, orientado para o que é manipulável. No mundo da técnica, o homem se transforma num mero número, por trás do qual desaparece a sua individualidade e sofrem erosão as suas forças anímicas, em virtude da igualdade modelada pela intersubjetividade do trabalho técnico e pela estandardização das necessidades e dos produtos.

Por outro lado, Gilbert Simondon assume posição oposta à de Heidegger e Ellul, com uma visão positiva em relação à sociedade tecnológica. Simondon acredita ser imperativo o conhecimento do objeto técnico, caso contrário ele - o objeto técnico - se torna idolatrado ou maldito. Segundo Simondon (2008),

[...] é preciso tomar consciência da natureza das máquinas, das suas relações mútuas e das suas relações com o homem, bem como dos valores implicados nessas relações e que as atitudes tecnófobas e de desconfiança da cultura em relação à técnica resultam do seu desenvolvimento sem regulação

Rafael Silva – estudioso do pensamento de Simondon – afirma que Simondon pretende demonstrar que, tendo-se “constituído em sistema de defesa contra as técnicas”, a cultura ignora na realidade técnica uma “realidade humana”. Silva (2012) afirma que:

[...] a oposição entre a cultura e a técnica, entre o Homem e a Máquina é falsa e sem fundamento. Tal como o desconhecimento do estranho é gerador de xenofobia, o desconhecimento do objeto técnico faz desenvolver uma atitude tecnófoba. Desta forma, o misoneísmo orientado contra as máquinas não é raiva do novo, mas recusa do estranho.

Silva (2012) afirma, ao analisar a posição de Simondon, que “[...] este estranho é ainda humano, e a cultura completa é a que permite descobrir o estranho como humano.”. Nesse sentido, seria crucial conhecer a natureza e a essência da máquina, pois o seu desconhecimento é a causa principal da “alienação no mundo contemporâneo” (FLUSSER, 2007).

Sobre este aspecto, é interessante notar como Simondon (2008) se posiciona diante do objeto técnico, inserindo algo que lhe dá sentido, ou seja, as intenções humanas. Segundo Simondon (2008), “A perfeição da máquina, aquela que aumenta o grau de tecnicidade, corresponde, não a um aumento de automatismo, mas ao funcionamento de uma máquina que contém uma certa margem de indeterminação.”.

Será precisamente esta margem de indeterminação que permite à máquina ser sensível à informação exterior? Segundo Flusser (2007):

A máquina dotada de uma alta tecnicidade é uma máquina aberta que supõe o homem como organizador permanente, como intérprete vivo das máquinas”, e que “longe de ser o vigilante de uma tropa de escravos, o homem é o organizador permanente de uma sociedade de objetos técnicos que dele têm necessidade.

Para Flusser (2007),

O aparelho (objeto técnico) é infra-humanamente estúpido e pode ser enganado; os programas dos aparelhos permitem introdução de elementos humanos não previstos; as informações produzidas e distribuídas por aparelhos podem ser desviadas da intenção dos aparelhos e submetidas a intenções humanas; os aparelhos são desprezíveis.

Nesse sentido, pode-se concluir que entre Simondon e Flusser, a introdução de elementos não previstos e certa margem de indeterminação, caracterizaria o objeto técnico e permitiria ampliar o grau de interferência do sujeito sobre a máquina. Desse modo, garantiria-se o reposicionamento do sujeito em sua relação com o aparelho-objeto técnico.

Assim como a eficiência, a neutralidade como valor inerente à tecnologia também é objeto de questionamento por esses teóricos. Pode-se considerar que a construção do argumento de Simondon sobre os objetos técnicos se baseia na hipótese de que a tecnologia é neutra, sendo sua aplicação e desenvolvimento condicionados ao controle humano, e desse modo, sujeitos a controvérsias éticas.

Sobre este aspecto, segundo Feenberg (2009):

[...] a filosofia política é abstraída sistematicamente da tecnologia e, desse modo, omite o potencial distópico da sociedade avançada. A filosofia política considera a esfera técnica como um *background* neutro contra o qual indivíduos e grupos perseguem objetivos pessoais e políticos. Tais objetivos são, de maneira geral, vistos como ideias mais ou menos racionalmente justificáveis a respeito de direitos, vida boa e assim por diante.

Feenberg (2009) considera, ainda, que “[...] nenhuma ferramenta é neutra, neutralidade geralmente refere-se à indiferença de um meio específico quanto ao alcance de fins a que pode servir.”. De acordo com Feenberg (2009), pode-se, então, dizer que a tecnologia, tal como a se conhece hoje, é indiferente quanto aos fins humanos em geral. No entanto, as estruturas de poder influenciam o estado do conhecimento e suas aplicações. Nesse sentido, a tecnologia contemporânea não é neutra, ela favorece alguns fins específicos e impede outros.

Ao contrapor-se à omissão desse potencial distópico da tecnologia, Feenberg (2009) nos remete aos fundamentos da teoria marxista, a partir dos quais todo e qualquer avanço econômico e tecnológico nas sociedades capitalistas remetem ao seu objetivo primeiro, qual seja, a acumulação de capital; seja na substituição de mão de obra artesã ou manufatureira por maquinaria, seja na substituição de tecnologias por outras tecnologias, qualquer avanço tem como princípio e fim a mais-valia, a exploração do trabalho e o controle do trabalhador – do seu tempo e do seu saber artesão, através da divisão das tarefas.

Outra questão tanto recorrente quanto polêmica, não somente nos meios acadêmicos, nas instituições de pesquisa, mas também nas instituições de Estado e dos fabricantes de tecnologia, consiste na necessidade de regulação do desenvolvimento tecnológico. Feenberg (2009), argumenta que “[...] mais e mais freqüentemente somos alertados dessa necessidade pela ameaça de efeitos laterais do avanço tecnológico.”.

No ensaio “A alavanca contra ataca”, Flusser (2007) salienta a necessidade de um olhar atento sobre a tecnologia. Para ele, “[...] esse é um problema de design: como devem ser as máquinas, para que seu contragolpe não nos

cause dor? Ou melhor: como devem ser essas máquinas para que o contragolpe nos faça bem?”.

De outro modo, Feenberg (2009) coloca a questão no âmbito da política da tecnologia, tratando o design dos objetos como fator civilizatório, definidor de rumos para as sociedades democráticas. Segundo o autor (FEENBERG, 2009),

[...] a política da tecnologia depende de aspectos contingentes do design técnico determinado por um projeto de civilização e que não surge da essência da tecnologia. Essa abordagem sugere que designs diferentes poderiam sustentar uma sociedade mais democrática baseada na auto-organização democrática na própria esfera técnica

Para Flusser (2007), “onde quer que as relações sociais sejam mediadas pela tecnologia moderna seria possível introduzir controles mais democráticos.”. Desse modo, seria possível “[...] reformular a tecnologia a fim de acolher maiores *inputs* de perícia e iniciativa.”.

Percebe-se, portanto, que Feenberg, assim como Flusser, reivindicam uma revisão do estatuto dos objetos técnicos, através de um código técnico-ético, com a reavaliação dos princípios e valores que orientam o design dos objetos, sem prescindir dos valores já atribuídos pela tecnologia, como a eficiência e a racionalidade. Esse seria um código para articular a relação entre necessidades sociais e técnicas, tornando a relação homem-objeto técnico menos assimétrica.

Para Feenberg (2009),

[...] abrir a tecnologia a uma extensão mais ampla de interesses e propósitos poderia levar a seu replanejamento, a uma maior compatibilidade com os limites humanos e naturais da ação técnica. Uma transformação democrática de baixo para cima pode encurtar as curvas de *feedback* das vidas humanas e da natureza danificadas e orientar uma reforma radical da esfera técnica.

Tais argumentos sugerem considerações importantes acerca do determinismo tecnológico e da suposta neutralidade que a tecnologia se apresenta: como um fetiche que condiciona o desenvolvimento da estrutura econômica e social dos valores culturais.

Não há como refletir sobre o potencial de transformação das coisas e do mundo, a partir do design dos objetos, sem que sejam levadas em conta as formas possíveis de democratização e de regulação da tecnologia. No que se refere à Fabricação Digital, a consciência da natureza dos objetos técnicos e a busca pela definição de um código técnico que considere o sujeito em suas especificidades e necessidades técnicas, pode contribuir para uma apropriação crítica dessa tecnologia, informando o design dos objetos técnicos rumo a um “humanismo tecnológico”.

Na busca por uma conclusão, compartilho do questionamento feito por Jacques Ellul (1992) em vídeo *The Betrayal of Technology*:

[...] nós podemos nos perguntar se há realmente algum sentido em tudo isso ser investigado, mas a procura para isso não pode ser estritamente uma atividade intelectual, a busca por um sentido implica que nós devemos ter uma discussão radical sobre a vida moderna. Com o objetivo de redescobrir um sentido, nós devemos discutir tudo que não tem sentido. Nós estamos cercados por objetos que são, é verdade, eficientes, mas são absolutamente sem propósito. Nós temos a obrigação de redescobrir certas verdades fundamentais, valores fundamentais que assegurem que as pessoas experienciem suas vidas como tendo algum sentido e que tem desaparecido com o rápido e inexorável avanço tecnológico.

Compreende-se, assim, a partir desta afirmação de Ellul, que a sociedade contemporânea vem construindo uma relação com o mundo através dos objetos técnicos de forma pouco crítica. Assim, ao interagir com as novas tecnologias, não se questionam os fatores que estão em jogo. Pode-se hesitar diante de um novo artefato, mas segue-se em frente na apropriação automática do novo.

## 6.2 O CONCEITO DE DEFASAGEM TECNOLÓGICA SOB A ÓTICA DE VILÉM FLUSSER

A análise de alguns aspectos que aparecem no problema da defasagem que Vilém Flusser elabora na “Fenomenologia do Brasileiro” (FLUSSER,

1998)<sup>161</sup>, parecem pertinentes para que se possa estabelecer analogias e situar alguns impasses gerados pela assimilação de tecnologias avançadas de construção para o contexto brasileiro, a saber, as tecnologias integradas de Design e Fabricação Digital da Arquitetura. Conceitos básicos, tais como assimilação e defasagem tecnológica, são de grande importância neste contexto, uma vez que uma parte considerável da literatura produzida no Brasil continua interpelando os paradigmas tecnológicos valendo-se de tais parâmetros: centro e periferia, países desenvolvidos, exportando tecnologia e expertise, e países pobres ou subdesenvolvidos receptores, e adaptadores dessa tecnologia.

Mais importante ainda, pode ser comparar e questionar: esses conceitos ainda comportam a diversidade do mundo, mediante os fenômenos de compartilhamento que o paradigma da Internet pressupõe? Em que medida? Cabe, aqui, compreender ou analisar, à luz do conceito de defasagem, proposto por Flusser (1998), como esses fenômenos aparecem na sociedade brasileira e quais as possibilidades de síntese engendradas por tal condição, uma busca em direção ao desenvolvimento, (que merece ser interpretado) mas a uma situação virtualmente digna, criativa, “transgressora” do “brasileiro no melhor dos casos”. Flusser (1998) escreve:

Pois o que pode significar ser brasileiro no melhor dos casos? Pode significar um homem que consegue (inconscientemente, e mais tarde conscientemente) sintetizar dentro de si e no seu mundo vital tendências históricas e não históricas aparentemente contraditórias, para alcançar uma síntese criativa, que por sua vez não vira tese de um processo histórico seguinte. Portanto pode significar uma maneira concreta e viva de ser homem e dar sentido à sua vida, fora do contexto histórico, mas nutrido por este.

A aplicação de tecnologias avançadas de design e Fabricação Digital, na produção da Arquitetura Contemporânea, tem propiciado a discussão de questões importantes, configurando novos meios de pensar e fazer Arquitetura ao reivindicar a natureza dos materiais, suas características estruturais e físicas, incorporando-os, de fato no processo de projeto. Tais

---

<sup>161</sup> Flusser, Vílem. Fenomenologia do brasileiro: em busca do novo homem. Rio de Janeiro: EdUERj 1998.

tecnologias têm dado sua contribuição na tentativa de restabelecer a relação entre concepção e produção da Arquitetura, cuja ruptura se deu na Renascença, com o advento do arquiteto moderno, a partir das técnicas da perspectiva propostas por Filippo Brunelleschi e teorizadas por Leon Battista Alberti. O paradigma da perspectiva, ou seja, aquele que instaura a separação entre trabalho intelectual e o trabalho manual, a separação entre desenho e canteiro. O paradigma da perspectiva tem como base o controle, o formalismo, o determinismo e uma almejada linearidade projetual.

Contudo, a despeito das possíveis contribuições das tecnologias do design e da Fabricação digitais para a produção da Arquitetura Contemporânea, das tentativas de superação do distanciamento entre o pensar e o fazer, a maior parte das pesquisas e projetos, que têm se apropriado dessas tecnologias, tem sido desenvolvida por grandes incorporadoras – escritórios de Arquitetura e Engenharia, como Gehry Partners, Foster Associates, Grimshaw, Zaha Hadid, entre outros, que enfatizam a geração e a execução de geometrias altamente complexas, impossíveis de serem criadas e construídas pelos meios convencionais de produção, caracterizando, desse modo, uma Arquitetura voltada para o extraordinário – como foi discutido no capítulo 3, sobre as opções da Arquitetura em relação à tecnologia da Fabricação Digital.

Nesse sentido, a apropriação das técnicas digitais de projeto e de produção da Arquitetura tem conduzido à produção de uma “arquitetura de exceção”, dando origem a um “novo fetiche da forma”, no qual a arquitetura manifesta e representa o poder e a riqueza abstrata do capitalismo contemporâneo. Arantes (2012) refere-se a este tipo de Arquitetura “[...] que é própria à economia do luxo, da alta costura à joalheria.”. Essa Arquitetura tem sido pouco crítica do papel social do arquiteto, principalmente em países que convivem com a miséria cultural, humana e urbana, como é o caso do Brasil.

A despeito do avanço tecnológico, as aplicações da Fabricação Digital para a Arquitetura e para a Indústria da Construção Civil, no Brasil, ainda são incipientes e, poderia-se concluir, defasadas. Contudo, ao analisar o problema da defasagem na sociedade brasileira, Vilém Flusser atribui novo

significado ao termo e propicia uma outra possibilidade de entendimento deste fenômeno na cultura brasileira.

A partir da análise do termo defasagem, proposta por Flusser (1966), busca-se um outro viés para a interpretação deste impasse que aparece na produção recente da arquitetura brasileira – o que nos levaria, talvez, à “visão de uma possível ruptura da defasagem”, atribuindo, desse modo, um novo sentido à assimilação de tecnologias avançadas na produção de uma arquitetura brasileira responsável. Flusser (1966) argumenta que “O que está em jogo é a compreensão do sentido e da forma de inovação tecnológica no capitalismo e como ela poderia vir a ser alterada, num contexto diverso, para uma prática emancipadora de todos os envolvidos no ato de construir.”.

Em *Fenomenologia do Brasileiro: em busca do novo homem*, Vilém Flusser (1998) busca uma descrição fenomenológica de um Brasil vivido, a partir do ponto de vista de um intelectual brasileiro imigrado da Europa. Como alerta o próprio autor, “[...] o pensamento histórico (europeu) imerso em uma sociedade a-histórica (brasileira).”.

No capítulo *Defasagem*, do livro citado e publicado em 1998, ou seja, de uma realidade não tão distante no tempo, porém de uma geração que não vivenciou a consolidação das transformações e os desdobramentos da cultura da Internet, Flusser (1998) aborda o problema da defasagem como sendo a própria essência da situação brasileira, confundindo-se com a história da sociedade brasileira. O autor evidencia algumas questões necessárias para a compreensão de tal fenômeno. Destacam-se aqui aquelas que se acredita são fundamentais para sua interpretação, como quer Flusser (1998), “[...] para servir de mapa, por analogia e contraste, a uma humanidade tão perdida quanto o é o próprio ensaio. As analogias e os contrastes deverão ser fornecidos pelo próprio leitor, do seu próprio ponto de vista.”.

A primeira questão diz respeito à compreensão da repetição de formas que aparecem ao longo do processo histórico, ou seja, se os fenômenos da cultura brasileira podem ser considerados como formas e de onde vêm

essas formas. Para Flusser (1998), se tais formas ou fenômenos aparecem na cultura brasileira como cópia de algum modelo europeu, isso tem uma característica; se, ao contrário, são formas que aparecem a partir de um movimento autóctone, regional, original, da cultura, tem-se um outro significado.

Poderia-se enumerar muitos exemplos de cópia de formas, processos, expressões e ideologias, presentes na arquitetura no Brasil. No entanto, são em menor número os exemplos de expressões originais, tais como os apresentados por Gunter Weimer (WEIMER, 2005), obras arquitetônicas exemplares, típicas de uma situação de extrema penúria, como as favelas urbanas, o pau-a-pique (empregado nos mocambos nordestinos), as construções em palafita das periferias de Salvador e, até mesmo, (exemplo dado por Flusser (1966) a arquitetura de Ouro Preto do século XVIII. Poderiam ser citados outros nomes e exemplos peculiares e de extrema relevância para a Arquitetura no Brasil, como o brutalismo brasileiro de Artigas ou João Filgueiras Lima e as obras emblemáticas de Lina Bo Bardi e Oscar Niemeyer. Exemplos há, também, em outras áreas, como o paisagismo de Roberto Burle Marx, as telas pintadas por Tarsila do Amaral, os painéis de Cândido Portinari, a antropologia e a sociologia de Paulo Freire, entre outros.

Para Cabral Filho (2009),

[...] a arquitetura das favelas brasileiras, a despeito de sua precariedade e pobreza, em sua informalidade, é mais significativa para a cultura brasileira do que a chamada arquitetura culta, incapaz de lidar com a informalidade e os processos de ajuste locais, incapaz de lidar com a abertura e a dialogicidade.

Entre a produção reconhecida pelo campo por sua distinção, são poucos os arquitetos que se destacam pela tentativa de caracterização de uma arquitetura brasileira. Estes poucos arquitetos distinguem-se, principalmente, pela sua capacidade de invenção, tanto técnica quanto de síntese, de uma linguagem particular e característica da cultura brasileira; como é o caso de João Filgueiras Lima, Paulo Mendes da Rocha, Zanine Caldas, Lina Bo Bardi, Villanova Artigas, Sérgio Ferro e Oscar Niemeyer. A produção desses

arquitetos consagrados nos leva a considerar a segunda questão tratada por Flusser (1966) em sua tentativa de compreensão do problema da defasagem na sociedade brasileira, que é a da ideia de máscara:

A todo instante histórico o espírito do tempo se manifesta em todos os fenômenos culturais, desde a língua até os instrumentos, desde a moda até os sonhos. Isto significa que naquele instante o espírito humano assumiu uma máscara determinada.

Tais máscaras podem ser entendidas como superfícies, cuja aparência encobre outra realidade. Nesse sentido, nem todos os homens de um determinado tempo histórico, sob o espírito da época, assumem tal máscara; apenas uma “elite decisiva” e minoritária, que o autor define como sendo a “vanguarda”. Esta vanguarda consegue impor tal máscara a toda a sociedade. Fato perturbador, para Flusser (1998), é “[...] identificar que a grande maioria da população, ao comportar-se de determinada maneira, leva a cabo o projeto, programa, ideologia de uma pequena minoria, sendo nesse sentido co-responsável.”

O advento de Brasília, assim como a adoção do concreto armado como marco da fundação do Brasil “moderno”, parece ser um exemplo bastante significativo dessa interpretação de Flusser. Sérgio Ferro (2006) faz uma análise aprofundada desta questão da relação entre uma elite decisiva e minoritária com máscara moderna e uma massa neolítica-rural com máscara proletária, que leva a cabo a “invenção” de Brasília, a despeito da situação de exploração análoga a escravidão dos operários no canteiro heterônimo da construção.

Do ponto de vista da Fabricação Digital, esta certamente, ainda não conta com o apoio da Indústria da Construção, como foi o caso de Brasília. Contudo, a vanguarda parece se esforçar para impor uma nova máscara – cosmopolita, *high tech* – a toda a sociedade. Esse é um impasse ao qual já se fez referência, anteriormente, como sendo a dicotomia entre a hiperespecialização do arquiteto, promovida até então pelo design digital, e as possibilidades de democratização da Arquitetura, a partir dos *softwares* de código aberto e da ênfase na tecnologia social, participativa e aberta.

Ao afirmar que “o brasileiro pensa a-historicamente”, Flusser (1998) caminha em direção à compreensão de uma mentalidade não-histórica, ainda que parcialmente permeada ou irrigada por elementos históricos. Para Flusser (1998), essa seria a definição geral do retrato do Brasil, aspecto determinante na formação da “consciência nacional”. No pensamento histórico, segundo Flusser (1998),

[...] a sociedade humana é tomada de processo superador que se inicia em origens mágico-míticas (na pré-história), conserva tal origem em todas as suas fases e visa a meta (a plenitude dos tempos), na qual as virtualidades originais serão totalmente realizadas

Este tipo de pensamento histórico reflete uma consciência de sua origem, do momento em que se encontra e na direção de uma determinada meta que não deixa de manter relação com a própria origem. Portanto, essa mente é imbuída de uma noção de progresso, ou seja, de um desenvolvimento integrado a esse decurso temporal, histórico.

No caso do pensamento a-histórico, tal como Flusser o define, não se tem essa noção de progresso a partir de uma origem, nem de um progresso em direção a uma determinada meta, o que implicaria a superação da noção de progresso. Para o pensamento não-histórico, existe um certo tipo de vivência cotidiana da a-temporalidade; ou seja, para o pensamento não-histórico, é como se a origem mágico-mítica nunca tivesse sido abandonada. Portanto, ela não tem a característica de origem, ela é simplesmente o estado de coisas em que se vive, o estado de coisas em que a consciência está mergulhada. Nesse sentido, para o pensamento a-histórico, é segundo Flusser (1998). “A sociedade humana é uma forma de romper a trágica solidão do homem que enfrenta sua morte, dar forma e sentido à sua vida única, incomparável, irrevogável e irrepetível.”.

Para Flusser (1998), essa característica – do pensamento essencialmente a-histórico – é espontânea, é algo que ocorre de modo pré-reflexivo; e, portanto, possui certa autenticidade, diferente de tendências nos países históricos, em direção ao pensamento a-histórico. Segundo Flusser (1998), tais tendências (como a fenomenologia, o existencialismo, o estruturalismo, o

positivismo lógico) de abandono da história são deliberadas e, portanto, duvidosas. Por outro lado, Flusser (1998) adverte para o perigo da historicização do pensamento a-histórico: “Trata-se de um erro trágico, que confunde liberdade existencial a-histórica com liberdade histórica, arriscando-se a perder a primeira. Este erro é responsável pelo engajamento da burguesia e encerra todo o problema da defasagem.”.

Flusser (1998) ironiza: “[...] o que o burguês brasileiro arrisca perder é justamente aquilo que os homens históricos almejam sem poder alcançar: a liberdade existencial a-histórica.”

A distinção entre a-história digna e a-história primitiva aparece, na análise de Flusser, como chave para uma possível superação ou ruptura da defasagem na sociedade brasileira. Para Flusser (1998), o homem não-histórico é primitivo se aceitar a determinação do ambiente. Portanto, se este homem conseguir se impor conscientemente sobre o ambiente natural e social que o determina; se houver uma conscientização de sua singularidade, espontaneamente a-histórica (um certo movimento de reflexão de algo que ocorre irrefletidamente, mas que predomina sobre sua existência), então, tem-se uma chance de o brasileiro abandonar a a-história primitiva e ingressar no que Flusser (1998) chama de a-história digna:

O homem não-histórico se torna inconsciente espontaneamente por existência irrevogável e única que se encontra em ambiente natural e social que o determina. Se conseguir dar-se conta disto conscientemente, a dialética entre determinação e liberdade aparecerá para ele como tensão entre determinação do ambiente e possibilidade de transcendê-la, e tal transcendência será a tarefa da sua vida, porque, ou poderá decair na determinação do ambiente, ou em a-história primitiva, ou se imporá sobre o ambiente em a-história digna.

Portanto, para Flusser (1998), há dois caminhos possíveis na tentativa de o brasileiro alcançar a a-história digna, impondo-se conscientemente sobre o ambiente natural e social que o determina. No primeiro caminho, tem-se um homem a-histórico não primitivo que empresta sentido novo à vida humana, “[...] em processos que visam espontaneamente a síntese de tendências históricas e a-históricas contraditórias que podem resultar em cultura.”.

No segundo caminho, segundo Flusser (1998), “Há processos que procuram impor ao homem a-histórico fases ultrapassadas da história ocidental, cuja consequência é não apenas encobrir os processos autênticos, mas sufocá-los.”. Nesse último caso, segundo Flusser (1998), se tais processos forem vitoriosos, “[...] transformarão o Brasil em sociedade histórica atrasada, mimética e falsa, na qual viver careceria de sentido.”.

Ao analisar a arquitetura de Ouro Preto, Cabral (2009) exprime com clareza o potencial de uma a-história digna:

O que importa é: inteiramente fora da corrente histórica, em canto perdido do mundo, surgiu um homem que impõe a sua vontade sobre a matéria em forma de beleza. Surge aqui uma maneira de informar e organizar matéria e, portanto, afirmar a dignidade humana, em síntese espontânea e não pretendida. Surge aqui uma cultura não histórica, a qual, embora ingênua, é tudo menos primitiva – portanto, um acontecimento de primeira ordem.

Contudo, Flusser (1998) aponta para a dificuldade em se distinguir entre fenômenos autênticos, como é o “barroco mineiro”, e fenômenos defasados, como é a industrialização no Brasil; ou seja, de se distinguir entre defasagem e síntese:

Enquanto aquela é apenas um índice de nosso atraso em relação aos países históricos, a síntese produz algo novo a partir das condições dadas na imanência de uma situação, sem desconsiderar influências externas, mas integrando-as e digerindo-as adequadamente.

Para Flusser (1998), o engajamento em história, no Brasil, tem sido acompanhado de perda de identidade. Contudo, para o autor, tal “[...] circunstância não obriga que a essência brasileira deva fechar-se à influência histórica para conservar-se.”; ao contrário, o autor acredita “[...] que é da essência brasileira abrir-se para tal influência, não para copiá-la, mas para assimilá-la.”.

Mesmo diante do aumento da velocidade das comunicações, propiciado pelo avanço no desenvolvimento das tecnologias digitais de informação e comunicação, que permitiu, segundo Flusser (1998), sincronizar a fonte de informação (história) com o receptor (Brasil), o fenômeno da defasagem

continua o mesmo. A defasagem, pelo senso comum, está sempre associada ao atraso e às dificuldades de comunicação. Nesse sentido, com o avanço tecnológico que permite uma comunicação em tempo real, a hipótese de atraso não se aplica: “[...] a defasagem brasileira continua defasada a despeito da facilidade comunicativa.”

Para Flusser (1998), “[...] o essencial da defasagem é: ser tentativa de traduzir o comunicado para o mundo concreto e vivido do receptor da mensagem.”. E essa é uma chave fundamental para o entendimento do problema da defasagem: mensagens comunicadas não são vivenciadas. Segundo Flusser (1998), a defasagem é a tentativa, condenada ao fracasso, de vivenciar mensagens; e o fracasso não pode ser evitado com facilidade e reversibilidade dos meios de comunicação disponíveis; pelo contrário, “[...] tal facilidade pode em certos casos até intensificar a defasagem.”. Para Oswald de Andrade (1928), “é a fixação do progresso por meio de catálogos e aparelhos de televisão. Só a maquinaria. E os ‘transfusores de sangue’” (ANDRADE, 1928).

Cabral Filho (2009) ao analisar tal aspecto da defasagem proposto por Flusser comenta:

[...] mesmo com a velocidade das comunicações e a simultaneidade dos eventos, trazemos um acanhamento de quem não experimentou o problema em sua forma e pulsão originais. O que não impede a transformação desse acanhamento em originalidade.

A defasagem continua, pois o conceito vincula-se à ideia de produtores de história e receptores. A defasagem não é mais em relação ao tempo, mas, sim, em relação à perda possível de autenticidade, na busca de trilhar os mesmos passos, em uma ideia de progresso linear vivido pelas sociedades históricas ocidentais.

De acordo com Vilém Flusser, a defasagem faz parte da cultura brasileira e está inscrita em nossa formação. Contudo, mesmo diante de uma realidade que se apresenta como caótica e de difícil apreensão, cujas referências são hibridizadas e as expressões deturpadas por ideologias importadas, sem

uma genuína assimilação, nossa sociedade ainda guarda um potencial de transformação que Flusser vislumbra na ruptura da defasagem.

Para Flusser (1998) “[...] tal ruptura da defasagem toma os elementos concretos da situação brasileira como base vivificada e acrescenta-lhes várias comunicações históricas para sintetizar os ingredientes em estrutura nova.”.

Contudo, a possibilidade de síntese requer a compreensão de uma característica ainda mais marcante na identidade do brasileiro: a mistura, em que “os ingredientes perdem parte da sua estrutura, para unir-se no denominador mais baixo” (FLUSSER, 1998). Para Flusser (1998), mistura é ecletismo, que, ao contrário da ruptura da defasagem, é defasagem violenta, resultante de uma alienação violenta de uma burguesia defasada, cuja “[...] tendência se manifesta também na prontidão de aceitar o ‘mais novo’ (no sentido de: último a ser comunicado) e tomá-lo como mais um retalho a ser acrescentado na colcha.”.

Na síntese, “Os ingredientes são elevados a novo nível no qual desvendam aspectos antes encobertos.” (FLUSSER, 1998). Aqui, o autor vislumbra a possibilidade de um Brasil do futuro onde a ruptura da defasagem para o “brasileiro no melhor dos casos” significa assumir conscientemente e articular uma identidade autêntica na forma de uma cultura a-histórica, que é síntese de elementos próprios e assimilados, transformando-a, criativamente, com abertura em cultura.

Segundo Cabral Filho (2009), no campo da Arquitetura,

[...] algumas experiências relevantes têm sido feitas na tentativa de incorporar algumas características do povo brasileiro como a informalidade, a plasticidade social e uma natureza aberta ao jogo e à brincadeira, que parecem abrir um universo novo de perspectivas para além de parâmetros de ordenação baseada no determinismo e na linearidade, que marcam a modernidade.

Tais investigações, como as propostas por Ana Paula Baltazar e Silke Kapp (2006), têm buscado desenvolver propostas que incluem processos participativos e autônomos de projeto e construção, materiais e sistemas

construtivos alternativos e, finalmente, meios físicos e digitais de facilitação da produção autônoma. Esse parece ser um caminho autêntico a ser seguido, tal qual aquele seguido por João Filgueiras Lima (ARANTES, 2012):

Se não há como desenvolver uma tecnologia socialista fora do socialismo, existem iniciativas aproximativas do maior interesse e que estão sendo testadas no momento presente. Como exemplo, as fábricas públicas de hospitais e escolas no Brasil, e o Instituto Brasileiro de Tecnologia do Habitat (IBTH coordenados pelo arquiteto João Filgueiras Lima). Nelas a inovação tecnológica é desenvolvida numa ação conjunta entre projetistas e executantes em um mesmo coletivo de construtores, o que indica possibilidades diversas para o desenvolvimento tecnológico na produção da arquitetura. Os fins já são outros: escolas, hospitais, creches, peças de infraestrutura urbana (placas para contenções de encostas e canalização de córregos, paradas e terminais de ônibus, passarelas de pedestres etc). Os meios também: fábricas públicas, algumas delas geridas como cooperativas, nas quais projetistas e operários trabalham em um esforço conjunto. Os resultados alcançados são não apenas de grande qualidade como expressam outras relações de trabalho e de apropriação das forças produtivas.

Assim, a questão da defasagem e de como ela aparece na análise de Vilém Flusser pode iluminar possíveis abordagens e formas de assimilação das tecnologias integradas de design e Fabricação Digital da arquitetura no Brasil. Como Flusser (1998) observa:

Retroceder, para podermos imaginar e depois compreender e, por fim, para agir decididamente. Pois estas são as fases do encontro consigo mesmo: distância, imaginação, conceito, ato; ou superação da situação, projeto de um plano sobre a situação, adequação do plano à situação, modificação da situação de acordo com o plano.

Isto, como bem salienta Flusser (1998), é tarefa do brasileiro no melhor dos casos.

### 6.3 O COMPARTILHAMENTO E AS HABILIDADES DIALÓGICAS

O meio científico – menos afeito a ações não mensuráveis – está se abrindo para novos experimentos. Cita-se, como exemplo, o Centro Dalai Lama para

a Ética e Valores transformativos, no MI<sup>162</sup>. Este Centro tem-se dedicado ao questionamento, ao diálogo e à atuação na educação a partir das dimensões éticas e humanas. O mesmo concentra-se no desenvolvimento de pesquisas e programas em diversos campos do conhecimento, da Ciência e da Tecnologia para a educação, em Relações Internacionais interdisciplinares, com um pensamento colaborativo e apartidário. Os programas enfatizam a responsabilidade, examinam o significado e o propósito moral dos projetos, considerando os indivíduos, as organizações e as sociedades. Valores transformativos, aprendizado transformativo, compartilhamento e responsabilidade social são parâmetros para um tipo de sociedade que ainda vive dentro da sociedade capitalista, mas que tem o potencial de se estabelecer como uma “economia solidária”.

Do mesmo modo, em dois livros, *O Artífice* (SENNETT, 2008) e *Juntos* (SENNETT, 2012), o sociólogo e historiador Richard Sennett aborda a necessidade da cooperação e do desenvolvimento das habilidades do fazer juntos. Pergunta-se como se perdeu esse contato com o fazer, como se perdeu a ideia de trabalhar juntos e como pode-se retomar, para nós, habilidades sociais que são inerentes às sociedades complexas. Usa-se estas indicações para estruturar e abrir caminho para a discussão dos movimentos *Maker* e similares, que surgem como movimentos “sociais e da contracultura”, sendo assumidos posteriormente tanto pela academia quanto pelas políticas públicas.

A pesquisa sobre as formas de colaboração que surgiram dentro dos movimentos *Maker* e *Fab Lab*, nos conduziu a uma hipótese: a humanidade tem a capacidade de fortalecer a emancipação para fazer chegar a cada vez mais pessoas conteúdos que alimentem processos criativos para problemas locais, sobretudo para aqueles que ainda sofrem a exclusão, a exploração e o esquecimento. Este já teria sido um aspecto valioso dos movimentos *Maker*.

---

162 The Dalai Lama Center for Ethics and Transformative Values, Massachusetts Institute of Technology (W11-063), 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139 USA. Disponível em <http://thecenter.mit.edu/>. Acesso em 21/set/2017.

Desde o advento dos *softwares* e *hardwares* de código aberto, e desde a sua disseminação via web, a possibilidade de um subproduto das sociedades capitalistas – *mainstream* – tornou viável uma economia baseada na cooperação. Começa-se a sair do universo da produção em massa, afirmando a produção personalizada, sobretudo pelo advento dos *softwares* de código aberto (*Open Source*) que popularizaram o acesso às técnicas de produção, principalmente os métodos de produção aditivos. A Fabricação Digital, nestes termos se mostra capaz de diminuir a assimetria entre o design em meio digital e a prática no canteiro, superando também a dialética entre o pensar e o fazer.

De acordo com as reflexões da filósofa alemã Hannah Arendt (1983) sobre “as habilidades necessárias à vida cotidiana”, fazer é pensar. A aprendizagem, através do fazer - na qual o pensamento e o sentimento estão contidos no processo de fazer – transforma em falsa a divisão entre o “homem que faz” e o “homem que pensa”. Para Arendt (1983) “[...] a artesanaria prospera em comunidades com laços sociais fortes e em organizações que encorajam a cooperação.”.

Portanto, a cooperação é o aspecto primordial ao lidar com a Fabricação Digital, desejando se apropriar dela no contexto de uma arquitetura que se distancia do espetáculo e se abre para a produção ordinária e de baixo custo na sociedade brasileira. Deve-se fazê-la de maneira crítica, compartilhando conhecimento e saberes de outros campos, como as Engenharias, a Tecnologia dos Materiais, a Computação e as áreas das ciências sociais: a Sociologia, a Filosofia, a História, a Geografia e ainda a Biologia, a Biotecnologia, a Biogenética, entre outros.

Para Richard Sennett (2012), as habilidades dialógicas são habilidades sociais que propiciam a cooperação e que permitem trabalhar juntos a despeito das diferenças. Tais diferenças exigem um tipo especial de cooperação. Tomando como premissa as possibilidades do aprendizado através do fazer, Sennett (2012) aponta alguns aspectos que contribuem para o fortalecimento da cooperação, para que se possa alcançar a dialogicidade. Entre eles, aponta a empatia e o altruísmo para a aceitação

das diferenças: um objetivo comum, capacidades diferentes. Do mesmo modo, Sennett (2012) acredita que seja necessário assumir o desafio de compreender quais são os fatores que enfraquecem a cooperação, como a incapacidade de admitir a diferença, que o autor chamou de “efeitos de silo”, cuja cooperação somente ocorre entre iguais. Portanto, em oposição às habilidades dialéticas, as habilidades dialógicas fortalecem a cooperação através da ação conjunta contra aspectos que enfraquecem a cooperação – como a incapacidade de admitir a diferença em oposição às cooperações entre diferentes, não desiguais.

A cooperação emerge como um comportamento não trivial; são várias as forças que levam o indivíduo a cooperar, não por uma necessidade de conseguir realizar algo apenas porque não pode levar a cabo algum fazer ou projeto isoladamente. Os benefícios da cooperação, quer se crer, são muito maiores do que apenas uma condição de impossibilidade diante da complexidade. O autor aponta que, a boa alternativa “É um tipo exigente e difícil de cooperação: tentar reunir pessoas de interesses diferentes ou conflitantes, que não se sentem bem em relação umas às outras, que são desiguais. Sendo assim a cooperação torna-se um valor em si mesmo.” (SENNETT, 2012, p. 16). Como aponta o filósofo Michael Ignatieff (1984): “A receptividade à cooperação é uma disposição ética.”.

Para Sennett (2012, p. 9),

A cooperação azeita a máquina de concretização das coisas, e a partilha é capaz de compensar aquilo que acaso nos falte individualmente. A cooperação está embutida em nossos genes, mas não pode ficar presa a comportamentos rotineiros; precisa desenvolver-se e ser aprofundada. O que se aplica particularmente quando lidamos com pessoas diferentes de nós; com elas, a cooperação torna-se um grande esforço.

Sennett adverte que o mais importante na cooperação intensa é o fato de exigir habilidades: “Aristóteles definia a habilidade como *tchené*, a técnica de fazer com que algo aconteça, fazendo-o bem”; o filósofo islâmico Ibn Khaldun “considerava a habilidade, terreno específico dos artífices”. Para Sennett (2012, p. 19),

as 'habilidades sociais' podem percorrer toda a gama de ações implicadas em agir com atenção, agir com tato, encontrar pontos de convergência e de gestão da discordância ou evitar a frustração em uma discussão difícil têm um nome técnico: chamam-se 'habilidades dialógicas'.

O enfraquecimento da cooperação é exemplificado por Sennett (2012, p. 19):

As forças culturais militam hoje em dia contra a prática da cooperação exigente. A sociedade moderna está gerando um novo tipo de caráter. É o tipo de pessoa empenhada em reduzir ansiedades provocadas pela diferença, sejam de natureza política, racial, religiosa, étnica. O objetivo da pessoa é evitar qualquer tipo de sobressalto, sentir-se o menos estimulada possível por diferenças possíveis. A homogeneização cultural é evidente na arquitetura moderna, no vestuário, na comida de rápido consumo, na música popular, nos hotéis... A relação é globalizada e interminável "Todo mundo é basicamente igual" expressa essa visão de mundo que busca a neutralidade. O desejo de neutralizar toda a diferença, de domesticá-la, decorre de uma angústia em relação à diferença, conectando-se com a economia da cultura global de consumo. Um dos resultados é o enfraquecimento do impulso de cooperar com aqueles que se mantêm teimosamente Outros.

Segundo Sennett (2012), os tempos modernos não estão bem equipados para atender aos desafios apresentados pelo tipo mais exigente de cooperação: "A sociedade moderna está 'desabilitando' as pessoas da prática da cooperação.". Segundo o sociólogo e historiador (SENNETT, 2012, p. 20),

[...] o termo "desabilitar" decorre da substituição de homens por máquinas na produção industrial, à medida que as máquinas complexas foram tomando lugar do trabalho manual especializado. No séc XIX, essa substituição ocorreu, por exemplo, na siderurgia, deixando aos trabalhadores o desempenho das tarefas mais simples e grosseiras; hoje temos a lógica da robótica, cujo objetivo é substituir a mão de obra dispendiosa tanto no fornecimento de serviços quanto na fabricação de objetos. A desabilitação vem ocorrendo em igual medida no terreno social: as pessoas perdem a capacidade de lidar com as diferenças insuperáveis, à medida que a desigualdade material as isola. Estamos perdendo as habilidades de cooperação necessárias para o funcionamento de uma sociedade complexa.

É difícil a tarefa de cooperar com aqueles que diferem, mas a sociedade moderna debilitou a cooperação à sua maneira. "A mais direta delas diz respeito à desigualdade" (SENNETT, 2012, p. 17). O autor ainda destaca (SENNETT, 2012, p. 18):

Em princípio, toda organização moderna é favorável à cooperação; na prática, esta é inibida pelas estruturas das organizações modernas – que é reconhecido nas discussões gerais como o “efeito de silo”, o isolamento de indivíduos e departamento em diferentes unidades, pessoas e grupos que pouco compartilham e na verdade retêm informações valiosas para os outros.

Sennett (2012) ajuda a desvelar a distinção entre “dialética e dialógica”, mostrando a importância de uma conversa dialógica no fortalecimento da cooperação. Segundo o autor (SENNETT, 2012, p. 22),

[...] a escuta atenta gera conversas de dois tipos, a dialética e a dialógica. Na dialética, como aprendemos na escola, o jogo verbal de opostos deve levar gradualmente a uma síntese; a dialética começa na observação de Aristóteles, na Política, de que, “embora passemos a usar as mesmas palavras, não podemos dizer que estamos falando das mesmas coisas”; o objetivo é acabar chegando a um entendimento comum. A proficiência na prática da dialética está na detecção do que poderia contribuir para esse terreno comum.

Ainda ele, nos diz que (SENNETT, 2012, p. 32),

“Dialógica” é uma palavra cunhada pelo crítico literário Mikhail Bakhtin para se referir a uma discussão que não resulta na identificação de um terreno comum. Embora não se chegue a um acordo, nesse processo de troca as pessoas podem se identificar mais de seus próprios pontos de vista e ampliar a “compreensão recíproca”. [...] “Naturalmente entre a conversa dialética e dialógica não é uma questão de ou/ou” [...] “o movimento avante na conversa dialógica vem da atenção voltada para aquilo que a outra pessoa está dando a entender, sem chegar a dizer; como no astuto “em outras palavras” de Sócrates, em uma conversa dialógica os mal-entendidos podem eventualmente contribuir para o entendimento mútuo.”.

Para Sennett, as trocas se manifestam de muitas formas e em muitas vezes a cooperação pode ser associada à competição. Ambas, a cooperação e a competição, manifestam-se diante do avanço tecnológico, como pode-se ver. Esta pesquisa abordou vários momentos nos quais a cooperação levou a cabo grandes mudanças tanto nos modos de produção quanto na vida humana e do planeta. Considerou também aspectos positivos e negativos da cooperação no âmbito do desenvolvimento tecnológico – na produção de artefatos que levaram o homem às grandes revoluções industriais até à cooperação que levou à invenção da bomba atômica ou à criação do computador. A pesquisa procurou evidenciar a importância da supremacia da

ética sobre o pensamento utilitarista da tecnologia quando foi referido o conceito cunhado por Hannah Arendt, qual seja, a paixão pela instrumentalidade (CALLIGARIS, 1991). Crê-se que esta supremacia esteve presente, por exemplo, na criação do *Media Lab* do MIT, com Negroponte, e, em especial, com Seymour Papert; e que, na atualidade, aparece como uma retomada do aprender, fazendo. Trata-se de trazer à luz quais as formas que podem contribuir para fortalecer a cooperação e a ética. Nas palavras de Hans Jonas, isto significa o Princípio de Responsabilidade (BATTESTIN, 2010); significa, do mesmo modo, como diz Ellul, que cabe a cada um identificar em quais contextos o homem do século XXI está inserido: “onde tudo é número e reflexo”, “no sentido de reagir sem pensar” (ELLUL, 2012): questionamentos da ordem por quê? e para quê?

Para Jean Piaget (1973), “Fazer é compreender, é compreender em ação”. Desse modo, a aprendizagem assume papel fundamental em nossas conclusões uma vez que é o processo pelo qual as competências, habilidades, conhecimentos, comportamentos ou valores são adquiridos ou modificados, como resultado de estudo, experiência, formação, raciocínio e observação. Nesse sentido, ao avaliar-se alguns métodos de aprendizagem, busca-se aqueles que podem fortalecer não só o aprendizado numa experiência motivadora, que fortaleça o aprendizado através do fazer, mas, principalmente, o fazer cooperativo e compartilhado.

#### 6.4 ASPECTOS CONCLUSIVOS – INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E O CONTEXTO BRASILEIRO

A presença ubíqua das técnicas digitais tece um pano de fundo sobre o qual se busca entender os seus desdobramentos para a experiência humana. Nesse sentido, não há como fugir de questionar tais desdobramentos, como fez Hannah Arendt, filósofa extremamente pessimista quanto ao “homem do futuro” e à “condição humana” diante da tecnologia. Suas desconfiças nos parecem atuais e necessárias (ARENDR, 1983, p. 10-11):

Esse homem futuro, que segundo os cientistas será produzido em menos de um século, parece motivado por uma rebelião contra a existência humana tal como nos foi dada – um dom gratuito vindo

do nada (secularmente falando), que ele deseja trocar, por assim dizer, por algo produzido por ele mesmo. Não há razão para duvidar de que sejamos capazes de realizar essa troca, tal como não há motivo para duvidar de nossa atual capacidade de destruir toda a vida orgânica da Terra. A questão é apenas se desejamos usar nessa direção nosso novo conhecimento científico e técnico – e esta questão não pode ser resolvida por meios científicos: é uma questão política de primeira grandeza, e portanto não deve ser decidida por cientistas profissionais nem por políticos profissionais.

Pode-se dizer que as transformações, no campo tecnológico, alteraram o modo de ver o mundo e o modo como as pessoas se relacionam com ele. Igualmente, as relações interpessoais, sociais e de trabalho, foram reconfiguradas com o advento das técnicas digitais de informação e comunicação.

Hoje, as técnicas digitais e o pensamento computacional têm sido naturalizados e disseminados no cotidiano, sem que se tenha tempo para compreender e lançar um olhar crítico sobre os desdobramentos dos mesmos para a vida no Planeta. Disseminadas, naturalizadas, percebidas ou não, as técnicas digitais moldam a vida e a percepção da realidade, sem que se tenha, em algum momento, a percepção da inegável dependência que se cria em relação a elas. Para alguns teóricos, tal constatação é positiva; para outros, ela é claramente negativa.

A convergência das áreas de conhecimento, propiciada pela tecnologia digital, permitiu a constituição de um ambiente aberto a interferências de todos os campos na Arquitetura, além da Engenharia dos Materiais, da Mecatrônica, além de outras como aquelas ligadas às ciências sociais: a Sociologia, a filosofia e afins.

Como visto no capítulo 3, a entrada inicial da Arquitetura no contexto das técnicas digitais integradas de Fabricação Digital foi pautada pela complexidade e pelo fortalecimento de alguns poucos grupos de arquitetos, vinculados ao alto poder econômico. Isto leva a crer que não foi natural – não se tratando, portanto, de “Um fenômeno da complexidade que emerge da convergência da experiência humana e social.” (DUTTA, 2013) – mas sim, de uma opção que, se acredita, pode ser não apenas criticada mas também revertida em favor de práticas mais democráticas e “transgressivas”

em direção à emancipação e a autonomia da grande maioria dos sujeitos que enfrentam as pequenas construções e a autoconstrução e, distantes da ótica dos arquitetos ou dos modelos convencionais de arquitetura no contexto brasileiro.

A interação homem-máquina e as relações interpessoais estão diante de um desafio que se anuncia a partir da Fabricação Digital, com a possibilidade de alcançar a interação com os objetos, formas, texturas, materiais das mais diversas composições. Toda a complexidade que a tridimensionalidade alcançada, através do conhecimento produzido sobre as técnicas de Fabricação Digital, se apresenta, de forma cada vez mais clara, com desdobramentos do mesmo porte da revolução que tornou os computadores pessoais mais acessíveis, a partir da década de 1980, favorecendo sua disseminação entre usuários não-especialistas. Como pode-se perceber e narrar no capítulo 2.

Do mesmo modo, a disseminação da cultura do código livre – *Open Source* – via Internet propiciou um ganho em cooperação e colaboração a partir do compartilhamento do conhecimento, das informações e de técnicas, em que os *softwares* e *hardwares* se tornam cada vez mais acessíveis e passíveis de transformações. Trata-se, portanto, muito mais de buscar intenções, propósitos e discussões éticas, do que, propriamente, de se apropriar de determinadas técnicas em função do fetiche e da capacidade de transformações que tais técnicas têm propiciado nos diversos campos de saber e de pesquisa.

Questiona-se, como Edward Bernays<sup>163</sup>, em sua “teoria do consentimento”, até que ponto as pessoas são guiadas por desejos injustificáveis de um consumismo, exacerbado para uns e impossível para outros, que são,

---

<sup>163</sup> Edward Louis Bernays (Viena, Áustria-Hungria, 1891 – 9 e 1995), foi um pioneiro austro-americano no campo das relações públicas e da propaganda, referenciado como “pai das relações públicas”. Combinou as ideias de Gustave Le Bon e Wilfred Trotter com as ideias psicológicas de Sigmund Freud, seu tio. Sua forma de trabalho se baseava no princípio de que as pessoas são irracionais, suas decisões e ações são manipuladas facilmente, Bernays aplicava isso na construção de propaganda. Bernays foi citado pela revista Times como um dos 100 americanos mais influentes do século XX.

claramente e largamente, construídos pelas grandes corporações, as empresas de marketing e as técnicas de produção baseadas na ótica da obsolescência programada.

Na visão de Edward Bernays, com relação à construção de desejos de consumo, coloca-se também a relação com o consumo dos aparatos tecnológicos. Saindo do campo bidimensional, os “desejos” ganham a terceira dimensão, cuja repercussão ainda não se tem capacidade de compreender, tamanho o impacto desse novo campo de produção e consumo. Esta estratégia industrial tem, de fato, repercussões no campo da economia e na contínua substituição da base tecnológica e industrial, na criação de novos processos de produção e contínua transformação que forcem o avanço tecnológico e civilizatório.

Cabe lembrar que as técnicas digitais de informação e comunicação transformaram o mundo em suas bases, a partir dos anos de 1950, avançando exponencialmente até as décadas de 1980/1990 quando a popularização das mesmas promoveu transformações em todos os campos, especialmente da indústria cultural (do universo da editoração tanto digital quanto impressa, das ferramentas de propaganda e publicidade) alterando as grandes corporações que foram levadas a reavaliar suas estratégias de produção e consumo, como é o caso da indústria fonográfica e cinematográfica, da Moda, Medicina até a exploração espacial, sem deixar de lado a poderosa indústria farmacêutica e da Biotecnologia, entre tantos outros. Todos esses campos viram seus processos convencionais totalmente transformados com o advento da tecnologia digital, das mídias digitais e da Internet.

Outro aspecto do crescimento do uso das TICs tem repercussões ainda pouco exploradas, como, por exemplo, a sustentabilidade dos recursos utilizados e toneladas em resíduos produzidos e exportados para países subdesenvolvidos, como é o exemplo de Gana, que recebe, a título de artigos de segunda mão, produtos que são programados para uma vida útil já determinada no seu design. Este tipo de prática, iniciada no final de década de 1990 – a exportação do lixo eletrônico, se mantém fortalecida a

despeito da finitude dos recursos naturais e fonte de contaminação do meio ambiente.

Por outro lado, a despeito dessa época de grandes transformações tecnológicas, os processos automatizados na produção da Arquitetura e processos mais avançados, parecem muito distantes de nossa realidade. Ao contrário de países que mantêm alto nível de inovação tecnológica, no Brasil há um processo reverso, qual seja o da desindustrialização e de baixo investimento em pesquisa em inovação e no setor industrial, com desdobramentos para as relações de trabalho e falta de competitividade (tendo em consideração a economia capitalista global) e dependência com relação aos produtores estrangeiros de técnicas avançadas.

Desse modo, são deparados alguns dilemas inerentes a esse território altamente tecnológico:

- a) as transformações promovidas pela Fabricação Digital alcançarão a Indústria da Construção Civil, em particular, a brasileira?
- b) a Fabricação Digital poderá ser desenhada-criada para contribuir para o fortalecimento dos sujeitos na execução de suas próprias demandas, contribuindo desse modo para uma cultura mais autônoma e emancipatória dos sujeitos na produção do ambiente construído?
- c) como pode-se aproximar as ferramentas cada vez mais complexas e inacessíveis aos indivíduos, ou das comunidades que mais necessitam de melhoria na qualidade dos espaços tanto privados, quanto públicos?
- d) como pode-se reverter positivamente o quadro de trabalhadores desqualificados e pessoas excluídas dos novos postos especializados de trabalho?

Para tanto é relevante retomar para o homem os aspectos éticos, sociais, cooperativos e solidários, que contribuam para a construção de uma inteligência coletiva crítica, a qual se inscreve como possibilidade de mudança na raiz do pensamento contemporâneo capitalista e seus desdobramentos para o acesso à produção da Arquitetura no contexto da tecnologia digital de fabricação.

Tais aspectos serão efetivos se se for capazes de interpretar os reais propósitos das grandes corporações e o papel que cada um, ao assumir o protagonismo diante da poderosa indústria da tecnologia digital, e se possa interpretar os propósitos e o papel que se precisa reafirmar em direção à uma prática emancipatória e autônoma.

Dar a devida importância aos aspectos éticos no design da tecnologia da Fabricação Digital, e à disseminação do compartilhamento de informações e conhecimento através dos aplicativos de código aberto aos usuários, deveria contribuir para a diminuição da desigualdade entre especialistas e sujeitos autônomos, refletindo sobre a sociedade distópica, cuja ênfase baseada na eficiência fundou-se como norma para a ciência e a tecnologia, a despeito da grande parte da população ser excluída dos benefícios dos avanços tecnológicos.

Esse mundo distópico se apresenta cada vez mais próximo de uma bifurcação, entre a destruição de qualquer organismo vivo, segundo Arendt e Feenberg, ou uma sociedade solidária, na qual a cooperação e o compartilhamento abre espaço para existência mais ética e sustentável. Mais uma vez, pergunta-se, o que causa maior inquietação:

Qual pode vir a ser o papel da Fabricação Digital como inovação tecnológica e social no ensino e na prática da Arquitetura no Brasil?

Diante de um futuro que pode continuar em direção à distopia, busca-se tomar conhecimento sobre o que está ainda submerso e mantido longe da realidade controlada pelas grandes corporações. Pode-se perceber que uma mudança radical dos processos de produção em massa está em curso: o poder do capital se re-organiza diante das bases produtivas, alterando as formas de consumo, no caminho para uma diminuição do papel e da interferência do Estado na proteção dos direitos dos trabalhadores e em favor da política econômica ultraliberal.

Parece que o que está em curso, para muito além dos novos aparatos ou brinquedos tecnológicos, como os *smartphones* e impressoras 3D, é a “necessidade” de permanecer totalmente atualizado, conectado. Estando

corretas as hipóteses, a próxima geração de desejos de consumo serão as impressoras 3D; e a principal hipótese implica na criação de um mercado, que incluirá um novo sistema de produção, distribuição e consumo, e todos os possíveis desdobramentos laterais.

Teóricos contemporâneos afirmam que o que está em jogo é uma revolução do porte da Revolução Industrial, porém com uma grande diferença: o aumento da produção personalizada, em contraposição à diminuição dos postos de trabalho desqualificados em escala global.

Todos estes aspectos citados acima serviram, como faróis ou parâmetros, a partir dos quais se pode questionar as intenções ou aceitar as limitações no desenvolvimento deste trabalho. Busca-se isso com a ajuda de pensadores, filósofos, sociólogos, historiadores, que procuram elucidar os desdobramentos do avanço tecnológico e os possíveis cenários para a vida humana, diante de um mundo baseado em uma vertiginosa digitalização da experiência.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**



## COOPERAÇÃO E EMANCIPAÇÃO ATRAVÉS DE UMA APROPRIAÇÃO CRÍTICA DA FABRICAÇÃO DIGITAL

A importância do nós, do agir conjunto, que se dá entre os homens e do qual nasce o poder, entendido como um recurso gerado pela capacidade dos membros de uma comunidade política de concordarem com um curso comum de ação. “Sem o povo ou um grupo não há poder”.

*Hannah Arendt (1983)*

Esta pesquisa se propôs a analisar as causas e as consequências do avanço das técnicas de design e de produção integradas digitalmente – tratadas aqui como Fabricação Digital – e sua correlação com a produção da Arquitetura. Buscou-se contextualizar a tecnologia da Fabricação Digital lançando um olhar crítico sobre os vários fatores que subjazem ao tema; os princípios e propósitos por trás de cada inovação tecnológica. À luz das teorias da economia política, foram vistas as origens, as definições e as matrizes históricas da Fabricação Digital na Revolução Industrial e no modo de produção capitalista, chegando até o advento do *Open Source*, quando se vê a sua fase mais disruptiva com a qual se convive na contemporaneidade. As teorias críticas da Sociologia e da Filosofia ampliaram a compreensão sobre a “longa cauda da tecnologia” (ANDERSON, 2013) e as suas mais surpreendentes implicações. Alguns questionamentos serviram como alertas – os de Hannah Arendt e Bruno Latour – para “não repetirmos os mesmos erros, onde o fascínio pela tecnologia nos faz agir sem pensar.”.

A teoria crítica de Andrew Feenberg ajudou a questionar o extremo poder das tecnologias nas sociedades contemporâneas, seus desdobramentos para a vida humana (e da natureza) e o seu papel para um “avanço civilizatório”. Para além de um encantamento e de uma alienação, causados

por demandas de tecnologias globalizadas, é preciso, sobretudo, um olhar mais cauteloso e crítico, que pese o aumento exponencial da assimetria entre nações pobres e parcelas restritas de acúmulo de riqueza e poder.

Este é um dilema que a apropriação da Fabricação Digital, no âmbito da Arquitetura, nos impõe: de um lado, o peso da “superespecialização” que essa tecnologia tem gerado até o momento, mantendo-a blindada para fins democráticos, plurais e coletivos; de outro lado, o seu enorme potencial de transformações, tanto nas formas de produção, de consumo, nas relações de trabalho nos moldes industriais, quanto nas mais diversas inovações de aprendizado educacional, social e cultural. O modo de produção capitalista, e suas contínuas reconfigurações, consiste no ponto central de todo este problema e, por consequência, de crítica feita nesse trabalho.

Neste sentido, o intuito desta Tese consiste em um esforço em torno dos meios a partir dos quais a democratização pode vir a romper este dilema. Não a partir da proposta de um modelo, mas sim do apontamento de diretrizes e ensaios de possibilidades a partir das quais a estrutura do poder público – partindo de um pensamento crítico dentro das universidades, possa mudar o modo de produção/apropriação da fabricação digital para caminhos democráticos no âmbito de uma tecnologia social.

A investigação proposta foi em grande parte influenciada pelas reflexões de Flusser e seu conceito de defasagem, impondo dúvidas sobre como tomar o contexto de experiências com as tecnologias da Fabricação Digital na Arquitetura. Através da revisão de todo um documental teórico e do conhecimento adquirido em experimentos e trabalhos arquitetônicos por meio da Fabricação Digital, aborda-se as grandes contribuições das teorias e das experiências do digital design integrado à produção (nas figuras de pesquisadores como Rivka Oxman, Achim Mendes e outros) para se pensar a Arquitetura, a partir da sua base material.

Porém, como trazer essa tecnologia e torná-la transgressora, numa reflexão sobre a realidade da nossa arquitetura? Como pensar sobre a assimetria tecnológica existente entre o desenho – já digital e “hiperrealista” - e o

canteiro (da produção de média e pequena escala) ainda arcaico e sem a expectativa de apropriação de novas tecnologias e materiais? E como converter em ganho social as pesquisas e reflexões sobre a assimetria tecnológica entre o desenho e o canteiro, entre o design e a produção da Arquitetura?

Estas questões estiveram presentes ao longo das experiências que se teve com dois modelos, duas hipóteses, na apropriação da Fabricação Digital:

- a) o modelo *Architectural Association Visiting School* – AAVS – São Paulo *High-Low*;
- b) o modelo Fab Lab, do MIT – *Massachusetts Institute of Technology* somado ao universo DIT – *do it together* dos movimentos *Maker*.

A participação no curso da AA foi a primeira experiência empírica da autora com a Fabricação Digital para a Arquitetura, com a aplicação das teorias do *digital design*, dos softwares paramétricos, da maquinaria, do uso de alta tecnologia, como proposta de se pensar Arquitetura a partir da experiência com os materiais. No entanto, a ênfase que se viu foi a da exportação de um modelo de escola de vanguarda arquitetônica, que se impõe dos centros difusores sobre as periferias, dando conotação de espetacularização de um objeto arquitetônico voltado para a alta competitividade do mercado e realçando a ideia de mais ferramentas para o “empoderamento” e a “hiperespecialização” do arquiteto. Esta experiência trouxe mais dúvidas do que acolhimento para o propósito deste trabalho: como fazer da Fabricação Digital um meio de pesquisa e experimento, trazendo a Arquitetura para junto do fazer, do canteiro, dos materiais, da criação compartilhada, com finalidades sociais ou socialmente democráticas.

O outro alinhamento para a hipótese de laboratórios de Fabricação Digital, no contexto brasileiro – entre eles, a hipóteses que os laboratórios de fabricação reforçam a aproximação entre a aprendizagem e a prática da Arquitetura, a partir da sua base material, que se realiza no canteiro e cuja disseminação se concretiza como um fazer compartilhado – se deu através da análise da concepção dos movimentos *Maker* – desdobramentos da

cultura DIY e DIT. A partir dessa análise, chega-se às experiências do modelo *Fab Lab* MIT – Laboratórios de Fabricação do MIT. Como visto no capítulo 4, este modelo consiste de uma rede de laboratórios de fabricação que compartilham experiências e conhecimento global, que se traduz em inovação tecnológica de base social e, se baseia em mudanças no modo de pensar a educação, a partir de um novo paradigma: a aprendizagem ativa, colaborativa e compartilhada.

Viu-se, como positivo, o entendimento de que se pode acessar o conhecimento produzido no campo da Fabricação Digital através da cooperação e do compartilhamento via Internet. Das experiências e das ações que têm sido realizadas em escala global – porém, a partir de experiências entre diferentes demandas e diversos contextos locais – pode-se superar os conceitos de “assimilação periférica” e de “aplicação de conhecimentos”, tanto no campo acadêmico quanto na prática.

Porém, observa-se uma ambiguidade latente e perigosa na prática e no discurso expansionista do *Fab Lab*, qual seja, o culto ao empreendedorismo, como se este fosse a saída para a autossuficiência e a substituição “perfeita” para a perda de postos de trabalho, de direitos trabalhistas, com o fim do Estado como responsável pelo “bem estar social”. Na contramão destas prerrogativas, a pesquisa mostrou a importância das políticas públicas de investimento, cada vez mais presentes e assumidas pelo *Digital Social Innovation* – DSI, no contexto da União Européia, dando aporte financeiro a esta rede global de compartilhamento de experiência e conhecimento em inovação tecnológica que tem como finalidade um ganho social. Do mesmo modo, percebe-se a importância do investimento público para a melhoria do ensino, do aprendizado e da capacitação profissional, proposta pelo Programa *America Makes*, colocado em prática como política pública pela gestão Barack Obama, nos Estados Unidos da América.

Vários aspectos contribuem para a hipótese da cooperação e do compartilhamento, considerando-se como base um aprendizado comprometido com a ética e a solidariedade. Não há solução fácil e definitiva. A Fabricação Digital deve estar imbricada a um fazer

emancipatório; deve ser objeto de discussão para que não seja apenas uma tecnologia que se impõe ou é incorporada acriticamente.

Aponta-se, aqui, apenas alguns aspectos que, se acredita, contribuem para o fortalecimento da cooperação e do compartilhamento, enfatizando a necessidade do desenvolvimento das habilidades sociais, entre elas, a dialogicidade.

Conclui-se ser fundamental levar-se para o canteiro as teorias do aprendizado baseadas no fazer para o contexto da Fabricação Digital; para o pensar e fazer uma Arquitetura que se alinha como forma de comprometimento com o construtivismo (Piaget) e o construcionismo (Papert). Este é o alinhamento que se acredita ser necessário para a ideia propositiva de laboratórios de Fabricação Digital como meio de aproximar o ensino e a prática da Arquitetura à materialidade do canteiro e ao fazer baseado em uma ética de compartilhamento do conhecimento.



## REFERÊNCIAS



- ADORNO, Theodor. Funktionalismus heute. In: Ohne Leitbild. Parva Aesthetica. Frankfurt/M: Suhrkamp, 1967, p.104-126. [Funcionalismo hoje, trad. Silke Kapp, manuscrito]
- ALBERTI, Leon Battista. On the Art of Building in Ten Books (De Re Aedificatoria). Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1996. [Prólogo (traduzido para o português)]
- ALLEN, Stan. Field Conditions in Points + Lines, 1985. Disponível em [https://careerdiscovery.gsd.harvard.edu/wpcontent/uploads/2016/06/Allen\\_Field\\_Conditions\\_Points-and-Lines.pdf](https://careerdiscovery.gsd.harvard.edu/wpcontent/uploads/2016/06/Allen_Field_Conditions_Points-and-Lines.pdf). Acesso em 23/set/2017.
- AMERICA MAKES. Disponível em <https://www.americamakes.us/index.php>. Acesso em 21/set/2017.
- ANDERSON, Chris. Makers: the new industrial revolution. New York: Random House, 2012.
- ANDRADE, Oswald de. Em Piratininga Ano 374. da Deglutição do Bispo Sardinha. Revista de Antropofagia, Ano 1, No. 1, maio de 1928.
- ANTUNES, Ricardo. Os Sentidos do Trabalho Ensaio sobre a Afirmação e a Negação do Trabalho. Coimbra: Boitempo, 1999.
- ANTUNES, Ricardo, and Giovanni Alves. As mutações no mundo do trabalho na era da mundialização do capital. Educação e Sociedade 25.87 (2004): 335-351.
- ARANTES, Pedro Fiori: Arquitetura na Era Digital-financeira: Desenho, Canteiro e Renda da Forma. São Paulo: Editora 34, 2012
- Arantes, Pedro Fiori. Arquitetura nova: Sérgio Ferro, Flávio Império e Rodrigo Lefèvre, de Artigas aos mutirões. Editora 34, 2002.
- ARENDT, Hannah. A Condição humana. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1983
- ARENDT, Hannah. Eichmann em Jerusalém. São Paulo: Companhia das Letras, 2000
- AZEVEDO, Américo Luiz de. Os primórdios do controle numérico Disponível em <https://www.scribd.com/doc/7314150/CNC-Conceitos-Basicos-e-Avancados>. Acesso em 16/9/2017 e Os Primórdios do controle numérico <http://www.mundocnc.com.br/historico.php> Handbook of manufacturing automation and integration (Edição 1980, USA) + Numerical control in manufacturing-Frank W. Wilson (USA), Mc-Graw Hill Book Company
- BABBAGE, Charles, On the Economy of Machinery and Manufactures. (1832) Disponível em: [http://www.wissensnavigator.com/documents/CharlesBabbage\\_000.pdf](http://www.wissensnavigator.com/documents/CharlesBabbage_000.pdf). Acesso em 21/set/2017.

BALLERINI, Flávia. Sistemas interativos digitais e processos participativos de projeto — Um estudo de caso: Mutirão São Gabriel , Dissertação de Mestrado, Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2002.

BALTAZAR, Ana Paula ; KAPP, Silke. Por uma Arquitetura não planejada: o arquiteto como designer de interfaces e o usuário como produtor de espaços. Impulso (Piracicaba), v. 17, p. 93-103, 2006.

BALTAZAR, Ana Paula; KAPP, Silke. Learning from favelas: the poetics of users' autonomous production of space and the non-ethics of architectural interventions. In: Reconciling poetics and ethics in architecture Conference, Montreal, 2007.

BANHAM, Reyner. A Black Box. The secret profession of Architecture. In: A Critic Writes. Essays by Reyner Banham. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 1999, p.292-299.

BERNARDO, Marcus Vinícius Augustus Fernandes Rocha. Da produção industrial à convencional: uma experiência com fabricação digital e compartilhamento na favela. 2014. 150 f. Dissertação ( Mestrado em Arquitetura e Urbanismo ) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

BERNARDO, M.V.A.F.R; CABRAL FILHO, Fabricação Digital e variedades fora do contexto industrial. In: XVIII SIGraDI: Design in Freedom. Montevideo: Faculdade de Arquitetura UDELAR, 2014

BIOGRAPHY.COM EDITORS. Filippo Brunelleschi Biography.com. The Biography.com website. Publisher A&E Television Networks. Last Updated: September 13, 2016. Disponível em : <https://www.biography.com/people/filippo-brunelleschi-9229632>. Acesso em 23/set/2017

BLAGDON, Jeff . British company uses 3D printing to make stone buildings out of sand. 2012. Disponível em: <https://www.theverge.com/2012/2/21/2811146/3d-printing-d-shape-monolite-enrico-dini>. Acesso em 23/set/2017.

BOURDIEU, Pierre. Alta costura e alta cultura. In: Questões de sociologia. Rio de Janeiro: Marco Zero, 1983, p.154-161.

BOURDIEU, Pierre. Distinction: a social critique of the judgement of taste. Translated by Richard Nice. Harvard University Press Cambridge, Massachusetts. Eighth printing, 1996

BROD, Gustavo ; PIRES, Janice de Freitas ; SILVA, Adriane Borda Almeida da. Um ensaio para inserção do conceito de processos generativos digitais em estágios iniciais da formação em arquitetura. In: XVI SIGRADI - Congresso da Sociedade IberoAmericana de Gráfica Digital, 2012, Fortaleza. Forma(in)formação. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2012..

BURKS, Arthur W. Von Neumann's self-reproducing automata. University of Michigan, 1969. Disponível em pdf <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/3954/bab4757.0001.001.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

CABRAL, José dos Santos. Do Moderno ao Digital ao Não Moderno: a Relevância da Cibernética de Segunda Ordem para uma Arquitetura Brasileira. SIGRADI, 2009. Cumincades.Scix.net/data/works/att/sigradi2009\_831.content.pdf

CHAUÍ, Marilena. 2017. Vídeo: Aula aberta da Professora Marilena Chauí. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=5jNea8b3hUE>. Acesso em 11/7/2017.

CHESNAIS, François. A Mundialização do Capital. Tradução Silvana Finzi Foá. São Paulo: Xamã, 1996. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/trabedu/article/viewFile/1505/1147>>. Acesso em: 7 set. 2017.

CHOMSKY, Noam. Por que tenho esperança. Polychroniou, 2016. Disponível em <<http://www.revistaforum.com.br/2016/02/17/chomsky-por-que-tenho-esperancas/>>. Acesso em 7/9/2017

CLEAVER; HARRY, Leitura Política De O Capital. Editora: Zahar.1981.

CUPANI, Alberto. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. Scientiae Studia 2.4 (2004): 493-518. Disponível em <<http://www.revistas.usp.br/ss/article/viewFile/11020/12788>>

DEURSEN, Felipe van. A Revolução das impressoras 3D. Revista super interessante. 2013. Disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/a-revolucao-das-impressoras-3d/>. Acesso em 21/set/2017.

DE LUCCA, Rinaldo Tessuti. Avaliação de programas CAAD no setor de projetos arquitetônicos: etapas legais de projeto. 1999. 151 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18131/tde-28082003-100143/.../Rinaldot.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18131/tde-28082003-100143/.../Rinaldot.pdf)>. Acesso em: 7 set. 2017.

DE OLIVEIRA SILVEIRA, Adriana. COUTINHO Heloisa Helena. Trabalho Padronizado: a busca por eliminação de desperdícios. Disponível em <[http://www.fai-mg.br/portal/download/revista\\_inicia\\_2008/pub\\_dw\\_artigo\\_desperdicios.pdf](http://www.fai-mg.br/portal/download/revista_inicia_2008/pub_dw_artigo_desperdicios.pdf)>. Acesso em 19/set/2017

DE SOUZA, Luís Antônio Francisco. Sociologia Da Violência E Do Controle Social. IESDE BRASIL SA, 2008.

DUARTE, Rodrigo. A pós-história de Flusser e a promessa do Brasil. Deslocamentos na experiência estética. In Congresso Internacional -

Deslocamentos na arte. CD - Organizadores: Rodrigo Duarte e Romero Freitas. ISBN: 978-85-60537-02-0.

DUTTA, Arindam. A Second Modernism: MIT, Architecture, and the Techno-Social Moment. Cambridge, MA: MIT Press, 2013

DYSON, George. Turing's cathedral: the origins of the digital universe. New York: Random House, 2012.

DIGITAL SOCIAL INNOVATION. DSI. Disponível em: <<https://digitalsocial.eu/about-the-project>>. Acesso em: 8 set. 2017.

EASTMAN, Chuck et al. Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014

ELLUL, Jacques. Vídeo: The Betrayal by Technology A Portrait of Jacques Ellul. ReRun Produkties, 1992. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=BOCtu-rXfPk>. Acesso em 23/dez/2014.

EYCHENNE, F e NEVES, H. Fab Lab: A revolução da nova revolução industrial (portuguese edition). São Paulo. Fab Lab Brasil. 2013.

FEENBERG, Andrew. A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia. Simon Fraser University." 2009. Disponível em <<https://www.sfu.ca/~andrewf/coletanea.pdf>>

FEENBERG, Andrew. A. Ten Paradoxes of Technology - Simon Fraser University." 2011. Disponível em <<https://www.sfu.ca/~andrewf/paradoxes.pdf>>

FEENBERG, Andrew. O que é Filosofia da Tecnologia? Conferência realizada para os estudantes universitários de Komaba em junho de 2003, sob o título de "What is Philosophy of Technology?". Tradução de Agustín Apaza, com revisão de Newton Ramos-de-Oliveira. Revisão substancial feita em junho de 2015 por Franco Nero Antunes Soares para fins didáticos. O texto original em língua inglesa pode ser encontrado em <http://www-rohan.sdsu.edu/faculty/feenberg/komaba.htm>.

FEENBERG, Andrew. Teoria Crítica da Tecnologia. Burnaby, CA: Simon Fraser University, 2008. Disponível em: <<https://www.sfu.ca/~andrewf/critport.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2017.

FERRO, Sérgio, e ARANTES, Pedro Fiori. Arquitetura e trabalho livre. Editora Cosac Naify, 2006.

FISCHER, T.; HERR, C. M. 2001. Teaching generative design, In: Proceedings of the 4th International Generative Art Conference. Milão: Ed. SODDU.

FLUSSER, Vílem. Barroco mineiro visto de Praga. In Jornal do Commercio. 1966.

FLUSSER, Vilém. Fenomenologia do brasileiro: em busca do novo homem. Rio de Janeiro: EdUERJ 1998.

FLUSSER, Vilém. Filosofia da caixa preta: ensaios para uma futura filosofia da fotografia. Relume Dumará, 2002.

FLUSSER, Vilem. O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação. A alavanca contra-ataca [Der Hebel schlägt zurück] 1989. Organizado por Rafael Cardoso tradução Raquel Abi-Sâmara. São Paulo: Cosac Naify, 2007. 224 pp.

FLUSSER, Vilém. O universo das imagens técnicas: elogio da superficialidade. Annablume, 2008.

FLUSSER, Vilém. Shape of Things: A Philosophy of Design. Reaktion Books, 2013.

FRIEDMAN, Mildred S.; SORKIN, Michael; FRANK, O. Gehry talks: architecture + process. Rizzoli, 1999.

GERSHENFELD, Niel. In Fab10. Barcelona. 2014. Disponível em <https://www.fab10.org/en/home>.

GIDDENS, Anthony; HELD, David. Classes, Power and Conflict: Classical and Contemporary Debates. University of California Press. 1982

GLASER; ROSSBACH. The Artificial Humans. A Real History of Robots, Androids, Replicants, Cyborgs, Clones and all the rest. Bankasia Park Editions. Adelaide, Australia, 2012

GLYMPH Jim, "Evolution of the Digital Design Process," in Kolarevic, Architecture in the Digital Age, 2005.

GORZ, André (org.) Crítica da Divisão do Trabalho. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

GRAFTON, Anthony. Leon Battista Alberti: Master Builder of the Italian Renaissance. Anthony Grafton. Harvard University Press, 2002.

GRAMAZIO, Fabio; KOHLER, Matthias. Digital materiality in architecture. Baden: Lars Müller Publishers, 2008.

GRAMAZIO, Fabio; KOHLER, Matthias; WILLMANN, Jan. Authoring Robotic Processes. Architectural Design 84.3. 2014

GUNTER, Weimer. Arquitetura popular brasileira. Ed. WMF Martins Fontes, São Paulo, 2005.

HATCH, Mark. The maker movement manifesto. New York: McGraw-Hill, 2014.

HEIDEGGER, M. A questão da técnica. *scientiæ zudia*, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 375-98, 2007

HENSEL, Michael; MENGES, Achim; WEINSTOCK, Michael. Emergent Technologies and design. in: *Towards a Biological Paradigm for Architecture*. Routledge, 2013

HOBBSAWM, Eric J. *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.

Idit Harel, Seymour Papert. *Constructionism: research reports and essays, 1985-1990*. Massachusetts Institute of Technology. *Epistemology & Learning Research Group*.

KALAY, Yehuda E. *Architecture's new media: principles, theories, and methods of computer-aided design*. Cambridge, MA, MIT Press, 2004.

KAPP, Silke. A outra produção arquitetônica. In: *Estéticas do Deslocamento*. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Estética, 2008.

KAPP, Silke. Abordagens teórico-críticas. In: *Teoria Crítica da Arquitetura*. Belo Horizonte, 2011, p.5-29. [Manuscrito]

KAPP, Silke. Autonomia Heteronomia Arquitetura. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, Belo Horizonte, v. 10, n. 11, p. 95-105, 2004.

KAPP, Silke. Contra a Integridade. *MDC. Revista de Arquitetura e Urbanismo*, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 8-11, 2006.

KAPP, Silke. Por que teoria crítica da arquitetura? Uma explicação e uma aporia. In: MALARD, M.L. (org.) *Cinco Textos sobre Arquitetura*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005, p.115-167.

KAPP, Silke; BALTAZAR, Ana Paula. *Arquitetura livre*. *Revista Arquitetura e Urbanismo*, n.123, junho de 2004.

KAPP, Silke; BALTAZAR, Ana Paula. Retrying autonomy: a perspective of development beyond participation. Apresentado no congresso: Latin American Studies 58th Annual Conference: The Urban Divide in Latin America: Challenges and Strategies for Social Inclusion. Gainesville/ EUA, 2009. (No prelo)

KAPP, Silke; BALTAZAR, Ana Paula; MORADO, Denise. Architecture as Critical Exercise: Little pointers towards alternative practices. *Field. A free journal for Architecture*, v. 2, p. 7-29, 2008.

KAPP, Silke; BALTAZAR DOS SANTOS, Ana Paula. *Arquitetura livre, Projeto contínuo*. *A&U - Arquitetura e Urbanismo*, São Paulo, v. 19, n. 123, p. 75-77, 2004.

KALAY, Yehuda E. *Architecture's new media: principles, theories, and methods of computer-aided design*. MIT Press, 2004.

KHABAZI, Z. 2010. Generative Algorithms using Grasshopper. Zubin Mohamed Kahbazi, 2010.

KOLAREVIC, Branko. Digital Fabrication. Manufacturing Architecture in the Information Age. in ACADIA 2001, Buffalo, New York, 2001.

KOLAREVIC, B.. Architecture in the digital age: Design and manufacturing. Abingdom, Oxon: Taylor & Frances, 2005.

KOLAREVIC, Branko. KLINGER, Kevin. Manufacturing Material Effects: Rethinking Design and Making in Architecture. Taylor & Francis, 2008

KRIEG, Oliver & Christian, Zachary & Correa Zuluaga, David & Menges, Achim & Reichert, Steffen & Rinderspacher, Katja & Schwinn, Tobias. (2014). HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion.

KURZ, Robert. O fantasma da arte. Folha de São Paulo, 04/04/1999.

KUSHNER, Marc. O futuro da arquitetura em 100 construções. edição de Jennifer Krichels. Alaúde Editorial, São Paulo. 2015

LEVY, Pierre. O que é o virtual. ed 34

LIPSON, Hod, and Melba KURMAN. Fabricated: The new world of 3D printing. John Wiley & Sons, 2013.

LOYOLA, Mauricio. Arquitectura y tecnología. Materia Arquitectura, n. 13, p. 30-31, ago. 2016. Disponível em: <<https://materiaarquitectura.com/index.php/MA/article/view/44>>. Acesso em: 8 set. 2017.

LYNN, Greg. Folding in Architecture, Architectural Design, v. 63, n. 1-4, 1993.

LYNN, Greg. Folds, Bodies & Blobs: collected essays. Bruxelles: La Lettre Volée. 1998.

LYNN, Greg. Blobs, or Why Tectonics is Square and Topology is Groovy, ANY Magazine, 14 May 1996.

MARX, Karl. O Capital. Crítica da Economia Política. (Várias edições) [Vol. I “XI. Cooperação” (texto em inglês); “XII. Divisão do Trabalho e Manufatura” (texto em inglês)]

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY The Center for Bits and Atoms. Fab Lab Faq. Disponível em: <<http://fab.cba.mit.edu/about/faq/>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

MATTOSO, Jorge Eduardo L. O novo e inseguro mundo do trabalho nos países avançados. O mundo do trabalho, 1994.

MENGES, Achim. Material Information: Integrating Material Characteristics and Behavior in Computational Design for Performative Wood Construction.

ACADIA 10: LIFE in: formation, On Responsive Information and Variations in Architecture [Proceedings of the 30th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA) ISBN 978-1-4507-3471-4] New York 21-24 October, 2010). Disponível em: <[http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?\\_id=acadia11\\_72&sort=DEFAULT&search=%2Fseries%3A%22ACADIA%22&hits=1107](http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?_id=acadia11_72&sort=DEFAULT&search=%2Fseries%3A%22ACADIA%22&hits=1107)>. Acesso em: 7 set. 2017.

MENGES, Achim. Material computation: Higher integration in morphogenetic design. *Architectural Design* 82.2 (2012a)

MENGES, Achim. Material Resourcefulness: Activating Material Information in Computational Design. *Architectural Design*, Vol. 82 No. 2, Wiley Academy, London. 2012b

MENGES, Achim; AHLQUIST, Sean. *Computational Design Thinking: Computation Design Thinking*. John Wiley & Sons, 2011.

MITCHELL, W. J. 1975. *The theoretical foundation of computer aided architectural design. environment and planning*. Londres: Pion Ltda.

MITCHELL, William J. *A new agenda for computer aided. ARCHITECTURAL DESIGN*. 1989. Harvard Graduate School of Design

MITCHELL, William J. *Computer-aided architectural design*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 1977

MITCHELL, William J. *The logic of Architecture: design, computation, and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press, 1990.

Moolen, Karen van der op vrijdag. *Digital fabrication for architecture*. 2014. Disponível em: <<https://www.waag.org/nl/blog/digital-fabrication-architecture>>. Acesso em 09/nov/2014.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Manufacturing Our Future*. News, Arlington, 13 Feb. 2012. Não paginado. Disponível em: <[https://www.nsf.gov/news/news\\_summ.jsp?cntn\\_id=123174](https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=123174)>. Acesso em: 8 set. 2017.

National Network for Manufacturing Innovation. Disponível em: <<https://www.manufacturing.gov/>>. Acesso em: 8 set. 2017.

NEGROPONTE, Nicholas. *Being Digital*. New York: Knopf. 1999

NEGROPONTE, Nicholas. *Soft architecture machines*. Cambridge, MA. MIT press, 1975.

NEGROPONTE, Nicholas. *The Architecture Machine: towards a more human environment*. Cambridge, MA: MIT Press, 1970.

NELSON, Ralph e STEVENS, James. *Digital Vernacular: Architectural Principles, Tools, and Processes*. Routledge, 2014

NOVAES, Henrique, DAGNINO, Renato. O Fetiche da Tecnologia. Revista Organizações & Democracia. Marília, Editora da Unesp, número 5, 2004

NSF-The Engineering Behind Additive Manufacturing and the 3-D Printing Revolution. Disponível em <[http://www.nsf.gov/discoveries/disc\\_summ.jsp?cntn\\_id=129774](http://www.nsf.gov/discoveries/disc_summ.jsp?cntn_id=129774)> Acesso 18/9/2017. Crédito: NSF and NBC Learn

OXMAN, Neri; ROSENBERG, Jesse Louis. Material-based design computation: An Inquiry into digital simulation of physical material properties as design generators. International Journal of Architectural Computing 5.1 (2007): 26-44.

OXMAN, Rivka. Informed tectonics in material-based design. Design Studies 33.5 (2012): 427-455.

OXMAN, Rivka, and Robert Oxman. Theories of the Digital in Architecture. Routledge, 2014.

OXMAN, Rivka. Theory and design in the first digital age. Design Studies, v. 27, n. 3, p. 229-265, 2006. Disponível em: <[http://rivkaoxman.wix.com/rivkaoxman#!\\_\\_publications](http://rivkaoxman.wix.com/rivkaoxman#!__publications)>. Acesso em: 7 set. 2017.

OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium, Design Studies, v. 29, n. 2, p. 99-120, March 2008. Londres: Elsevier.

OXMAN, Rivka. Morphogenesis in the theory and methodology of digital tectonics. Journal of the International Association For Shell And Spatial Structures, v. 51, n. 3, p. 195-205, 2010.

OXMAN, Neri, e ROSENBERG, Jesse Louis. Material-based design computation: An Inquiry into digital simulation of physical material properties as design generators. International Journal of Architectural Computing 5.1 (2007): 26-44.

OXMAN, Rivka. Informed tectonics in material-based design. Design Studies 33.5. 2012a

OXMAN, Rivka. Novel Concepts in Digital Design. Technion - Israel Institute of Technology, Israel. 2012b.

OXMAN, Rivka; OXMAN Robert. Theories of the Digital in Architecture. Routledge, 2014.

Oxman, Rivka. Theory and design in the first digital age. Design Studies 27.3. 2006

PAPERT, Seymour. Teaching Children Thinkind. Presented at the meeting of IFIPSW World Congress on Computers Education computers and education. Amsterdam, The Netherlands. 1970.

PAPERT, Seymour. Some poetics and social criteria for education design. Presented at the meeting of the human resources research organization. Alexandria,, Virginia. 1975

PEDROSO, Márcia Nair Cerdote. A crise do modelo de produção taylorista/fordista ea emergência do toyotismo. 2004. Trabalho de Avaliação da Disciplina (Globalização e Política) – Especialização em Pensamento Político Brasileiro, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/sk/holgonsi/marcia.html>>. Acesso em: 7 set. 2017.

PÉREZ-GÓMEZ, Alberto. Built Upon Love: Architectural Longing after Ethics and Aesthetics, 2008, p 199 in Spiller, Neil. Digital Solipsism and the Paradox of the Great 'Forgetting'. Architectural Design 80.4. 2010: 130-134

PIRES, J. F.; NUNES, C. S.; VASCONCELOS, T. B.; SILVA, A. B. A.. 2011. Trajetórias de Geometria na Arquitetura. In: GRAFICA RIO 2011, Anais XX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico e IX International Conference on Graphics Engineering for Arts.

PONGRATZ, Christian e PERBELLINI, Maria Rita. *Natural born CAADesigners: young American architects*. Springer, 2000

PUPO, Regiane Trevisan. A inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino da arquitetura. Campinas, SP: [s.n.], 2009.

ROCHA, L.M. Von Neumann and Natural Selection. Lecture Notes of I-585-Biologically Inspired Computing Course, Indiana University. Disponível em pdf em [http://www.informatics.indiana.edu/rocha/ibic/pdfs/ibic\\_lecnotes\\_c6.pdf](http://www.informatics.indiana.edu/rocha/ibic/pdfs/ibic_lecnotes_c6.pdf)

Saalman, Howard. Filippo Brunelleschi: The Buildings. Pennsylvania State University Press, 1993

SAFIRE, William, ON LANGUAGE; Defenestration. NY Times. Dezembro 1, 2002. Disponível em <http://www.nytimes.com/2002/12/01/magazine/the-way-we-live-now-12-01-02-on-language-defenestration.html>. Acesso em 16/9/2017.

SANTAELLA, Lúcia. Cultura das Mídias. São Paulo: Experimento,1996.2ª edição

SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia. Tese - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação. Belo Horizonte, 2008. 327f.: il.

SCHWARZ, Roberto. Fim de século. Folha de São Paulo, n. 4.94, p. 6-9, 1999. Disponível em <http://afoiceemartelo.com.br/posfsa/Autores/Schwarz,%20Roberto/Roberto>

%20Schwarz%20-%20Fim%20De%20S%C3%A9culo.pdf. Acesso em 22/set/2017.

SCHWARZ, Roberto: Um crítico na periferia do capitalismo. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2004/04/012-019-entrevista.pdf?12c21f>>. op cit. Arantes, 2010. Acesso em 7 set. 2017

SENNETT, Richard. O artífice. Tradução Clóvis Marques. Rio de Janeiro: Record, 2009.

SENNETT, Richard. Juntos: os rituais, os prazeres e a política da cooperação. Rio de Janeiro: Record, 2012.

SILVA, Carlos. A Questão da Técnica. Um Contributo em Torno da sua Crítica Social e da Clarificação da sua Natureza. (2012). Disponível em <<http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/73417>>.

SILVA, Rafael. O trabalhador do futuro ou o futuro do humano Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000932212>>.

SILVA, Francisco Duarte Magalhães O CAD Aplicado ao Projeto do Produto: o ponto de vista dos designers industriais. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

SILVEIRA, Adriana de Oliveira; COUTINHO, Heloisa Helena . Trabalho Padronizado: a busca por eliminação de desperdícios, Revista Inicia, Santa Rita do Sapucaí, n. 8, p. 8-16, 2008. Disponível em: <[http://www.fai-mg.br/portal/download/revista\\_inicia\\_2008/pub\\_dw\\_artigo\\_desperdicios.pdf](http://www.fai-mg.br/portal/download/revista_inicia_2008/pub_dw_artigo_desperdicios.pdf)>. Acesso em: 7 set. 2017.

SIMONDON, Gilbert. *El modo de existencia de los objetos técnicos*. Prometeo Libros Editorial, 2008.

SOUZA, Jessé. *Ralé brasileira : quem é e como vive*; colaboradores André Grillo ... [et al.] — Belo Horizonte : Editora UFMG, 2009.

SOUZA, Angela Maria Gordilho. *RESIDÊNCIA EM ARQUITETURA, URBANISMO E ENGENHARIA: IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA EM ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO NA UFBA*. XVII ENANPUR - São Paulo, 2017

SPILLER, Neil. *Digital Solipsism and the Paradox of the Great 'Forgetting'*. Architectural Design 80.4. 2010.

STARK, John. *Handbook of manufacturing automation and integration*. Auerbach Pub, 1989.

STEENSON, Molly Wright. Nicholas Negroponte, Leon Groisser, Jerome Wiesner: *the Architecture Machine Group and The Media Lab at Massachusetts Institute of Technology*. Radical Pedagogies, Case Study A13, 2016. Disponível em <<http://radical-pedagogies.com/search-cases/a13->

architecture-machine-group-media-lab-massachusetts-institute-technology-mit/>. Acesso em: 7 set. 2017.

STEVENS, Garry. *O Círculo Privilegiado: Fundamentos sociais da distinção arquitetônica*. Brasília: UNB, 2003

SUTHERLAND, Ivan E. *Sketchpad a man-machine graphical communication system*. Proceedings of the SHARE design automation workshop, 1964.

TAFURI, Manfredo. *Teoria e História da Architectura*. Lisboa: Presença, 1979.

TAKAGAKI, Luiz Koiti. *Tecnologia de Impressão 3D*. RIT-REVISTA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA 2.2 (2013).

TURNER, J. Scott. *Signs of design*. *The Christian Century*, June 12, 2007. Vol 124 No 12. pp 18-22 Signs of design distribution <<http://www.esf.edu/EFB/turner/publication%20pdfs/Signs%20of%20design%20distribution.pdf>>

VOLPATO, Nery (Org). *Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

WILSON, Frank W. *Numerical control in manufacturing*. Frank W Wilson. McGraw-Hill, 1963.